

# Projekt konstrukcije dilatacije "C-D" sportskog centra Dugopolje

---

Mrkonjić, Ana

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:869867>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Ana Mrkonjić**

**Split, 2015.**

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

**Ana Mrkonjić**

**Projekt konstrukcije dilatacije C-D sportskog centra  
Dugopolje**

**Diplomski rad**

**Split, 2015.**

## **Projekt konstrukcije dilatacije “C-D“ sportskog centra Dugopolje**

### ***Sažetak:***

U radu je prikazan projekt krovne čelične konstrukcije dilatacije “C-D“ sportskog centra Dugopolje. Objekt se nalazi na lokaciji Podi Dugopolje. Konstrukcija se sastoji od prostorne krovne čelične rešetke koja je jednim dijelom oslonjena na armirano-betonsku konstrukciju te na čelične stupove. Projekt sadrži tehnički opis konstrukcije, opće i posebne tehničke uvjete, plan kontrole i osiguranja kvalitete, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata i priključaka, te građevinske nacрте.

### ***Ključne riječi:***

Prostorna čelična rešetka, čelik, projektiranje

## **Structural design of the dilatation “C-D“ of sports center Dugopolje**

### ***Abstract:***

Thesis presents the design of the roof steel structure dilatation “C-D“ of sports center Dugopolje. The building is positioned in Podi Dugopolje. Roof structure of the building is composed of a spacious steel truss that is partly supported on reinforced concrete construction and steel columns.

The thesis includes technical description of the structure, general and particular conditions of civil engineering works, control plan and quality assurance plan, calculation of main structural members including the characteristic structural plans.

### ***Keywords:***

Spacious steel truss, steel, design

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

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT: ANA MRKONJIĆ  
BROJ INDEKSA: 450  
KATEDRA: **Katedra za metalne i drvene konstrukcije**  
PREDMET: Metalne konstrukcije II

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Projekt konstrukcije dilatacije C-D sportskog centra Dugopolje

Opis zadatka: Na temelju projektnog zadatka i zadanih arhitektonskih podloga potrebno je izraditi projekt konstrukcije dilatacije C-D sportskog centra u Dugopolju.

Projekt konstrukcije treba sadržavati:

- tehnički opis,
- proračune nosivih elemenata i priključaka,
- građevinske nacрте.

U Splitu, 13.03.2015.

Voditelj Diplomskog rada:

Doc.dr.sc. Neno Torić

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

## SADRŽAJ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. TEHNIČKI OPIS</b> .....  | <b>3</b>  |
| 1.1. OPĆENITO O PROJEKTNOM ZADATKU .....                                   | 3         |
| 1.2. OPIS KONSTRUKCIJE .....   | 3         |
| 1.3. O PRORAČUNU KONSTRUKCIJE.....   | 4         |
| 1.3.1. <i>Primjenjeni propisi</i> .....                                    | 5         |
| 1.4. MATERIJAL ZA IZRADU KONSTRUKCIJE .....                                | 5         |
| 1.5. KONSTRUKCIJA .....  | 5         |
| 1.6. ZAŠTITA OD KOROZIJE .....   | 6         |
| 1.7. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA.....   | 6         |
| 1.8. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....                         | 6         |
| 1.8.1. <i>Čelik</i> .....  | 6         |
| 1.8.2. <i>Izvođenje čelične konstrukcije</i> .....                         | 6         |
| 1.8.3. <i>Kontrolni postupci pri izvođenju čeličnih konstrukcija</i> ..... | 7         |
| 1.8.4. <i>Kontrola materijala</i> .....                                    | 7         |
| 1.8.5. <i>Kontrola izrade</i> .....  | 7         |
| 1.8.6. <i>Kontrola varova</i> .....  | 7         |
| 1.8.7. <i>Kontrola vijčanih spojeva</i> .....                              | 8         |
| 1.8.8. <i>Montaža čelične konstrukcije</i> .....                           | 8         |
| <b>2. ANALIZA OPTEREĆENJA</b> .....  | <b>10</b> |
| 2.1. STALNO OPTEREĆENJE.....   | 10        |
| 2.2. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE.....  | 10        |
| 2.2.1. <i>Snijeg</i> .....   | 10        |
| 2.2.2. <i>Vjetar</i> .....   | 11        |
| 2.2.3. <i>Temperaturno djelovanje</i> .....                                | 19        |
| <b>3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE</b> .....                                      | <b>20</b> |
| 3.1. PRIKAZ PRORAČUNSKOG MODELA .....                                      | 20        |
| 3.2. PRIKAZ POJEDINOG OPTEREĆENJA NA KONSTRUKCIJU .....                    | 22        |
| 3.2.1. <i>Vlastita težina</i> .....  | 22        |
| 3.2.2. <i>Dodatno stalno opterećenje</i> .....                             | 22        |
| 3.2.3. <i>Opterećenje snijegom</i> .....                                   | 23        |
| 3.2.4. <i>Opterećenje vjetrom-tlačno djelovanje</i> .....                  | 24        |
| 3.2.5. <i>Opterećenje vjetrom-podtlačno djelovanje</i> .....               | 24        |
| 3.2.6. <i>Opterećenje vjetrom-trenje po krovnoj plohi</i> .....            | 25        |
| 3.2.7. <i>Opterećenje vjetrom-djelovanje vjetra na stupove</i> .....       | 25        |
| 3.2.8. <i>Temperaturno djelovanje-pozitivna temperatura</i> .....          | 26        |
| 3.2.9. <i>Temperaturno djelovanje-negativna temperatura</i> .....          | 26        |
| 3.3. KOMBINACIJE DJELOVANJA .....  | 27        |
| 3.3.1. <i>Kombinacije za KGS</i> .....                                     | 27        |
| 3.3.2. <i>Kombinacije za GSU</i> .....                                     | 28        |
| <b>4. REZULTATI PRORAČUNA</b> .....  | <b>30</b> |
| 4.1. POMACI KONSTRUKCIJE .....   | 30        |
| 4.1.1. <i>Vertikalni pomak</i> .....                                       | 30        |
| 4.1.2. <i>Horizontalni pomak vrha stupa</i> .....                          | 30        |
| 4.2. REZNE SILE .....  | 31        |
| 4.2.1. <i>Rezne sile u stupovima</i> .....                                 | 31        |
| 4.2.2. <i>Rezne sile u gredi</i> .....                                     | 31        |
| 4.2.3. <i>Rezne sile u pojasu velike rešetke</i> .....                     | 32        |
| 4.2.4. <i>Rezne sile ispune velike rešetke</i> .....                       | 32        |
| 4.2.5. <i>Rezne sile u pojasu male rešetke</i> .....                       | 33        |
| 4.2.6. <i>Rezne sile ispune male rešetke</i> .....                         | 33        |
| 4.2.7. <i>Rezne sile u gornjoj podroznici smjer y</i> .....                | 34        |
| 4.2.8. <i>Rezne sile u gornjoj podroznici smjer x</i> .....                | 34        |
| 4.2.9. <i>Rezne sile u donjoj podroznici</i> .....                         | 35        |
| 4.2.10. <i>Rezne sile u spregovima</i> .....                               | 35        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>5.</b>  | <b>DIMENZIONIRANJE KONSTRUKCIJSKIH ELEMENATA .....</b>                         | <b>36</b>  |
| 5.1.       | STUP .....   | 36         |
| 5.2.       | GREDA .....  | 40         |
| 5.3.       | GLAVNI NOSAČ-VELIKA REŠETKA .....  | 44         |
| 5.4.       | ISPUNA GLAVNOG NOSAČA VELIKE REŠETKE .....                                     | 47         |
| 5.5.       | GLAVNI NOSAČ-MALA REŠETKA .....  | 51         |
| 5.6.       | ISPUNA GLAVNOG NOSAČA-MALE REŠETKE .....                                       | 53         |
| 5.7.       | GORNJA PODROZNICA U SMJERU Y .....   | 56         |
| 5.8.       | GORNJA PODROZNICA U SMJERU X .....   | 59         |
| 5.9.       | DONJE PODROZNICE U SMJERU X I Y .....  | 62         |
| 5.10.      | SPREGOVI .....   | 65         |
| <b>6.</b>  | <b>PRORAČUN SPOJEVA .....</b>  | <b>67</b>  |
| 6.1.       | SPOJ STUP TEMELJ .....   | 67         |
| 6.2.       | SPOJ REŠETKE S BETONSKIM STUPOM .....  | 70         |
| 6.3.       | KT SPOJ NOSAČA I ISPUNE VELIKE REŠETKE .....                                   | 75         |
| 6.4.       | KT SPOJ NOSAČA I ISPUNE MALE REŠETKE .....                                     | 80         |
| 6.5.       | MONTAŽNI NASTAVAK NOSAČA VELIKE REŠETKE .....                                  | 86         |
| 6.6.       | MONTAŽNI NASTAVAK ISPUNE REŠETKE .....   | 88         |
| 6.7.       | MONTAŽNI NASTAVAK NOSAČA MALE REŠETKE .....                                    | 90         |
| <b>7.</b>  | <b>PRORAČUN TEMELJA .....</b>  | <b>92</b>  |
| <b>8.</b>  | <b>PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI ČELIČNE KONSTRUKCIJE .....</b>                  | <b>93</b>  |
| 8.2.       | DONJI POJAS VELIKE REŠETKE .....   | 94         |
| 8.2.1.     | <i>Proračun nosivosti za ne zaštićeni element donjeg pojasa rešetke</i> .....  | 94         |
| 8.2.2.     | <i>Proračun nosivosti za zaštićeni element donjeg pojasa rešetke</i> .....     | 99         |
| 8.3.       | GORNJI POJAS VELIKE REŠETKE .....  | 103        |
| 8.3.1.     | <i>Proračun nosivosti za ne zaštićeni element gornjeg pojasa rešetke</i> ..... | 103        |
| 8.3.2.     | <i>Proračun nosivosti za zaštićeni element gornjeg pojasa rešetke</i> .....    | 108        |
| 8.4.       | ISPUNA VELIKE REŠETKE .....  | 112        |
| 8.4.1.     | <i>Proračun nosivosti za ne zaštićeni element ispune rešetke</i> .....         | 112        |
| 8.4.2.     | <i>Proračun nosivosti za zaštićeni element ispune rešetke</i> .....            | 117        |
| 8.5.       | PODROŽNICA .....   | 121        |
| 8.5.1.     | <i>Proračun nosivosti za ne zaštićenu podrožnicu</i> .....                     | 121        |
| 8.5.2.     | <i>Proračun nosivosti za zaštićenu podrožnicu</i> .....                        | 126        |
| 8.6.       | SPREG .....  | 130        |
| 8.6.1.     | <i>Proračun nosivosti za ne zaštićeni spreg</i> .....                          | 130        |
| 8.6.2.     | <i>Proračun nosivosti za zaštićeni spreg</i> .....                             | 134        |
| <b>9.</b>  | <b>ISKAZ MATERIJALA .....</b>  | <b>138</b> |
| <b>10.</b> | <b>GRAFIČKI PRILOZI .....</b>  | <b>139</b> |
| <b>11.</b> | <b>PRILOZI .....</b>   | <b>140</b> |
| 11.1.      | POPIS TABLICA .....  | 140        |
| 11.2.      | POPIS SLIKA .....  | 140        |
| 11.3.      | LITERATURA .....   | 142        |

## 1. TEHNIČKI OPIS

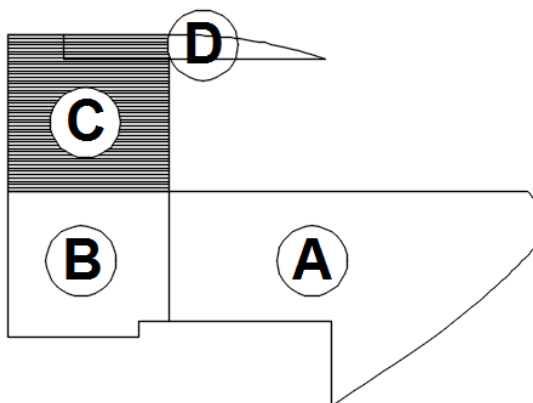
### 1.1. Općenito o projektnom zadatku

Predmet ovog diplomskog rada je izrada projekta konstrukcije dilatacije "C" i dijela dilatacije "D" koja se spaja na dilataciju "C" sportskog centra "Dugopolje". Sportski centar se sastoji od objekta bazena, otvorenih i zatvorenih teniskih terena i teniskog kluba.

Lokacija sportskog centra je u poslovnoj zoni Podi Dugopolje. Dio koji će biti obuhvaćen ovim projektom je prostorna krovna čelična konstrukcija koja je dijelom oslonjena na armirano-betonsku konstrukciju te na čelične stupove.

### 1.2. Opis konstrukcije

Objekt C-D je pravilnog tlocrtnog oblika.



*Crtež 1.1. Prikaz dilatacija objekta*

Ukupna širina objekta je 41.87 metara, dok duljina iznosi 43.02 m. Ukupna površina krovne plohe je cca 1801 m<sup>2</sup>. Krov je jednostrešan pod nagibom od 5.10 %, obložen čeličnim trapeznim limom debljine 1.25 mm. Limovi su vezani za gornje podrožnice vijcima.

Ukupna visina objekta je 10.40 m, a visina samih stupova je 2 x 6.90 m, 7.40 m, 7.90 m i 7.30 m. Osim što se konstrukcija na jugu oslanja na proračunate čelične stupove profila HEB 200, na sjevernoj i zapadnoj strani se oslanja na armirano betonske stupove dimenzija 60x60 cm, te na već postojeće čelične stupove na koje se oslanja krovna rešetka tribina stadiona Dugopolje na zapadnoj strani.

Natkrivanje teniskih terena je predviđeno čeličnom rešetkom u nagibu 5.10 %, visine 2.50 m raspona  $L_0 = 36.00$  m, te čeličnom rešetkom u nagibu 5.10 %, visine 1.30 m raspona  $L_0 = 5.87$  m koja se spaja na spomenutu rešetku od 2.50 m visine raspona  $L_0 = 36.00$  m.



Prolaz između teniskih terena i stadiona je natkriven čeličnom rešetkom u ravnini, visine 1.30 m raspona  $L_0 = 41.87$  m. Krovna konstrukcija se sastoji od 5 glavnih nosača različitih visina od 1.30 - 2.50 m. Ispuna nosača je Warrenova ispuna. Veza stupa i nosača ostvariti će se preko grede HEA 320 na koju je nosač vezan vijcima. Stupovi su upeto vezani za temelje, preko kojih predaju opterećenje na temeljno tlo. Stupovi su profila HEB 200. Temelji su armirano betonski, izvedeni kao temelji samci, kvadratnog tlocrtnog oblika, dimenzija stranice 1,6 m. Visina temelja je 0,8 m. Beton je kvalitete C25/30. Nosivost tla je 0,50 Mpa. Opterećenje koje djeluje na krov prenosi se preko krovne rešetke na stupove konstrukcije.

Krovne rešetke su ravninski nosači koji će se prilikom montaže međusobno vezivati dodatnim montažnim elementima i kao takvi će tvoriti jednu cijelinu. Svi spojevi u objektu su projektirani kao montažni spojevi uz pomoć vijaka i podložnih pločica. Korišteni vijci su M16, M18, M20, M22 kvaliteta 5.6., 8.8. i 10.9. Čelik upotrebljavan za ukrute i podložne pločice je S275. Podložne pločice se vare na čelične elemente.

### **1.3. O proračunu konstrukcije**

Proračun konstrukcije izveden je uz korištenje programskog paketa Scia Engineer 2015. Dimenzioniranje konstruktivnih elemenata izvršeno je korištenjem programa Asphaltos Calculator, dok je za grafički dio projekta korišten program AutoCAD 2016. Proračun reznih sila izvršen je po linearnoj teoriji elastičnosti prvog reda. Proračunom su obuhvaćena sva djelovanja na konstrukciju, a to su vlastita težina, dodatno stalno opterećenje, opterećenje vjetrom, opterećenje snijegom kao i temperaturna djelovanja.

Objekt se nalazi na području Dugopolja, što spada u IV. zonu opterećenja snijegom, što daje karakterističnu vrijednost opterećenja snijegom na tlu. U obzir je uzeta i nadmorska visina na kojoj se nalazi objekt. Za opterećenje vjetrom objekt se nalazi na području II., dok je kategorija zemljišta III, te je u obzir uzeta visina objekta.

Pošto je vjetar dominantno opterećenje za ovakav tip objekta, posvećena mu je velika pažnja te je promatrano posebno tlačno i podtlačno djelovanje vjetra, kao i trenje u krovnoj plohi. Za stupove je također izvršena analiza opterećenja vjetrom, a opterećenje je zadano kao jednoliko kontinuirano djelovanje.

U proračunu su uzete u obzir kombinacije djelovanja i to za krajnje granično stanje i granično stanje uporabljivosti. Kao mjerodavno se pokazalo krajnje granično stanje, dok su pomaci kontrolirani prema graničnom stanju uporabljivosti.

Dimenzioniranje spojeva djelomično je izvršeno korištenjem programa Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015.

### 1.3.1. Primjenjeni propisi

Proračun i dimenzioniranje svih elemenata čelične konstrukcije provedeni su u skladu sa EUROCODE 3, a analiza djelovanja na konstrukciju napravljena je u skladu sa EUROCODE 1. Posebno je proveden proračun zavarenih spojeva prema EN 1993, dio 1-8. Proračun požarne otpornosti proveden je prema EN 1993, dio 1-2.

## 1.4. Materijal za izradu konstrukcije

Konstruktivski čelik

Osnovni materijal:

Nominalna kvaliteta EN 1993-1-1: S235

Mehaničke karakteristike:

Minimalna granica razvlačenja:  $f_y = 2,35$  [kN/cm<sup>2</sup>]

Minimalna vlačna čvrstoća:  $f_u = 36$  [kN/cm<sup>2</sup>]

Vijci

Vijčane spojeve uskladiti u skladu s propisima. U projektu se primjenjuju vijci dimenzija i oznake prema proračunu ovog projekta.

Oznake: M16, M18, M20, M22 kvaliteta 5.6., 8.8. i 10.9.

Zavareni spojevi na konstrukciji izvode se kutnim varovima ili suočenim varovima normalne (II) kvalitete. Postupak izrade, oblik i kvaliteta varova mora odgovarati zahtjevima "Tehničkih propisa o kvaliteti zavarenih spojeva za nosive čelične konstrukcije" (HRN br. 41/64) i HRN U.E7.150/1987. za zavarene nosive čelične konstrukcije. Sve varove treba izvesti prema propisanoj Tehnologiji zavarivanja (izvođač radova) uz primjenu odgovarajućeg dodatnog materijala – elektroda. Spojevi i nastavci elemenata konstrukcije uključuju dodatne ploče i ukrute, kvalitete čelika S275. Temelji su armirano betonski, klasa betona C 25/30, armatura je B 500 B.

## 1.5. Konstrukcija

Glavna nosiva konstrukcija se sastoji od više glavnih nosača različitih visina od 1.30 - 2.50 m. Ispuna nosača je Warrenova ispuna. Korišteni profili za donji i gornji pojas rešetke su kvadratni profili 250x250x10, te 200x200x8.8, a kao ispuna nosača su korišteni profili 180x120x6, te 120x120x5. Stupovi su čelični, profila HEB 200. Veza stupa i nosača ostvariti će se preko grede HEA 320 na koju je nosač vezan vijcima. Spregovi su čelične sajle promjera 32 mm.

## 1.6. Zaštita od korozije

Svi dijelovi čelične konstrukcije moraju biti zaštićeni od korozije prema odredbama "Pravilnika o tehničkim mjerama i uvjetima za zaštitu čeličnih konstrukcija od korozije". Za zaštitu ove čelične konstrukcije odabran je slijedeći antikorozivni sustav: Vruće pocinčavanje čelične konstrukcije i zaštitnim premazom ukupne debljine min. 200  $\mu\text{m}$ .

## 1.7. Protupožarna zaštita

Pri izvedbi osigurat će se provedba svih propisa o zaštiti od požara. Pristup i intervencija vatrogasnog vozila omogućit će se sa istočne strane parcele. Zahtijevana vatrootpornost elemenata čelične konstrukcije je R20. Otpornost čelične konstrukcije na djelovanje realnog požara treba biti u skladu s Tehničkim propisima za čelične konstrukcije (N.N. 112/08).

Konstrukcija je zaštićena protupožarnim premazom na bazi umjetne smole, koja kad se zagrije na temperaturu ekspaniranja premaza  $T_{\text{exp}} = 300^{\circ}\text{C}$  prelazi u pjenu i naglo povećava svoj obujam. Povećanje obujma dovodi do smanjenja gustoće rezultirajuće pjene. Kao posljedica povećanja obujma pjene i smanjenja njene gustoće pojavljuje se promjenjiva debljina protupožarnog premaza (pjene) u ovisnosti o temperaturi. Ekspanirana debljina pjene je 4 cm, a parametri za boju se mogu preuzeti iz literature (6).

## 1.8. Program kontrole i osiguranja kvalitete

### 1.8.1. Čelik

Osnovni čelični materijal je S235. Klasa vijaka biti će definirana izvedbenim projektom čelične konstrukcije za svaki detalj zasebno. Svi ugrađeni elementi moraju imati potvrdu o suglasnosti. Potvrđivanje suglasnosti obuhvaća radnje ocjenjivanja suglasnosti građevinskih proizvoda te, ovisno o propisanom sustavu ocjenjivanja suglasnosti, izdavanje potvrde tvorničke kontrole proizvodnje odnosno izdavanje potvrde o suglasnosti građevinskih proizvoda.

### 1.8.2. Izvođenje čelične konstrukcije

Elementi čelične konstrukcije proizvest će se u radionici prema izvedbenim nacrtima iz izvedbenog projekta u cjelinama, kao predgotovljeni elementi, pod uvjetima kako to predviđa ovaj projekt. Na gradilištu se predviđa montaža predgotovljenih elemenata, prema detaljima iz izvedbenog projekta. Posebnu pažnju kod izrade čelične konstrukcije posvetiti zavarivanju osnovnih struktura, čišćenju podloge i antikorozivnoj zaštiti.

### **1.8.3. Kontrolni postupci pri izvođenju čeličnih konstrukcija**

Prilikom radova u radionici, tokom montaže i prije puštanja konstrukcije u upotrebu potrebno je vršiti stalne kontrole:

- Kontrole kvalitete materijala
- Kontrole izrade konstrukcije

Sva ispitivanja za dokazivane kvalitete materijala i izrade konstrukcija potrebno je povjeriti ovlaštenoj osobi za takva ispitivanja.

### **1.8.4. Kontrola materijala**

Materijal za čelične konstrukcije mora biti pažljivo pregledan i ispitan kod nabave i preuzimanja, po svim zahtjevima u pogledu čvrstoće, granice razvlačenja, kemijskog sastava, žilavosti, zavarljivosti, tolerancija mjera i dimenzija, strukture, a sve u skladu s normama. Vijci, podložne pločice, matice i tome slični materijali moraju u pogledu kvalitete i dimenzija biti u skladu sa specifikacijama iz ovog projekta i normama. Ovi materijali moraju biti ispitani i posjedovati valjanu ispravu sukladnosti, a ukoliko nisu, obaveza je nadzornog inženjera da ih ukloni i zamijeni odgovarajućim. Sve gore navedeno vrijedi za elektrode i žice za zavarivanje. Nadzorni inženjer mora imati uvid u svaku fazu izrade i montaže, kako na gradilištu tako i u radionici.

### **1.8.5. Kontrola izrade**

Kontrola izrade posebno će biti propisana izvedbenim projektom. Izvedba mora biti u skladu s normama koje se odnose na toleranciju mjera i oblika kod nosivih čeličnih konstrukcija.

### **1.8.6. Kontrola varova**

Kontrola kvalitete zavarenih spojeva mora pokriti sve faze izrade konstrukcije tj. preuzimanje materijala, kontrole i pripremu elektroda, izvođenje te pregled zavarenih spojeva nakon varenja i obrade. O kontroli u svim fazama treba voditi dnevnik zavarivanja. Kontrolu mora vršiti za to kvalificirana i ovlaštena osoba. Svi sučeoni varovi ispituju se pomoću metode ultrazvuk, a moraju se kontrolirati 100%. Nepravilni varovi ne smiju se dodatno navarivati već ih je potrebno ukloniti i ponovno izvesti. Odabiru se elektrode koje po kemijskim svojstvima odgovaraju osnovnom materijalu, dok po mehaničkim svojstvima moraju biti nešto bolji od osnovnog materijala.

### 1.8.7. Kontrola vijčanih spojeva

Kontrola vijčanih spojeva podrazumijeva kontrolu osnovnog materijala i dimenzija vijka koji se ugrađuju. Glave vijaka i matice moraju uredno nalijegati cijelom svojom površinom. Ovim projektom određena je vrsta i kvaliteta materijala za izradu konstrukcije.

Izvođač radova dužan je, prije izvođenja, predložiti nadzornom inženjeru:

- Plan zavarivanja sa rasporedom i redosljedom zavarivanja
- Plan montaže sa načinom i redosljedom montaže
- Isprave o sukladnosti materijala za izradu konstrukcije
- Isprave o sukladnosti spojnih sredstava (vijaka, elektroda i dr.)
- Ateste variora koji će raditi na izradi konstrukcije

Za vrijeme izrade konstrukcije izvođač je dužan voditi:

- Radionički dnevnik (proizvodnja nosača, izvedba antikorozivne zaštite)
- Dnevnik zavarivanja
- Dnevnik montaže

Svi sastavni dijelovi konstrukcije moraju biti izrađeni prema radioničkim nacrtima. Sve izmjene i dopune moraju se evidentirati, a za njih je potrebno ishoditi suglasnost projektanta. Svi varovi i montažni spojevi moraju se očistiti i ispraviti nepravilno izvedeni dijelovi, te nakon pregleda izvoditi antikorozivnu zaštitu i bojanje.

### 1.8.8. Montaža čelične konstrukcije

Prilikom svih faza montaže potrebno je ostvariti stalnost oblika konstrukcije i njenih pojedinih dijelova, a geodetskim snimanjem realizirati projektiranu prostornu geometriju čelične konstrukcije. Deformirani ili oštećeni dijelovi ne smiju se ugraditi. Izvođač montažnih radova dužan je poduzeti sve mjere potrebne za zaštitu javnih uređaja, objekata u neposrednoj blizini a mora se ujedno pridržavati propisanih mjera za osiguranje ljudi, materijala i opreme, kao i mjera za zaštitu na radu, odnosno "Pravilnika o zaštiti na radu u građevinarstvu". Svi radovi na montaži regulirani su odredbama "Pravilnika o tehničkim mjerama i uvjetima za montažu čeličnih konstrukcija", kojih se svi sudionici moraju pridržavati. Montaža čelične konstrukcije se izvodi prema posebnoj tehničkoj dokumentaciji, tj. Elaboratu montaže, dok radovima na montaži može rukovoditi samo osoba sa odgovarajućom stručnom spremom.

Za vrijeme montaže mora se voditi dnevnik sa svim podacima o izvedenim radovima i uvjetima izvođenja. Pri montaži ne smije doći do oštećenja elemenata i koristiti samo ona sredstva koja su predviđena projektnom dokumentacijom. 1.10. Način održavanja i projektirani vijek uporabe građevine Izjavu o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine dužan je prirediti izvođač u skladu sa pozitivnom regulativom u RH, tehničkim propisima, normama na koje se oni pozivaju te glavnim i izvedbenim projektom. Redovite preglede u svrhu održavanja čelične konstrukcije iz ovog projekta potrebno je provoditi svako 5 godina.

Način obavljanja pregleda je sljedeći:

- Vizualni pregled konstrukcije, u koji je uključeno utvrđivanje položaja i veličine progiba, pukotina, relativnih pomaka pojedinih elemenata konstrukcije, te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine
- Utvrđivanje stanja spojeva (spojnih sredstava), posebno montažnih nastavaka
- Utvrđivanje stanja antikorozivne zaštite i eventualne protupožarne zaštite
- AKZ zaštitu je potrebno obnavljati najmanje svako 15 godina

Uporabni vijek ove konstrukcije je 50 godina.

## 2. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1. Stalno opterećenje

- vlastita težina – biti će dodana u sklopu računalnog programa
- pokrov (trimo sendvič)  $0,15 \left[ \text{kN} / \text{m}^2 \right]$
- rasvjeta i ozvučenje  $0,20 \left[ \text{kN} / \text{m}^2 \right]$

$$\sum g = 0,35 \left[ \text{kN} / \text{m}^2 \right]$$

### 2.2. Promjenjivo opterećenje

#### 2.2.1. Snijeg

Opterećenje snijegom na krovu

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

- $\mu_1$  - koef. oblika za opterećenje snijegom

za krov nagiba  $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \Rightarrow \mu_1 = 0,8$

- $s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u  $\left[ \text{kN} / \text{m}^2 \right]$

zona IV., područje Dugopolje, nadmorska visina do 300 m  $\Rightarrow s_k = 0,70 \left[ \text{kN} / \text{m}^2 \right]$



Crtež 2.1. Karta područja za opterećenja snijegom

-  $C_e$  - koef. izloženosti  $\Rightarrow C_e = 1,0$

-  $C_t$  - toplinski koef.  $\Rightarrow C_t = 1,0$

$$\Rightarrow s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,70 = 0,56 \left[ kN / m^2 \right]$$

Snijeg na konzolnim prijepustima krova

$$S_e = k \cdot \mu_i^2 \cdot S_k^2 / \gamma$$

-  $k$  - koef. Nepravilnog oblika snijega  $k = 0 - 2,5$

-  $s$  - najteži oblik opterećenja za odgovarajući oblik krova

-  $\gamma$  - gustoća snijega ( $3kN / m^3$ )

$$S_e = 1,25 \cdot 0,8^2 \cdot 0,7^2 / 3$$

$$S_e = 0,13 kN / m$$

### 2.2.2. Vjetar

Opterećenje vjetrom okomito na površinu

$$w_e = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_{p,net} - \left[ kN / m^2 \right] - \text{pritisak vjetra na vanjske površine}$$

$q_{ref}$  - poredbeni tlak pri srednjoj brzini vjetra

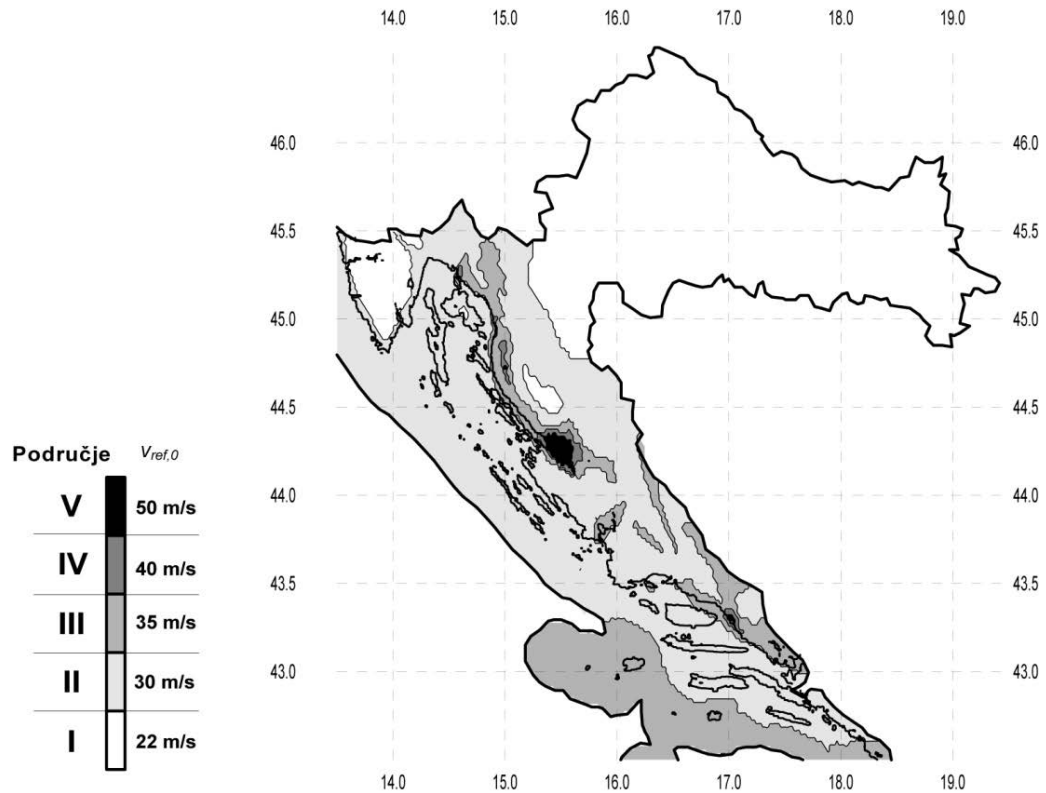
$c_e(z)$  - koef. izloženosti koji uzima u obzir neravnine terena, topografiju i visinu iznad tla

$z$  - poredbena visina za lokalni tlak

$c_{p,net}$  - koef. tlaka za resultantni tlak

$\varphi$  - stupanj zapriječenosti ispod nadstrešnica





Crtež 2.2. Karta područja opterećenja vjetrom

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

-  $\rho$  - gustoća zraka

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

$v_{ref,0} = 30 \text{ [m/s]}$  - osnovna poredbena brzina vjetra

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

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

$c_{ALT} = 1 + 0,001 \cdot a_s = 1 + 0,001 \cdot 295 = 1,30$  - koef. nadmorske visine,

$a_s$  - nadmorska visina mjesta [m]

$$\Rightarrow v_{ref} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,30 \cdot 30 = 39,0 \text{ [m/s]}$$

zona Dugopolje; II. Područje, III. kategorija zemljišta

visina objekta  $h = 10,40 \text{ [m]}$ ;  $v_{ref} = 39,0 \text{ [m/s]}$ ;  $\rho = 1,25 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

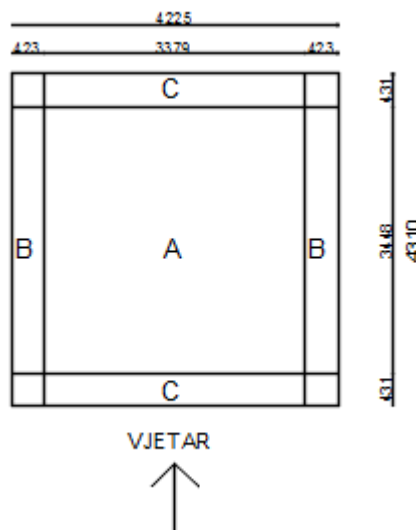
$$\Rightarrow q_{ref} = \frac{1,25}{2} \cdot 39,0^2 = 950,42 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,95 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\Rightarrow c_e(z) = 2,0$$

$$\Rightarrow \phi = 0,5 \text{ - za praznu slobodnostojeću nadstrešnicu}$$

(-) usmjeren prema gore

(+) usmjeren prema dolje

**Djelovanje tlaka po zonama***Crtež 2.3. Zone djelovanja tlaka*

| Kut nagiba krova   | Stupanj zapriječenosti | Zona A | Zona B | Zona C |
|--------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha=2.9^\circ$ | $\varphi=0,5$          | +0,80  | +2,10  | +1,30  |

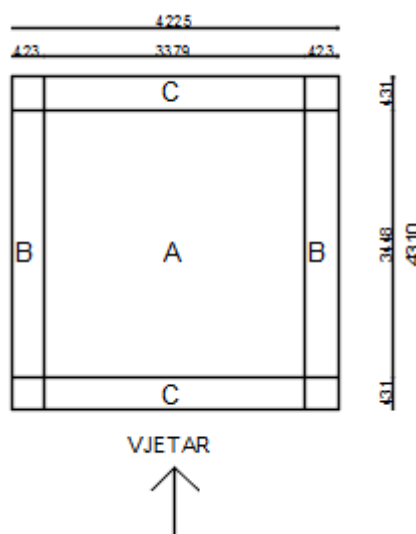
*Tablica 2.1. Koeficijenti djelovanja tlaka po zonama*

$$w_e = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_{p,net} - [kN/m^2]$$

| Zona | $q_{ref}(kN/m^2)$ | $c_e(z)$ | $c_{p,net}$ | $w_e(kN/m^2)$ |
|------|-------------------|----------|-------------|---------------|
| A    | 0,95              | 2,00     | +0,8        | 1,52          |
| B    | 0,95              | 2,00     | +2,1        | 3,99          |
| C    | 0,95              | 2,00     | +1,3        | 2,47          |

*Tablica 2.2. Rezultirajuće djelovanje tlaka po zonama*

## Djelovanje podtlaka po zonama



Crtež 2.4. . Zone djelovanja podtlaka

| Kut nagiba krova   | Stupanj zapriječenosti | Zona A | Zona B | Zona C |
|--------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha=2.9^\circ$ | $\varphi=0,5$          | -1,35  | -1,95  | -2,15  |

Tablica 2.3. Koeficijenti djelovanja podtlaka po zonama

$$w_e = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_{p,net} - [kN/m^2]$$

| Zona | $q_{ref}(kN/m^2)$ | $c_e(z)$ | $c_{p,net}$ | $w_e(kN/m^2)$ |
|------|-------------------|----------|-------------|---------------|
| A    | 0,95              | 2,00     | -1,35       | -2,565        |
| B    | 0,95              | 2,00     | -1,95       | -3,705        |
| C    | 0,95              | 2,00     | -2,15       | -4,085        |

Tablica 2.4. Rezultirajuće djelovanje podtlaka po zonama

### Opterećenje trenjem po krovu

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z) \cdot A_{fr} - \text{sila trenja}$$

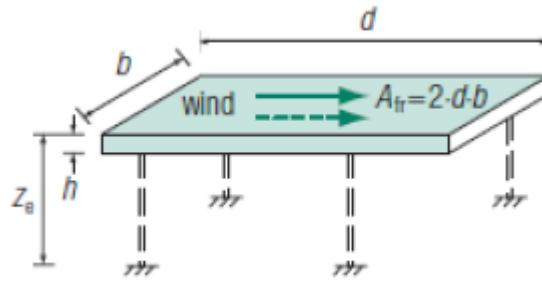
$$c_{fr} = 0,02 - \text{koef. trenja}$$

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_{ref} - \text{tlak "vršne" (referentne) brzine (PEAK VELOCITY PRESSURE)}$$

$$c_e(z) = 2,0 - \text{koef. izloženosti}$$

$q_{ref}$  - poredbeni tlak pri srednjoj brzini vjetra

$A_{fr}$  - površina usporedno sa smjerom vjetra



*Crtež 2.5. . Referentna površina za djelovanje trenja od vjetra*

$$\Rightarrow A_{fr} = 2 \cdot d \cdot b = 2 \cdot 41,80 \cdot 43,10 = 3603,20 \text{ [m}^2\text{]}$$

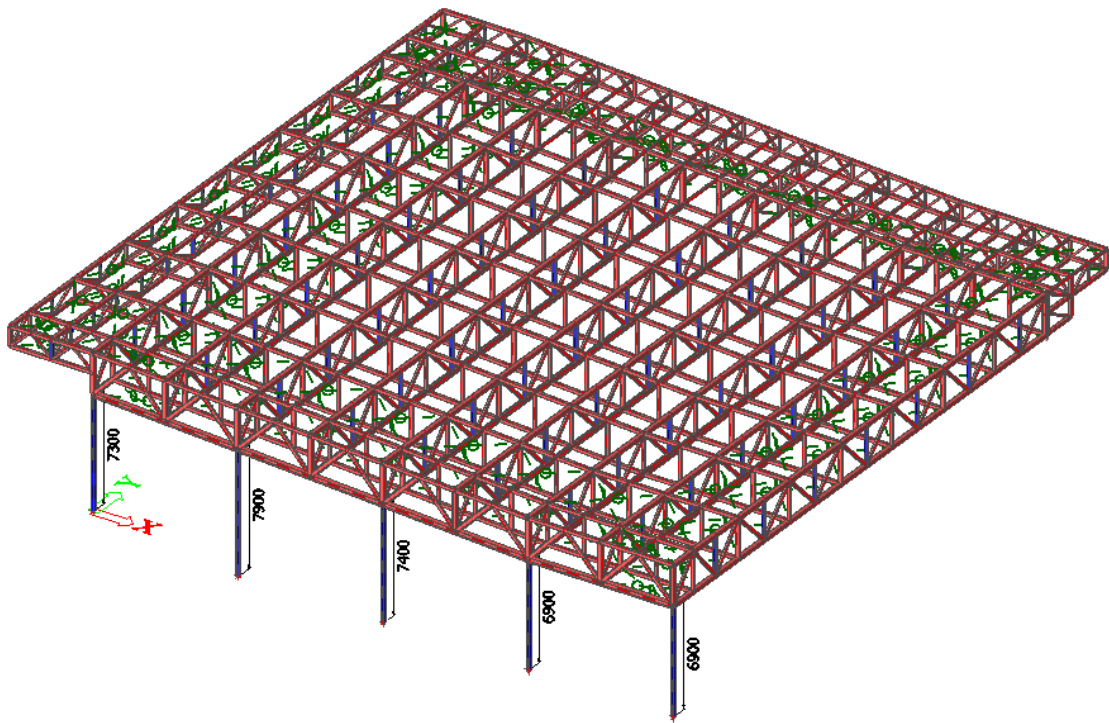
$$\Rightarrow F_{fr} = 0,02 \cdot 2,0 \cdot 0,95 \cdot 3603,20 = 136,92 \text{ [kN]}$$

$$f_{tr} = F_{tr} / A_{krova} = 136,92 / 1800 = 0,076 \text{ kN / m}^2$$

| Površina  | Koeficijent trenja $c_{fr}$ |
|---|-----------------------------|
| glatka (npr. čelik, glatki beton)               | 0,01                        |
| hrapava (npr. hrapavi beton, krovna ljepenka)   | 0,02                        |
| vrlo hrapava (npr. valovita, rebrasta, nabrana) | 0,04                        |

*Tablica 2.5. Koeficijenti trenja*

## Djelovanje vjetra na stupove



*Crtež 2.6. Pozicija stupova*

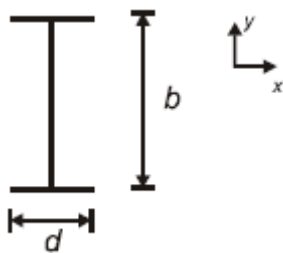
Koeficijent sile za konstrukcijske elemente s profilima ostrih rubova

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda$$

$c_{f,0}$  - koef. vanjskog tlaka elementa beskonačne vitkosti

$\psi_\lambda$  - koef. umanjenja s obzirom na vitkost

Referentne površine:



HEB 200

U smjeru x :  $A_{ref,x} = l \cdot b$

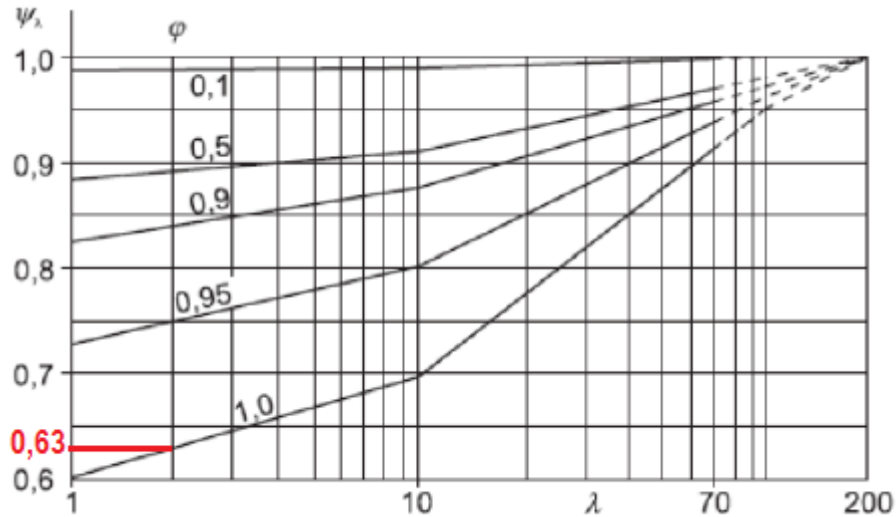
U smjeru y :  $A_{ref,y} = l \cdot d$

Proracunska vitkost  $\lambda$

Mjerodavna je manja vrijednost

Za  $l < 15m$   
 $\lambda = 2; l/b; \lambda = 70$  odabrano  $\lambda = 2$

$\phi = 1$  - koef. punoće



Crtež 2.7. koef. umanjenja vitkosti  $\psi_\lambda$  u ovisnosti o proračunskoj vitkosti  $\lambda$  i za različite stupnjeve punoće  $\phi$

$$\Rightarrow \psi = 0.63$$

$$\Rightarrow c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 2 \cdot 0.63 = 1.26$$

$$w'_e = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_f = 0.95 \cdot 2.0 \cdot 1.26 = 2.40 \text{ [kN / m}^2\text{]}$$

### STUP 1

$$l = 7,30m$$

$$A_{ref,x} = 7,30 \cdot 0,200 = 1,46$$

$$A_{ref,y} = 7,30 \cdot 0,200 = 1,46$$

$$F_{w,x} = w'_e \cdot A_{ref,x} = 2,40 \cdot 1,46 = 3,50 \text{ kN}$$

$$w_{1,x} = F_{w,x} / h_{st} = 3,50 / 7,30 = 0,48 \text{ kN / m}$$

$$F_{w,y} = w'_e \cdot A_{ref,y} = 2,40 \cdot 1,46 = 3,50 \text{ kN}$$

$$w_{1,y} = F_{w,y} / h_{st} = 3,50 / 7,30 = 0,48 \text{ kN / m}$$

### STUP 2

$$l = 7,90m$$

$$A_{ref,x} = 7,90 \cdot 0,200 = 1,58$$

$$A_{ref,y} = 7,90 \cdot 0,200 = 1,58$$

$$F_{w,x} = w'_e \cdot A_{ref,x} = 2,40 \cdot 1,58 = 3,80 \text{ kN}$$

$$w_{1,x} = F_{w,x} / h_{st} = 3,80 / 7,90 = 0,48 \text{ kN / m}$$

$$F_{w,y} = w'_e \cdot A_{ref,y} = 2,40 \cdot 1,58 = 9,80 \text{ kN}$$

$$w_{1,y} = F_{w,y} / h_{st} = 3,80 / 7,90 = 0,48 \text{ kN / m}$$

### STUP 3

$$l = 7,40 \text{ m}$$

$$A_{ref,x} = 7,40 \cdot 0,200 = 1,48$$

$$A_{ref,y} = 7,40 \cdot 0,200 = 1,48$$

$$F_{w,x} = w'_e \cdot A_{ref,x} = 2,40 \cdot 1,48 = 3,55 \text{ kN}$$

$$w_{1,x} = F_{w,x} / h_{st} = 3,55 / 7,40 = 0,48 \text{ kN / m}$$

$$F_{w,y} = w'_e \cdot A_{ref,y} = 2,40 \cdot 1,48 = 3,55 \text{ kN}$$

$$w_{1,y} = F_{w,y} / h_{st} = 3,55 / 7,40 = 0,48 \text{ kN / m}$$

### STUP 4,5

$$l = 6,90 \text{ m}$$

$$A_{ref,x} = 6,90 \cdot 0,200 = 1,38$$

$$A_{ref,y} = 6,90 \cdot 0,200 = 1,38$$

$$F_{w,x} = w'_e \cdot A_{ref,x} = 2,40 \cdot 1,38 = 3,31 \text{ kN}$$

$$w_{1,x} = F_{w,x} / h_{st} = 3,31 / 6,90 = 0,48 \text{ kN / m}$$

$$F_{w,y} = w'_e \cdot A_{ref,y} = 2,40 \cdot 1,38 = 3,31 \text{ kN}$$

$$w_{1,y} = F_{w,y} / h_{st} = 3,31 / 6,90 = 0,48 \text{ kN / m}$$

### 2.2.3. Temperaturno djelovanje

| Nadmorska visina do (m) | I. područje | II. područje | III. područje | IV. područje |
|-------------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|
| 100                     | 39          | 38           | 42            | 39           |
| 400                     | 36          | 36           | 39            | 39           |
| 800                     | 33          | 34           | 36            | 39           |
| 1200                    | 30          | 32           | 34            | --           |
| 1600                    | 28          | 30           | 31            | --           |

*Tablica 2.6. Najviše temperature zraka u hladu u ovisnosti o nadmorskoj visini*

Promatrani objekt nalazi se u III. Području, do 400 m nadmorske visine:

Najviša temperatura u hladu:  $T_{\max} = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$

| Nadmorska visina do (m) | I. područje | II. područje | III. područje | IV. područje | V. područje |
|-------------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| 100                     | -26         | -26          | -17           | -10          | -16         |
| 400                     | -23         | -26          | -19           | -13          | -18         |
| 800                     | -20         | -26          | -21           | -17          | -19         |
| 1200                    | -17         | -26          | -23           | -20          | -21         |
| 1600                    | ---         | -26          | -24           | -24          | -23         |
| >1600                   | ---         | -26          | ---           | -26          | -24         |

*Tablica 2.7. Najniže temperature zraka u hladu u ovisnosti o nadmorskoj visini*

Promatrani objekt nalazi se u V. Području, do 400 m nadmorske visine:

Najniža temperatura u hladu:  $T_{\min} = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Pretpostavlja se djelovanje jednolike temperature promjene u svim presjecima.

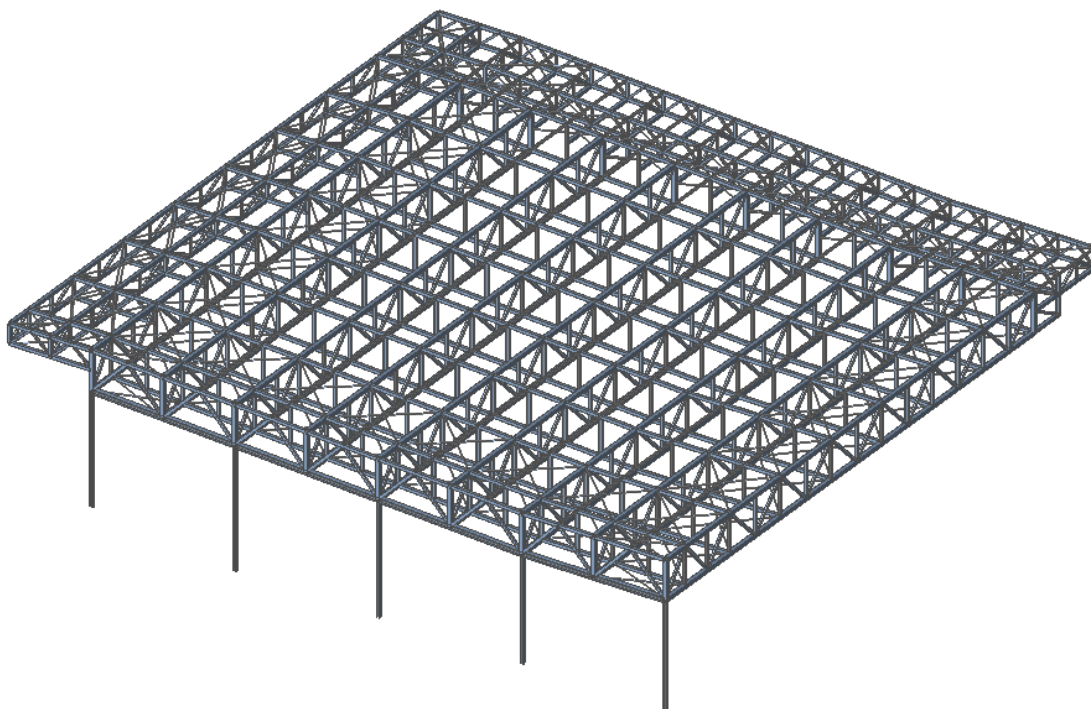
- Maksimalna pozitivna temperaturna promjena:  $T_{\max} = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Maksimalna negativna temperaturna promjena:  $T_{\min} = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$



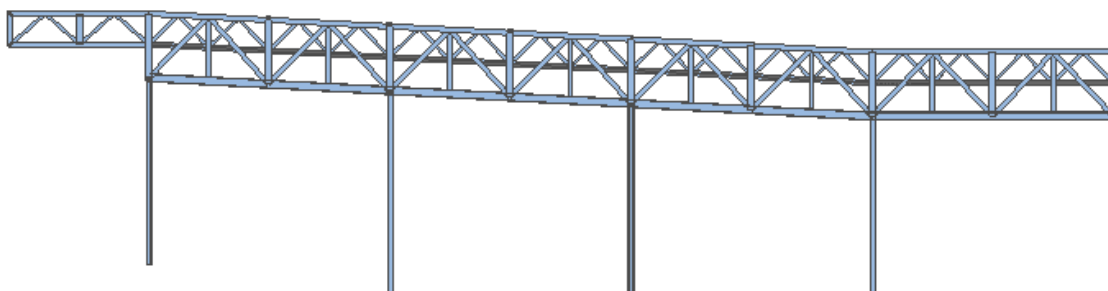
### 3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Proračun konstrukcije izvršen je u programskom paketu Scia Enginner 2015 sa prostornim modelom konstrukcije.

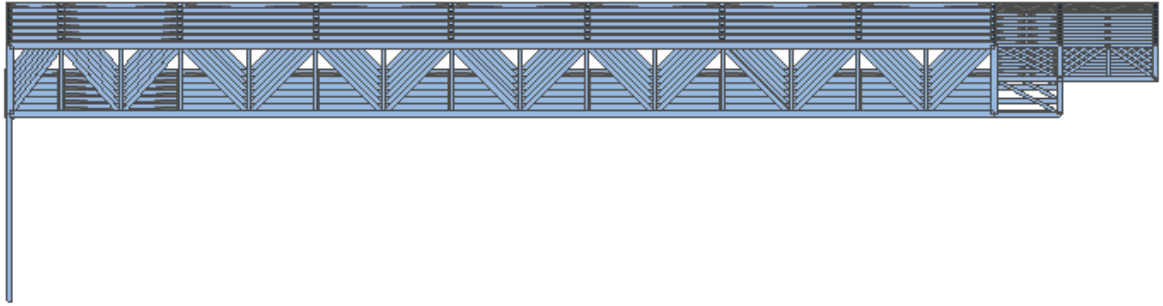
#### 3.1. Prikaz proračunskog modela



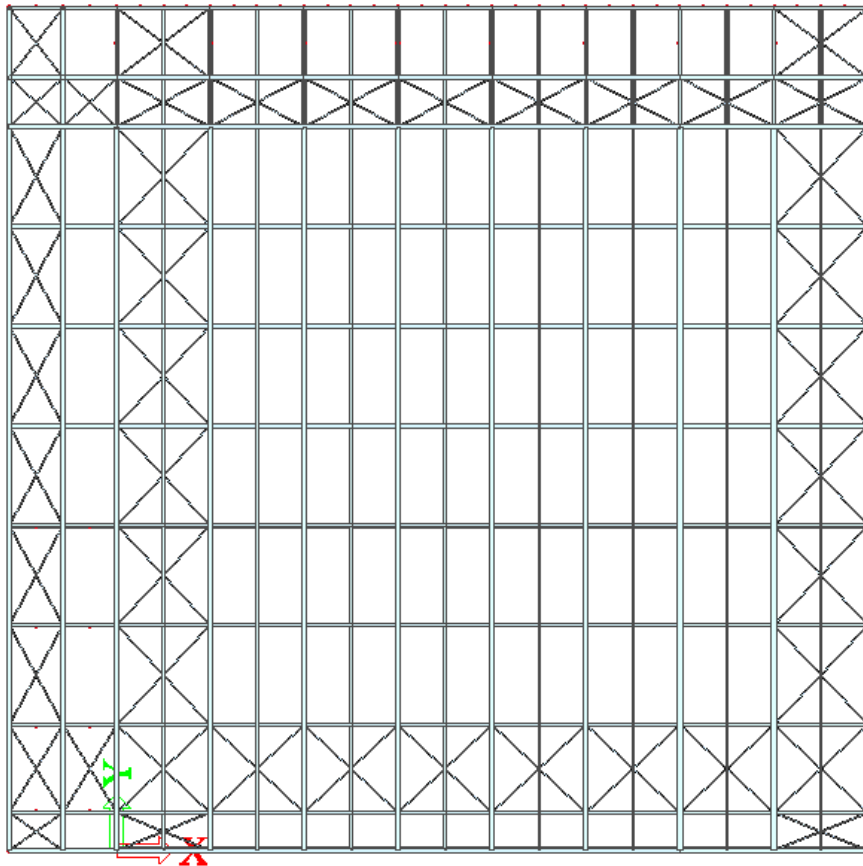
*Crtež 3.1. Izometrijski pogled na proračunski model*



*Crtež 3.2. Pogled na konstrukciju iz x smjera*



*Crtež 3.3. Pogled na konstrukciju iz y smjera*



*Crtež 3.4. Pogled na konstrukciju iz z smjera-odozgo*

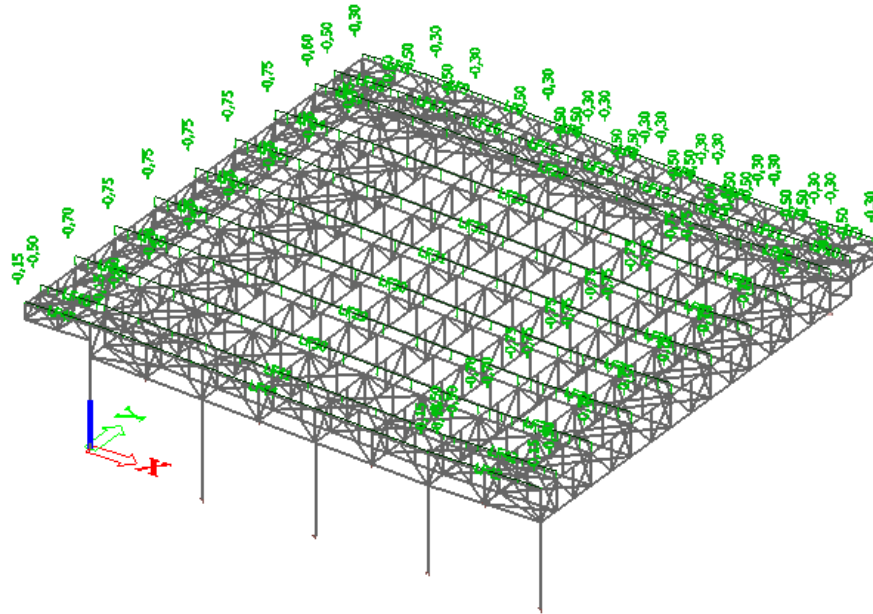
### 3.2. Prikaz pojedinog opterećenja na konstrukciju

Sva opterećenja su zadana na konstrukciju kao jednoliko kontinuirano opterećenje po krovnim podrožnicama.

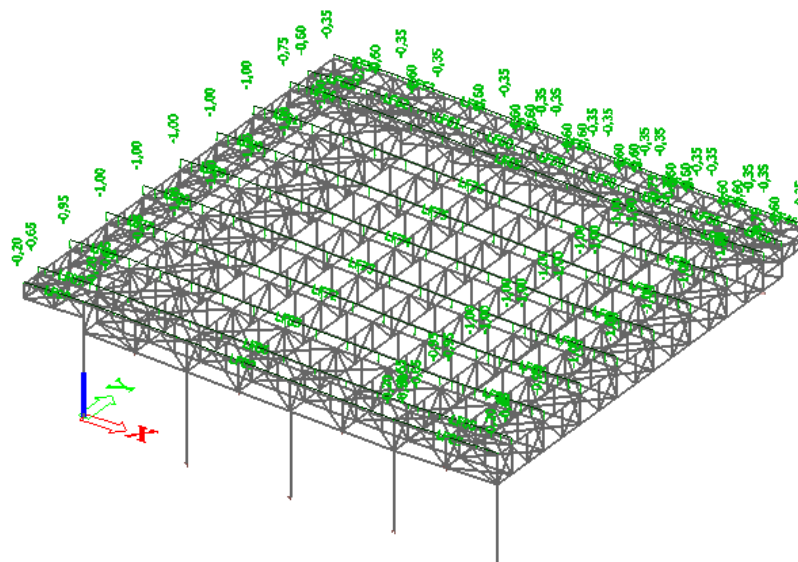
#### 3.2.1. Vlastita težina

Vlastita težina konstrukcije zadana je automatski u programu.

#### 3.2.2. Dodatno stalno opterećenje

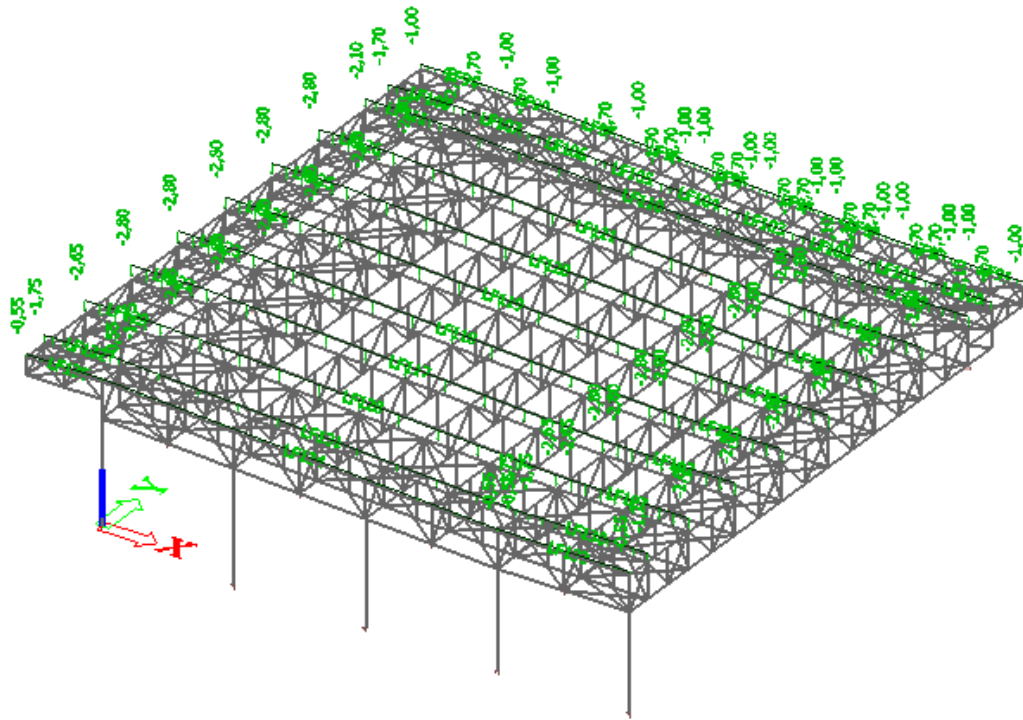


*Crtež 3.5. Dodatno stalno opterećenje (pokrov)*

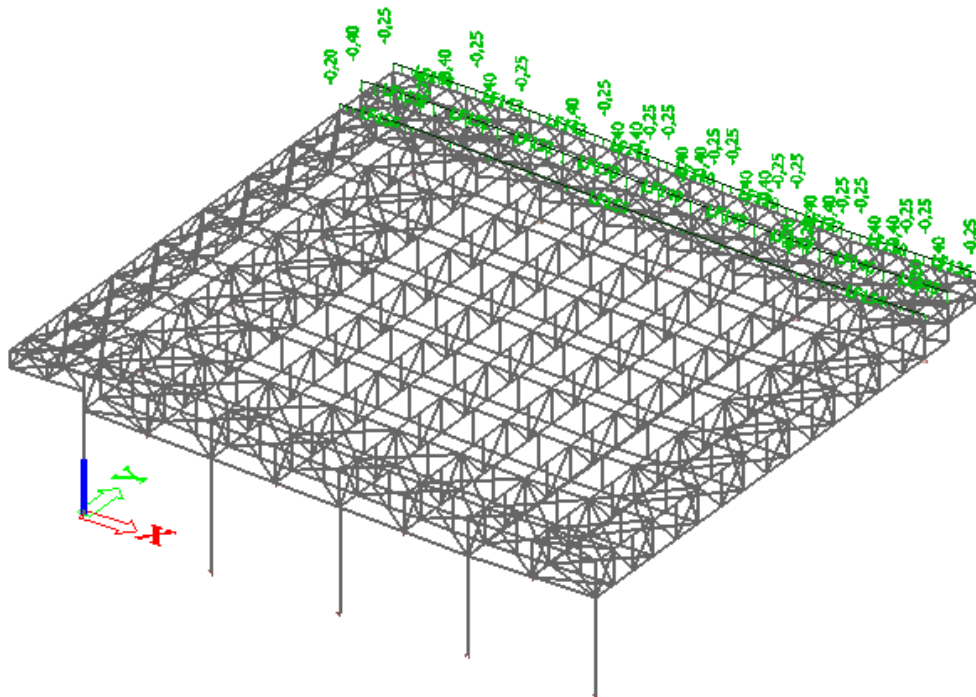


*Crtež 3.6. Dodatno stalno opterećenje (rasvjeta i ozvučenje)*

### 3.2.3. Opterećenje snijegom

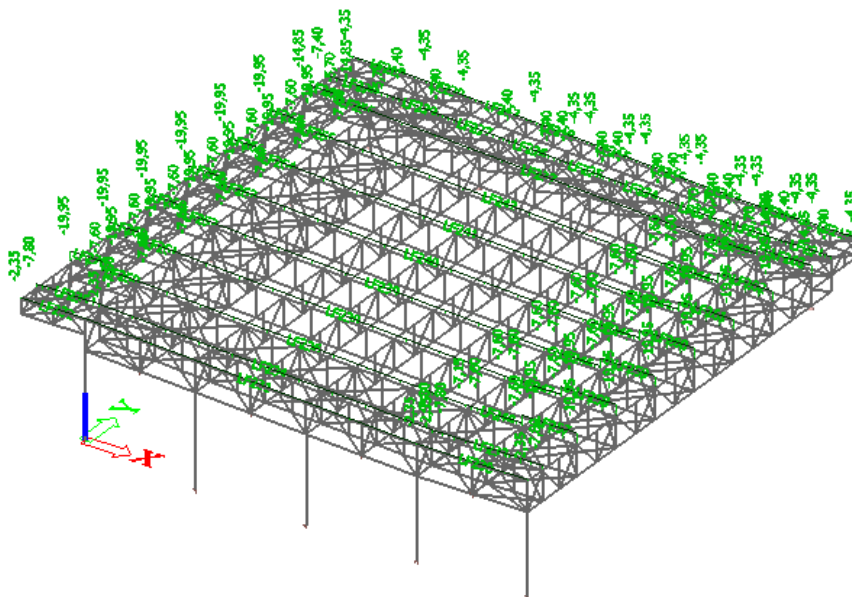


*Crtež 3.7. Opterećenje snijegom preko cijele konstrukcije*



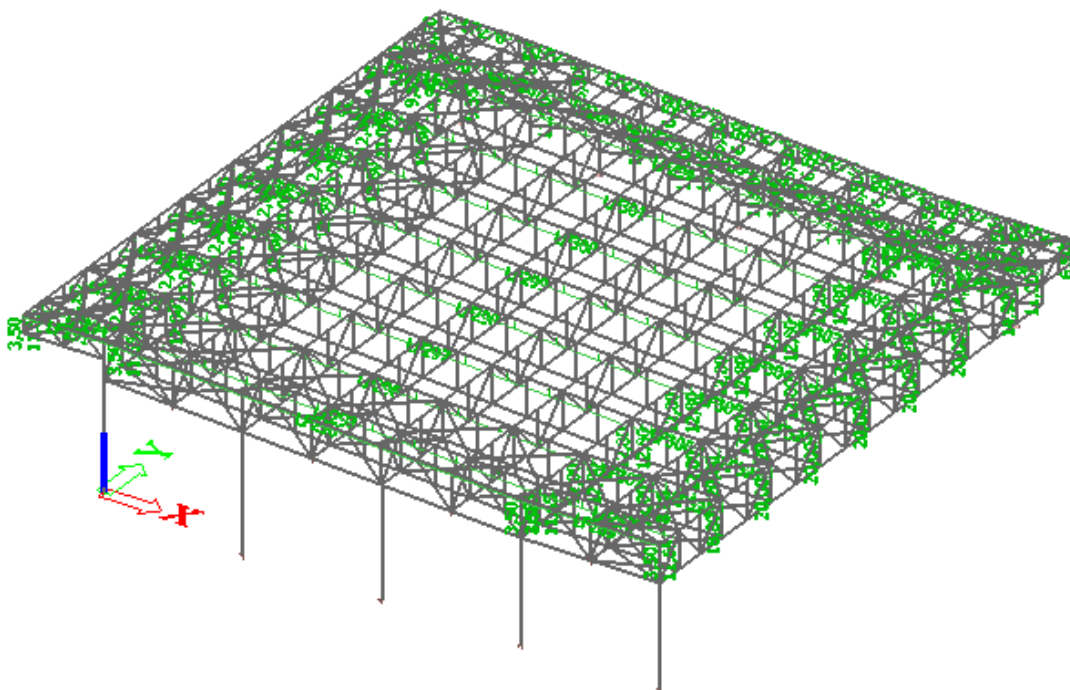
*Crtež 3.8. Opterećenje snijegom preko konzole*

### 3.2.4. Opterećenje vjetrom-tlačno djelovanje



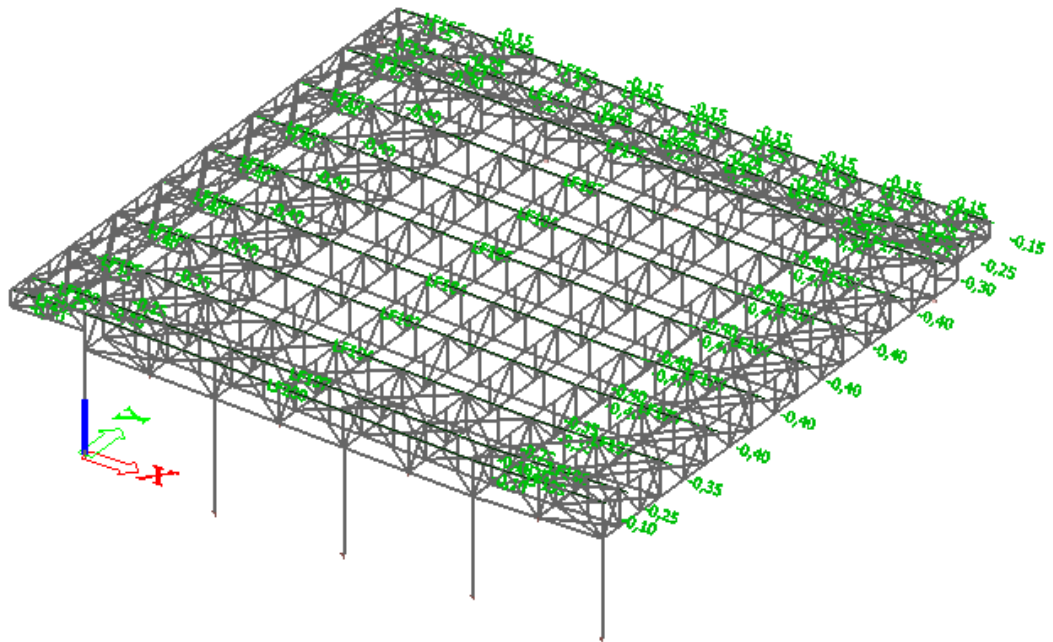
*Crtež 3.9. Opterećenje vjetrom-tlak*

### 3.2.5. Opterećenje vjetrom-podtlačno djelovanje



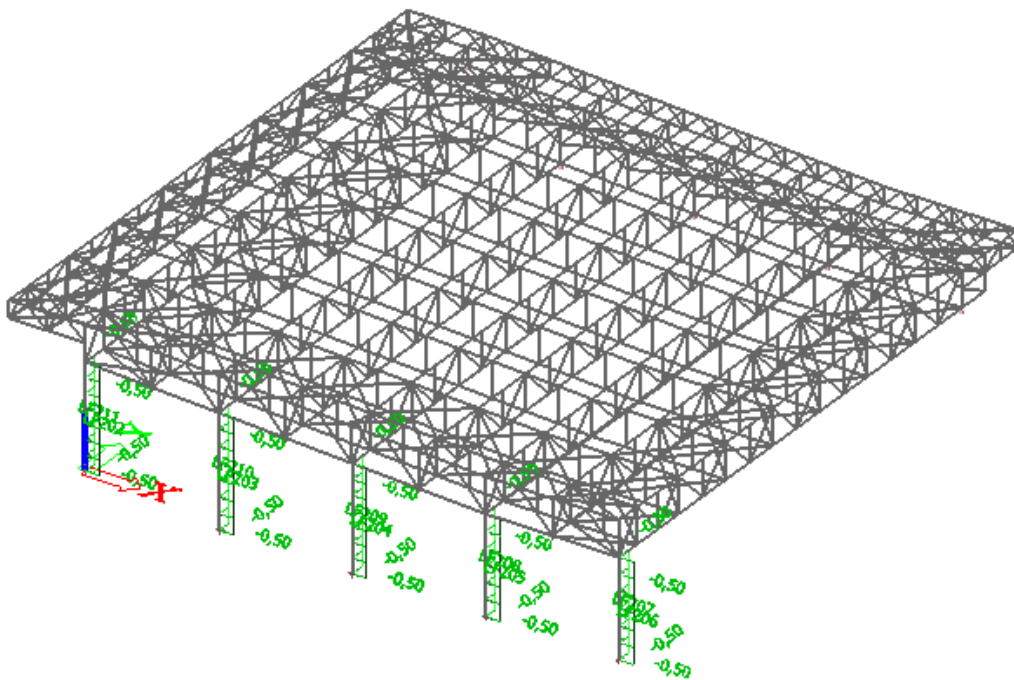
*Crtež 3.10. Opterećenje vjetrom-podtlačno djelovanje*

### 3.2.6. Opterećenje vjetrom-trenje po krovnoj plohi



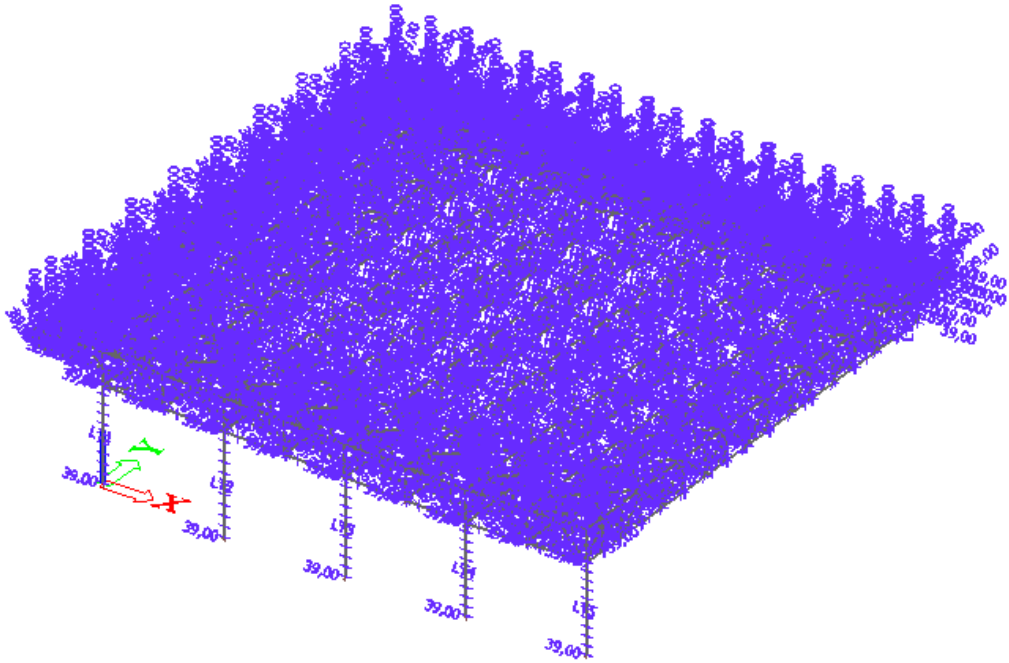
*Crtež 3.11. Opterećenje vjetrom-trenje po krovnoj plohi*

### 3.2.7. Opterećenje vjetrom-djelovanje vjetra na stupove



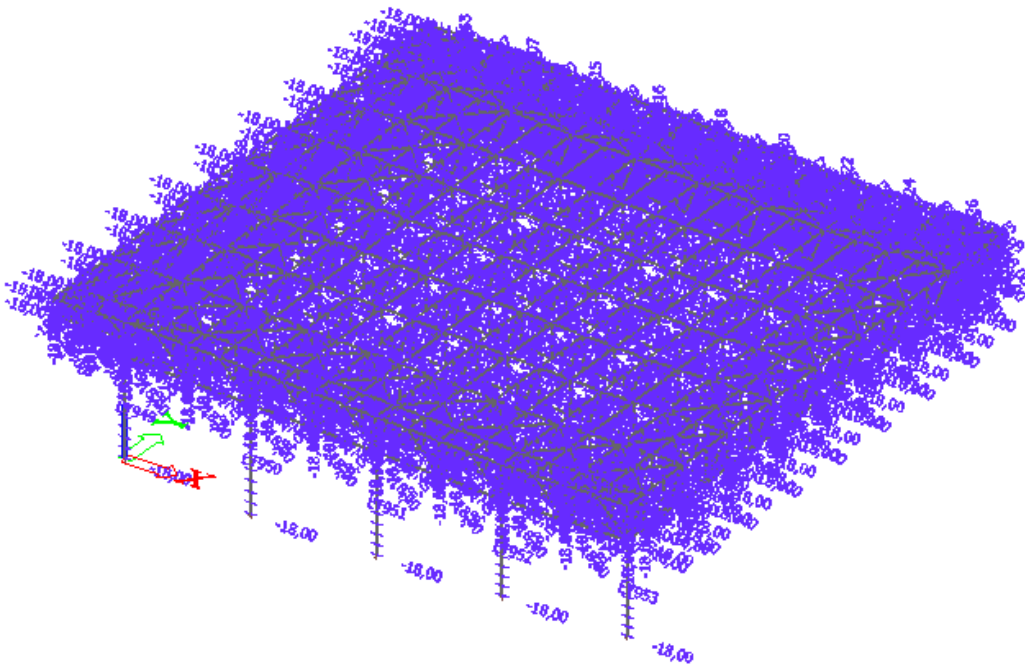
*Crtež 3.12. Opterećenje vjetrom-djelovanje vjetra na stupove*

### 3.2.8. Temperaturno djelovanje-pozitivna temperatura



Crtež 3.13. Opterećenje pozitivnom temperaturom

### 3.2.9. Temperaturno djelovanje-negativna temperatura



Crtež 3.14. Opterećenje negativnom temperaturom

### 3.3. Kombinacije djelovanja

Kombinacije djelovanja izrađene su za krajnje granično stanje i granično stanje uporabljivosti.

#### 3.3.1. Kombinacije za KGS

| Name   | Type                | Load cases                   | Coeff. [-] |
|--|---------------------|------------------------------|------------|
| <small>*Student version! *Student version! *Student version! *Student version! *Student version! *Student version! *Student version! *Student version!</small> |                     |                              |            |
| GSN 1  | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,35       |
|  |                     | Dodatno POKROV               | 1,35       |
|  |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35       |
|  |                     | Snijeg                       | 1,50       |
|  |                     | Snijeg KONZOLA               | 1,50       |
| GSN 2  | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,35       |
|  |                     | Dodatno POKROV               | 1,35       |
|  |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35       |
|  |                     | Vjetar TLAK                  | 1,50       |
| GSN 3  | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,35       |
|  |                     | Dodatno POKROV               | 1,35       |
|  |                     | Vjetar PODTLAK               | 1,50       |
| GSN 4  | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,35       |
|  |                     | Dodatno POKROV               | 1,35       |
|  |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35       |
|  |                     | Temperatura MAX              | 1,35       |
| GSN 5  | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,35       |
|  |                     | Dodatno POKROV               | 1,35       |
|  |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35       |
|  |                     | Snijeg                       | 1,50       |
|  |                     | Vjetar TLAK                  | 1,50       |
| GSN 6  | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,35       |
|  |                     | Dodatno POKROV               | 1,35       |
|  |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35       |
|  |                     | Snijeg                       | 1,35       |
|  |                     | Vjetar TLAK                  | 1,35       |
|  |                     | Temperatura MIN              | 1,35       |
| GSN 7  | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,35       |
|  |                     | Dodatno POKROV               | 1,35       |
|  |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35       |
|  |                     | Vjetar PODTLAK               | 1,35       |
|  |                     | Vjetar TRENJE                | 1,35       |
|  |                     | Temperatura MAX              | 1,35       |



|                              |                     |                              |                     |
|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| GSN 8                        | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,35                |
|                              |                     | Dodatno POKROV               | 1,35                |
|                              |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35                |
|                              |                     | Vjetar TLAK                  | 1,35                |
|                              |                     | Vjetar TRENJE                | 1,35                |
|                              |                     | Vjetar STUP                  | 1,35                |
|                              |                     | GSN 9                        | Envelope - ultimate |
| Dodatno POKROV               | 1,35                |                              |                     |
| Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35                |                              |                     |
| Snijeg                       | 1,35                |                              |                     |
| Vjetar TRENJE                | 1,35                |                              |                     |
| Vjetar STUP                  | 1,35                |                              |                     |
| GSN 10                       | Envelope - ultimate |                              |                     |
|                              |                     | Dodatno POKROV               | 1,35                |
|                              |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,35                |
|                              |                     | Vjetar TLAK                  | 1,35                |
|                              |                     | Vjetar TRENJE                | 1,35                |
|                              |                     | Vjetar STUP                  | 1,00                |
|                              |                     | Temperatura MAX              | 1,00                |

### 3.3.2. Kombinacije za GSU

Kombinacije za GSU si iste kao za KGS, stim da su primjenjeni adekvatni koeficijenti za kombinacije djelovanja prema EN 1991.

|       |                     |                              |                     |
|-------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| GSU 1 | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,00                |
|       |                     | Dodatno POKROV               | 1,00                |
|       |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00                |
|       |                     | Snijeg                       | 1,00                |
|       |                     | Snijeg KONZOLA               | 1,00                |
|       |                     | GSU 2                        | Envelope - ultimate |
| GSU 2 | Envelope - ultimate | Dodatno POKROV               | 1,00                |
|       |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00                |
|       |                     | Vjetar TLAK                  | 1,00                |
|       |                     | GSU 3                        | Envelope - ultimate |
| GSU 3 | Envelope - ultimate | Dodatno POKROV               | 1,00                |
|       |                     | Vjetar PODTLAK               | 1,00                |
|       |                     | GSU 4                        | Envelope - ultimate |
| GSU 4 | Envelope - ultimate | Dodatno POKROV               | 1,00                |
|       |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00                |
|       |                     | Temperatura MAX              | 1,00                |

|                 |                     |                              |      |
|-----------------|---------------------|------------------------------|------|
| GSU 5           | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno POKROV               | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00 |
|                 |                     | Snijeg                       | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar TLAK                  | 1,00 |
| GSU 6           | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno POKROV               | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00 |
|                 |                     | Snijeg                       | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar TLAK                  | 1,00 |
|                 |                     | Temperatura MIN              | 1,00 |
| GSU 7           | Envelope - ultimate | Vlastita težina              | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno POKROV               | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar PODTLAK               | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar TRENJE                | 1,00 |
| GSU 8           | Envelope - ultimate | Temperatura MAX              | 1,00 |
|                 |                     | Vlastita težina              | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno POKROV               | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar TLAK                  | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar TRENJE                | 1,00 |
| GSU 9           | Envelope - ultimate | Vjetar STUP                  | 1,00 |
|                 |                     | Vlastita težina              | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno POKROV               | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00 |
|                 |                     | Snijeg                       | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar TRENJE                | 1,00 |
| GSU 10          | Envelope - ultimate | Vjetar STUP                  | 1,00 |
|                 |                     | Vlastita težina              | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno POKROV               | 1,00 |
|                 |                     | Dodatno RASVJETA I OZVUČENJE | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar TLAK                  | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar TRENJE                | 1,00 |
|                 |                     | Vjetar STUP                  | 1,00 |
| Temperatura MAX | 1,00                |                              |      |

## 4. REZULTATI PRORAČUNA

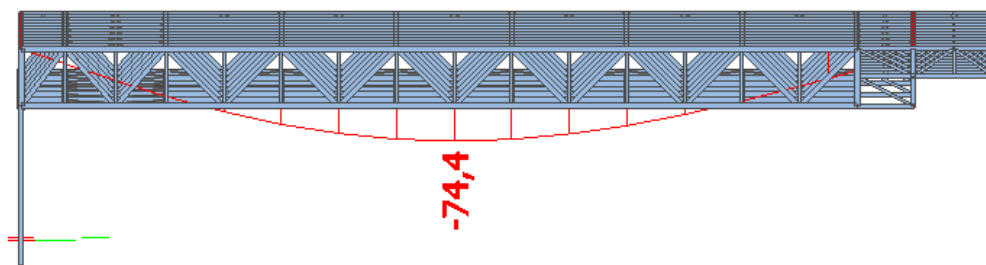
### 4.1. Pomaci konstrukcije

#### 4.1.1. Vertikalni pomak

Maksimalni vertikalni pomak dobiven je za kombinaciju

$$GSU\ 5-1,0 \cdot (G + G_1 + G_2) + 1,0 \cdot (W_{tlak} + S)$$

Vertikalni pomak glavne konstrukcije:



Crtež 4.1. Vertikalni pomak  $u_z$

Dopušteni vertikalni pomak :

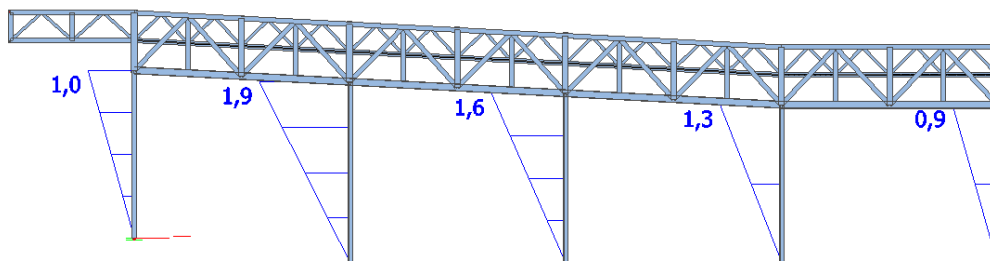
$$u_{dop} = \frac{l}{300} = \frac{36,30 \cdot 1000}{300} = 121,00\text{mm}$$

$$u_z = 74,40\text{mm} < u_{z,dop} = 121,00\text{mm} \rightarrow \text{Zadovoljava.}$$

#### 4.1.2. Horizontalni pomak vrha stupa

Maksimalni horizontalni pomak dobiven je za kombinaciju

$$GSU\ 10-1,0 \cdot (G + G_0) + 1,0 \cdot (W_{tlak} + W_{trenje} + S + T_{max})$$



Crtež 4.2. Horizontalni pomak  $u_x$

Horizontalni pomak:  $u_x = 2,10\text{mm}$

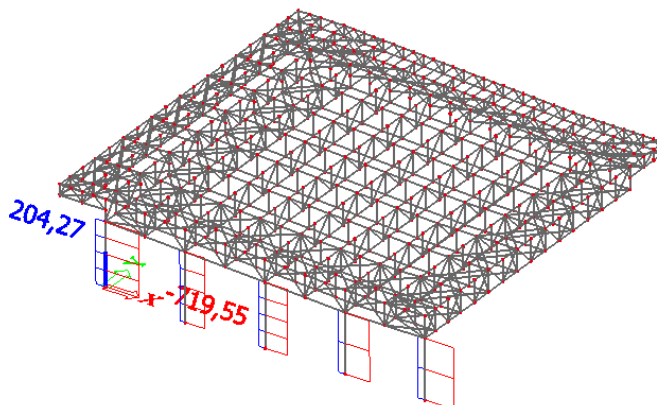
Dopušteni horizontalni pomak :

$$u_{dop} = \frac{h}{250} = \frac{7,9 \cdot 1000}{250} = 31,60\text{mm}$$

$$u_x = 1,90\text{mm} < u_{x,dop} = 31,60\text{mm} \rightarrow \text{Zadovoljava!}$$

## 4.2. Rezne sile

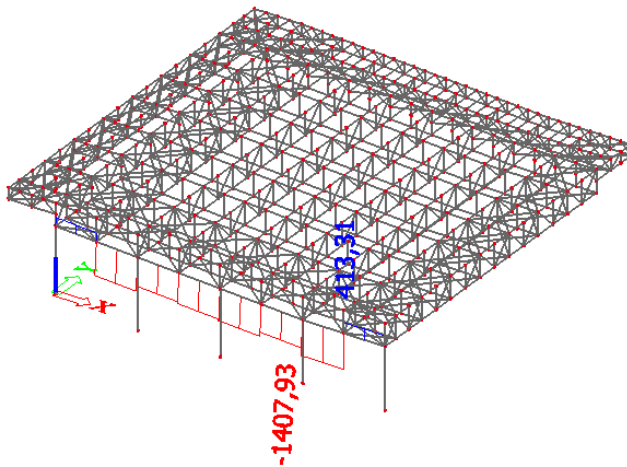
### 4.2.1. Rezne sile u stupovima



| Case    | N [kN]  | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| GSN 4/7 | -719,55 | 0,20    | -0,34   | 0,00     | 2,45     | -1,48    |
| GSU 6/3 | 204,27  | -0,06   | 0,11    | 0,00     | 0,00     | 0,00     |

Crtež 4.3. Rezne sile u stupu

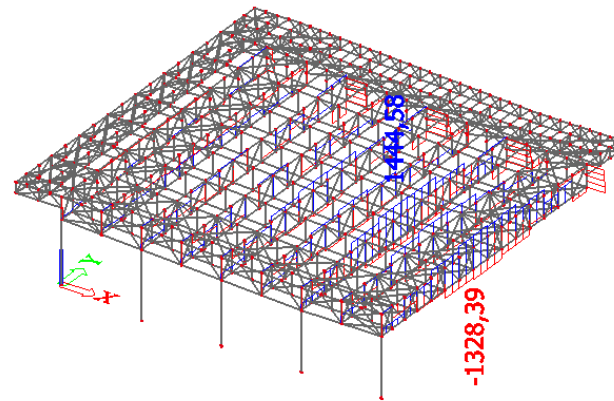
### 4.2.2. Rezne sile u gredi



| Case     | N [kN]   | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|----------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|
| GSN 10/4 | -1407,93 | -9,46   | -435,71 | 1,07     | -9,90    | 20,17    |
| GSN 10/4 | 413,31   | -9,49   | -5,16   | 0,00     | 20,48    | 22,70    |

Crtež 4.4. Rezne sile u gredi

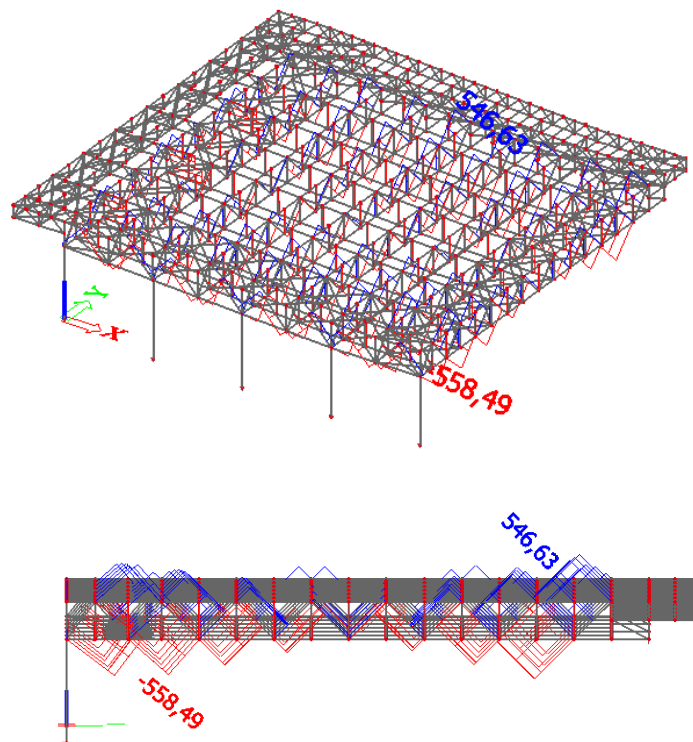
### 4.2.3. Rezne sile u pojasu velike rešetke



| Case    | N [kN]   | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|---------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|
| GSN 5/1 | -1328,39 | -4,26   | -0,64   | -4,83    | 13,04    | 4,59     |
| GSN 5/1 | 1444,58  | -1,45   | -3,14   | 1,37     | 15,71    | 1,39     |

Crtež 4.5. Rezne sile u pojasu velike rešetke

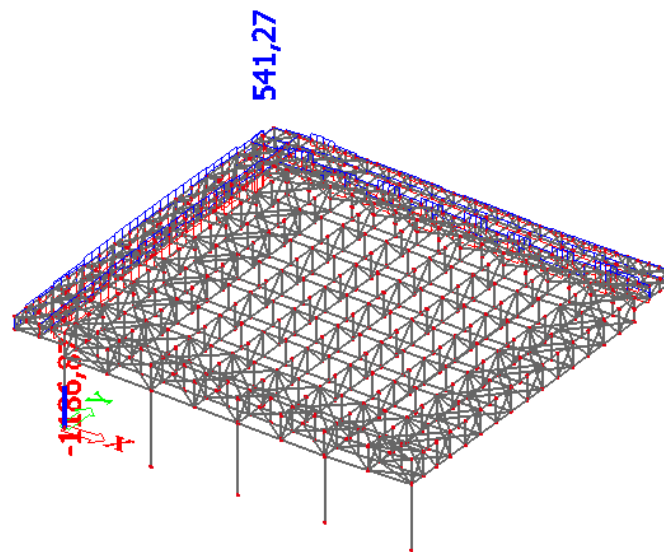
### 4.2.4. Rezne sile ispu



| Case    | N [kN]  | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| GSN 5/5 | -558,49 | -0,18   | -0,86   | -0,01    | 1,03     | 0,08     |
| GSN 5/5 | 546,63  | -0,05   | 0,46    | 0,13     | 1,42     | 0,29     |

Crtež 4.6. Rezne sile ispu velike rešetke

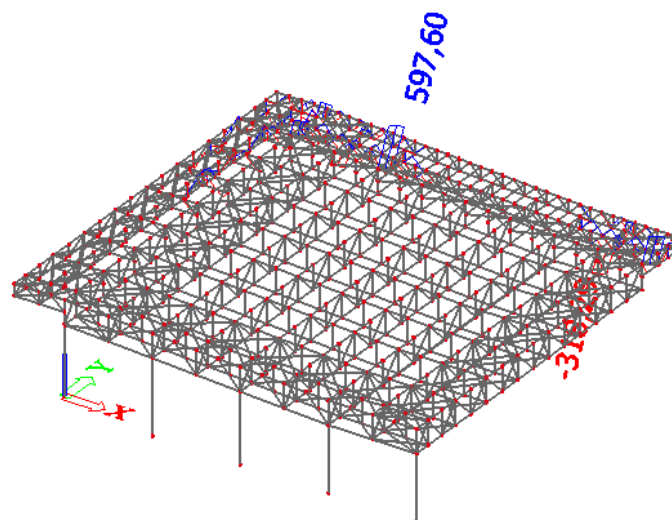
#### 4.2.5. Rezne sile u pojasu male rešetke



| Case    | N<br>[kN] | Vy<br>[kN] | Vz<br>[kN] | Mx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
|---------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| GSN 4/6 | -1186,87  | -5,01      | -11,07     | -0,11       | 11,85       | 0,49        |
| GSN 6/4 | 541,27    | -39,65     | -10,51     | -2,92       | 12,70       | 38,99       |

*Crtež 4.7. Rezne sile u pojasu male rešetke*

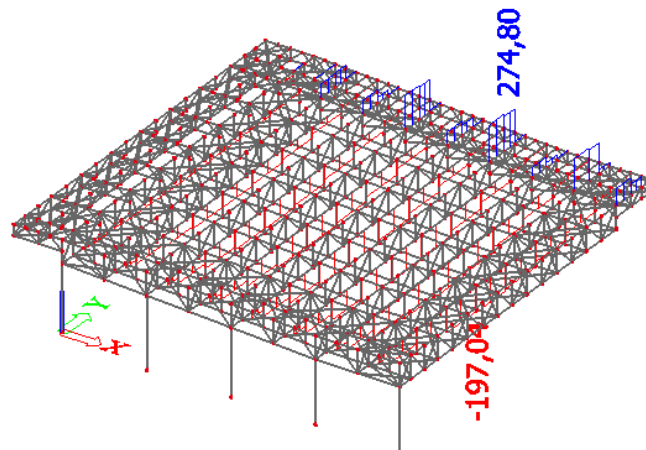
#### 4.2.6. Rezne sile ispune male rešetke



| Case    | N<br>[kN] | Vy<br>[kN] | Vz<br>[kN] | Mx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
|---------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| GSN 5/1 | -318,29   | 0,35       | -2,59      | 0,16        | -3,64       | 0,38        |
| GSN 5/1 | 597,60    | 0,00       | 3,91       | 0,02        | -6,71       | -0,04       |

*Crtež 4.8. Rezne sile ispune male rešetke*

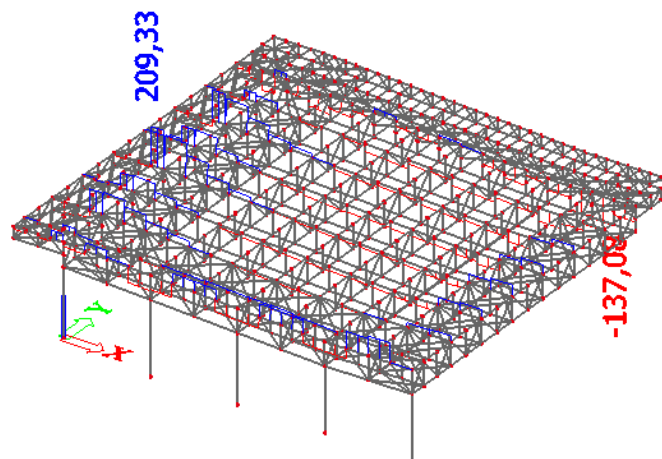
#### 4.2.7. Rezne sile u gornjoj podrožnici smjer y



| Case    | N [kN]  | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| GSN 5/1 | -197,04 | -0,05   | 0,62    | 0,10     | 1,01     | 0,13     |
| GSN 5/1 | 274,80  | 0,39    | -6,41   | -0,04    | 6,33     | -0,48    |

Crtež 4.9. Rezne sile u gornjoj podrožnici u smjeru y

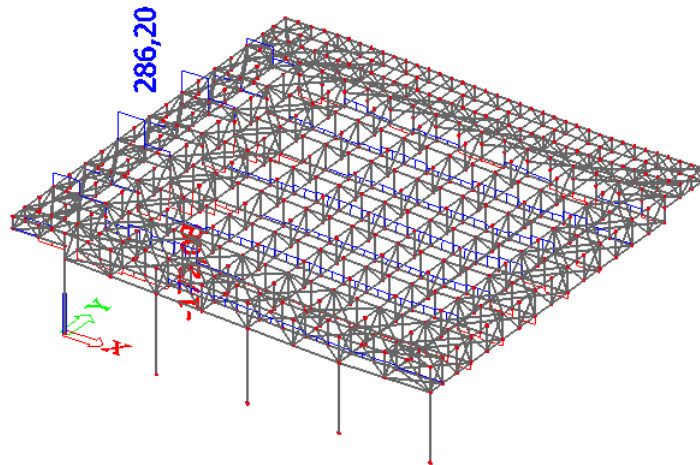
#### 4.2.8. Rezne sile u gornjoj podrožnici smjer x



| Case    | N [kN]  | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| GSN 5/1 | -137,07 | -19,74  | -57,65  | 2,96     | -24,08   | -23,39   |
| GSN 5/1 | 209,33  | -0,39   | 54,30   | 0,06     | -52,15   | 0,52     |

Crtež 4.10. Rezne sile u gornjoj podrožnici u smjeru x

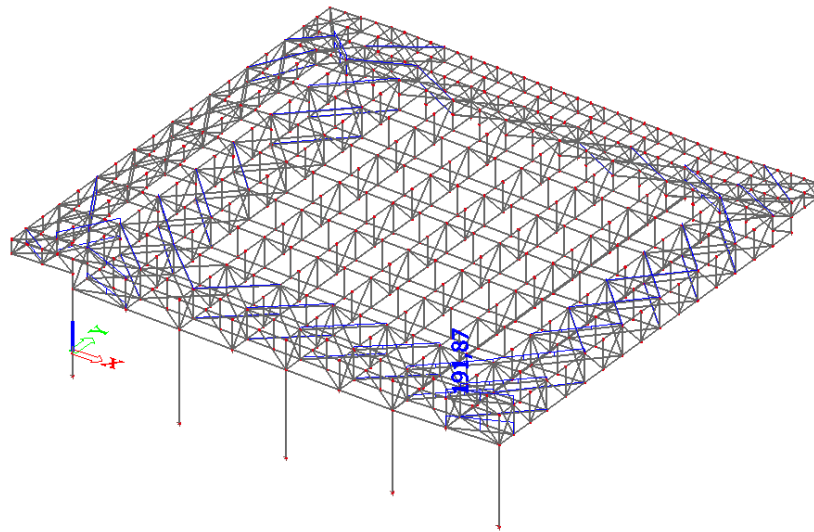
#### 4.2.9. Rezne sile u donjoj podrožnici



| Case    | N<br>[kN]      | Vy<br>[kN] | Vz<br>[kN] | Mx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
|---------|----------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| GSN 5/1 | <b>-172,08</b> | 1,18       | 47,24      | 0,57        | 47,55       | -0,02       |
| GSN 5/1 | <b>286,20</b>  | 0,02       | -0,22      | 0,01        | 2,68        | -0,06       |

*Crtež 4.11. Rezne sile u donjoj podrožnici*

#### 4.2.10. Rezne sile u spregovima



| Case    | N<br>[kN]     | Vy<br>[kN]  | Vz<br>[kN]  | Mx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
|---------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| GSN 7/2 | <b>0,79</b>   | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        |
| GSN 7/2 | <b>191,87</b> | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        |
| GSN 7/2 | 143,02        | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> |

*Crtež 4.12. Rezne sile u spregovima*



## 5. DIMENZIONIRANJE KONSTRUKCIJSKIH ELEMENATA

Dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata je provedeno računalnim programom AspalathosCalculator.

### 5.1. Stup

#### MATERIJAL

$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   
 $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$   
 $\varepsilon = 1,000$   
 $E = 210000 \text{ N/mm}^2$   
 $G = 80777 \text{ N/mm}^2$   
 $\nu = 0.3$

#### REZNE SILE

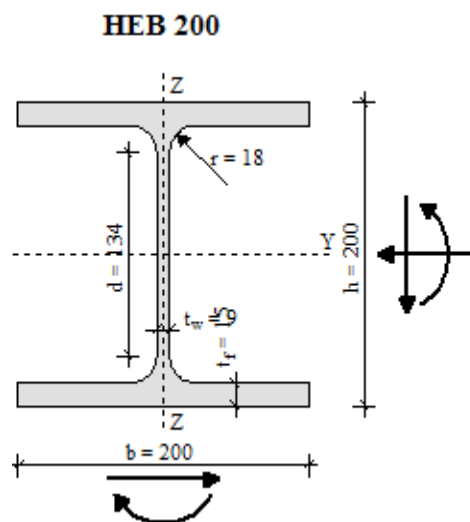
$N_{sd} = -719,55 \text{ kN}$   
 $V_{y,sd} = 0,2 \text{ kN}$   
 $V_{z,sd} = -0,34 \text{ kN}$   
 $M_{y,sd} = 2,45 \text{ kNm}$   
 $M_{z,sd} = -1,48 \text{ kNm}$

#### PARC. FAKTORI SIG.

$\gamma_{Mo} = 1,1$   
 $\gamma_{M1} = 1,1$   
 $\gamma_{M2} = 1,25$

#### PARAMETRI

$A = 78,081 \text{ cm}^2$   
 $A_y = 62,430 \text{ cm}^2$   
 $A_z = 18,720 \text{ cm}^2$   
 $I_y = 5696,170 \text{ cm}^4$   
 $W_y = 569,617 \text{ cm}^3$   
 $W_{ply} = 642,547 \text{ cm}^3$   
 $i_y = 8,541 \text{ cm}$   
 $I_z = 2003,367 \text{ cm}^4$   
 $W_z = 200,337 \text{ cm}^3$   
 $W_{plz} = 305,812 \text{ cm}^3$   
 $i_z = 5,065 \text{ cm}$   
 $I_t = 59,281 \text{ cm}^4$   
 $I_{\omega} = 171125,000 \text{ cm}^6$



#### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

##### HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = 14,89 \leq \frac{396}{13 \cdot \alpha - 1} \cdot \varepsilon = 33,00, \quad \alpha = 1,00 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

##### POJASNICA

$$\frac{c}{t_f} = 6,67 \leq 10 \cdot \varepsilon = 10,00 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 1**

**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$ 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1668,1 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 719,55 \text{ kN}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$ 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 137,27 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 2,45 \text{ kNm}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$ 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 65,33 \text{ kNm} \geq M_{z,Sd} = 1,48 \text{ kNm}$$

POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$ 

$$V_{y,Rd} = \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 770,03 \text{ kN} \geq V_{y,Sd} = 0,2 \text{ kN}$$

POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$ 

$$\frac{d}{t_w} = 14,89 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 230,9 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 0,34 \text{ kN}$$

INTERAKCIJA M - N - V

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,431$$

$$\frac{M_{n.v.y,Rd}}{M_{y,Rd}} = 1,11 \cdot (1 - n) = 0,631 \Rightarrow M_{n.v.y,Rd} = 86,64 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{n.v.z,Rd}}{M_{z,Rd}} = 1,11 \cdot (1 - n) = 0,915 \Rightarrow M_{n.v.z,Rd} = 59,77 \text{ kNm}$$

$$\left( \frac{M_{y,Sd}}{M_{n.v.y,Rd}} \right)^2 + \left( \frac{M_{z,Sd}}{M_{n.v.z,Rd}} \right)^1 = 0,026 \leq 1$$

## UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91, \quad \beta_A = 1,00$$

OS Y-Y

$$l_{yy} = 511 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{yy}}{i_y} = 59,83$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,637$$

$$h/b = 1,00 \leq 1,2$$

$$t_f = 15 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

LINIJA IZVIJANJA **b**

$$\chi_y = 0,8180$$

OS Z-Z

$$l_{zz} = 511 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{zz}}{i_z} = 100,88$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 1,074$$

LINIJA IZVIJANJA **c**

$$\chi_z = 0,4981$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{830,95 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 719,55 \text{ kN}$$

## OTPORNOST NA BOČNO IZVIJANJE

$$g = 10 \text{ cm}, \quad L = 730 \text{ cm}$$

$$k = 1,0, \quad k_w = 1,0, \quad C_1 = 1,132, \quad C_2 = 0,459$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \cdot \left( C_2 \cdot g + \sqrt{\frac{k^2}{k_w^2} \cdot \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot g)^2} \right)$$

$$M_{cr} = \mathbf{277,32 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,738 > 0,4$$

$$\text{MJERODANVA LINIJA IZVIJANJA } \mathbf{a} \Rightarrow \chi_{LT} = 0,8292$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{113,83 \text{ kNm}} \geq M_{y,Sd} = 2,45 \text{ kNm}$$

**INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA**

$$\beta_{M,y} = 1,400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{M,y} - 4) + \left( \frac{W_{pl,y} - W_y}{W_y} \right) = -0,636 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1,305 \leq 1,5$$

$$\beta_{M,z} = 1,400$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \cdot (2 \cdot \beta_{M,z} - 4) + \left( \frac{W_{pl,z} - W_z}{W_z} \right) = -0,763 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 1,600 > 1,5 \Rightarrow k_z = 1,5$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,sd}}{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,sd}}{\frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = 0,585 \leq 1$$

**INTERAKCIJA M - N S BOČNIM IZVIJANJEM**

$$\beta_{MLT} = 1,400$$

$$\mu_{LT} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot (2 \cdot \beta_{MLT} - 4) + \left( \frac{W_{pl,LT} - W_{LT}}{W_{LT}} \right) = 0,076 \leq 0,9$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{sd}}{\chi_{LT} \cdot A \cdot f_y} = 0,940 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,sd}}{\frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = 0,920 \leq 1$$

ISKORISTIVOST: 92,0%

**Za stup je odabran profil: HEB 200**

## 5.2. Greda

### MATERIJAL

$$\begin{aligned} f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ f_u &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ \varepsilon &= 1,000 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 80777 \text{ N/mm}^2 \\ \nu &= 0.3 \end{aligned}$$

### REZNE SILE

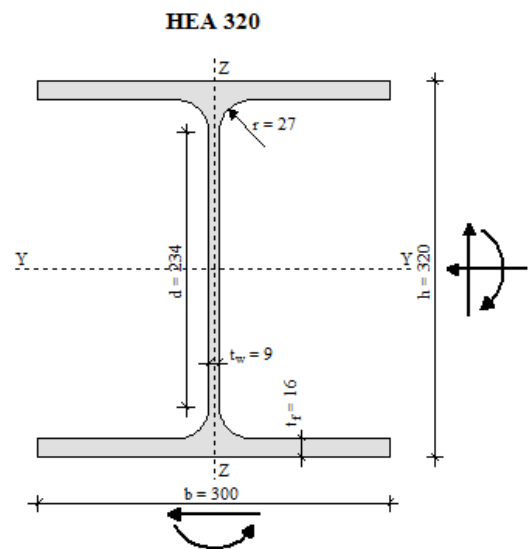
$$\begin{aligned} N_{sd} &= -1407,93 \text{ kN} \\ V_{y,sd} &= -9,46 \text{ kN} \\ V_{z,sd} &= -43,5 \text{ kN} \\ M_{y,sd} &= -9,9 \text{ kNm} \\ M_{z,sd} &= 20,17 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### PARC. FAKTORI SIG.

$$\begin{aligned} \gamma_{Mo} &= 1,1 \\ \gamma_{M1} &= 1,1 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

### PARAMETRI

$$\begin{aligned} A &= 128,178 \text{ cm}^2 \\ A_y &= 99,240 \text{ cm}^2 \\ A_z &= 29,952 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 25184,679 \text{ cm}^4 \\ \bar{W}_y &= 1574,042 \text{ cm}^3 \\ W_{ply} &= 1732,161 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 14,017 \text{ cm} \\ I_z &= 7210,285 \text{ cm}^4 \\ W_z &= 480,686 \text{ cm}^3 \\ W_{plz} &= 732,422 \text{ cm}^3 \\ i_z &= 7,500 \text{ cm} \\ I_t &= 115,429 \text{ cm}^4 \\ I_\omega &= 1663488,000 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$



### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

#### HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = 26,00 \leq \frac{396}{13 \cdot \alpha - 1} \cdot \varepsilon = 33,00, \quad \alpha = 1,00 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

#### POJASNICA

$$\frac{c}{t_f} = 9,37 \leq 10 \cdot \varepsilon = 10,00 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 1**

**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$ 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2738,34 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 1407,93 \text{ kN}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$ 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 370,05 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 9,9 \text{ kNm}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$ 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 156,47 \text{ kNm} \geq M_{z,Sd} = 20,17 \text{ kNm}$$

POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$ 

$$V_{y,Rd} = \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1224,06 \text{ kN} \geq V_{y,Sd} = 9,46 \text{ kN}$$

POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$ 

$$\frac{d}{t_w} = 26,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 369,44 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 43,5 \text{ kN}$$

INTERAKCIJA M - N - V

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,514$$

$$\frac{M_{n.v.y,Rd}}{M_{y,Rd}} = 1,11 \cdot (1 - n) = 0,539 \Rightarrow M_{n.v.y,Rd} = 199,57 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{n.v.z,Rd}}{M_{z,Rd}} = 1,11 \cdot (1 - n) = 0,844 \Rightarrow M_{n.v.z,Rd} = 132,13 \text{ kNm}$$

$$\left( \frac{M_{y,Sd}}{M_{n.v.y,Rd}} \right)^2 + \left( \frac{M_{z,Sd}}{M_{n.v.z,Rd}} \right)^1 = 0,155 \leq 1$$

**OTPORNOST ELEMENTA****UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91, \beta_A = 1,00$$

OS Y-Y

$$l_{iy} = 472 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = 33,67$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,359$$

$$h/b = 1,07 \leq 1,2$$

$$t_f = 16 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

LINIJA IZVIJANJA **b**

$$\chi_y = 0,9422$$

OS Z-Z

$$l_{iz} = 472 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = 62,93$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,670$$

LINIJA IZVIJANJA **c**

$$\chi_z = 0,7431$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{2034,86 \text{ kN}} \geq N_{sd} = 1407,93 \text{ kN}$$

**OTPORNOST NA BOČNO IZVIJANJE**

$$g = 16 \text{ cm}, L = 946,3 \text{ cm}$$

$$k = 1,0, k_w = 1,0, C_1 = 1,132, C_2 = 0,459$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \cdot \left( C_2 \cdot g + \sqrt{\frac{k^2}{k_w^2} \cdot \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot g)^2} \right)$$

$$M_{cr} = \mathbf{687,34 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,770 > 0,4$$

$$\text{MJERODANVA LINIJA IZVIJANJA } \mathbf{a} \Rightarrow \chi_{LT} = 0,8126$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{300,72 \text{ kNm}} \geq M_{y,sd} = 9,9 \text{ kNm}$$

**INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA**

$$\beta_{M,y} = 1,400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{M,y} - 4) + \left( \frac{W_{pl,y} - W_y}{W_y} \right) = -0,330 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1,164 \leq 1,5$$

$$\beta_{M,z} = 1,400$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \cdot (2 \cdot \beta_{M,z} - 4) + \left( \frac{W_{pl,z} - W_z}{W_z} \right) = -0,280 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{Sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 1,176 \leq 1,5$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,Sd}}{\frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = 0,728 \leq 1$$

**INTERAKCIJA M - N S BOČNIM IZVIJANJEM**

$$\beta_{MLT} = 1,400$$

$$\mu_{LT} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot (2 \cdot \beta_{MLT} - 4) + \left( \frac{W_{pl,LT} - W_{LT}}{W_{LT}} \right) = -0,009 \leq 0,9$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{Sd}}{\chi_{LT} \cdot A \cdot f_y} = 1,006 > 1,0 \Rightarrow k_{LT} = 1,0$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,Sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,Sd}}{\frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = 0,876 \leq 1$$

ISKORISTIVOST: 87,6%

**Za gredu je odabran profil: HEA 320**



### 5.3. Glavni nosac-velika rešetka

#### MATERIJAL

$$\begin{aligned} f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ f_u &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ \varepsilon &= 1,000 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 80777 \text{ N/mm}^2 \\ \nu &= 0.3 \end{aligned}$$

#### REZNE SILE

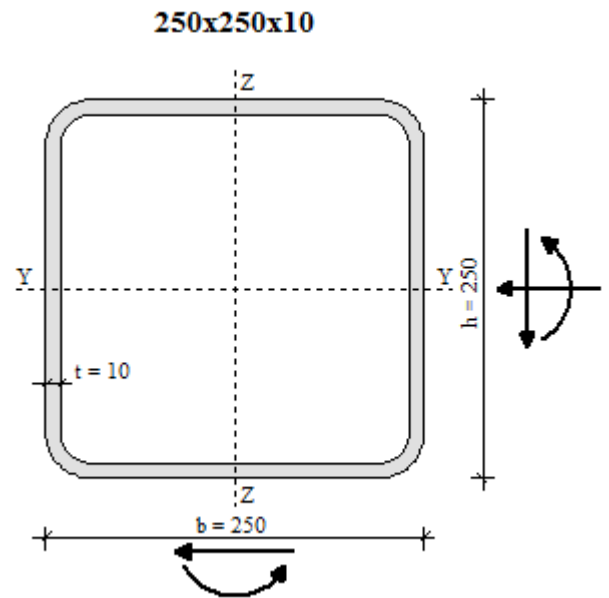
$$\begin{aligned} N_{sd} &= -1328,39 \text{ kN} \\ V_{y,sd} &= -4,26 \text{ kN} \\ V_{z,sd} &= -0,64 \text{ kN} \\ M_{y,sd} &= 13,04 \text{ kNm} \\ M_{z,sd} &= 4,59 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### PARC. FAKTORI SIG.

$$\begin{aligned} \gamma_{Mo} &= 1,1 \\ \gamma_{M1} &= 1,1 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

#### PARAMETRI

$$\begin{aligned} A &= 91,708 \text{ cm}^2 \\ A_y &= 38,000 \text{ cm}^2 \\ A_z &= 38,000 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 8605,144 \text{ cm}^4 \\ W_y &= 688,411 \text{ cm}^3 \\ W_{ply} &= 811,059 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 9,687 \text{ cm} \\ I_z &= 8605,144 \text{ cm}^4 \\ W_z &= 688,411 \text{ cm}^3 \\ W_{plz} &= 811,059 \text{ cm}^3 \\ i_z &= 9,687 \text{ cm} \\ I_t &= 15625,000 \text{ cm}^4 \\ I_\omega &= 0,000 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$



#### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

##### HRBAT

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 22,00 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 44,95, \quad \psi = 0,80 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

##### POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 22,00 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 42,99, \quad \psi = 0,93 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 3**

**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$ 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1959,22 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 1328,39 \text{ kN}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$ 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 147,07 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 13,04 \text{ kNm}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$ 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 147,07 \text{ kNm} \geq M_{z,Sd} = 4,59 \text{ kNm}$$

POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$ 

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 22,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 468,7 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 4,26 \text{ kN}$$

POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$ 

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 22,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 468,7 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 0,64 \text{ kN}$$

INTERAKCIJA M - N - V

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,678$$

$$\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{z,Rd}} = 0,120 \leq 1 - n = 0,322$$

**OTPORNOST ELEMENTA****UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91, \quad \beta_A = 1.00$$

OS Y-Y

$$l_{iy} = 500 \text{ cm}$$

$$\lambda_{iy} = \frac{l_{iy}}{i_y} = 51,62$$

$$\bar{\lambda}_{iy} = \frac{\lambda_{iy}}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,550$$

LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_y = 0,9081$$

OS Z-Z

$$l_{iz} = 500 \text{ cm}$$

$$\lambda_{iz} = \frac{l_{iz}}{i_z} = 51,62$$

$$\bar{\lambda}_{iz} = \frac{\lambda_{iz}}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,550$$

LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_z = 0,9081$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{1779,2 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 1328,39 \text{ kN}$$

**INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA**

$$\beta_{M,y} = 1,400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_{iy} \cdot (2 \cdot \beta_{My} - 4) = -0,660 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1,448 \leq 1,5$$

$$\beta_{M,z} = 1,400$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_{iz} \cdot (2 \cdot \beta_{Mz} - 4) = -0,660 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{Sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 1,448 \leq 1,5$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{\frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,Sd}}{\frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0,920} \leq 1$$

ISKORISTIVOST: 92,0%

**Za glavni nosač velike rešetke je odabran profil: 250x250x10**

## 5.4. Ispuna glavnog nosaca velike rešetke

### MATERIJAL

$$\begin{aligned} f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ f_u &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ \varepsilon &= 1,000 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 80777 \text{ N/mm}^2 \\ \nu &= 0,3 \end{aligned}$$

### REZNE SILE

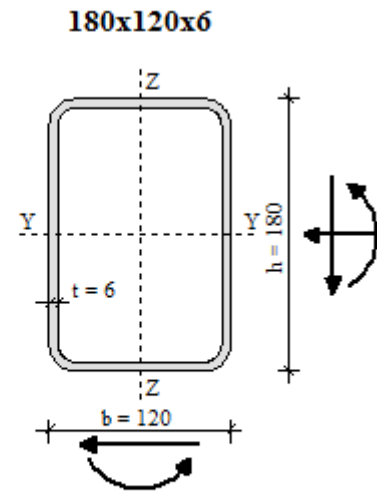
$$\begin{aligned} N_{sd} &= -558,49 \text{ kN} \\ V_{y,sd} &= -0,18 \text{ kN} \\ V_{z,sd} &= -0,86 \text{ kN} \\ M_{y,sd} &= 1,03 \text{ kNm} \\ M_{z,sd} &= 0,08 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### PARC. FAKTORI SIG.

$$\begin{aligned} \gamma_{Mo} &= 1,1 \\ \gamma_{M1} &= 1,1 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

### PARAMETRI

$$\begin{aligned} A &= 33,015 \text{ cm}^2 \\ A_y &= 10,080 \text{ cm}^2 \\ A_z &= 17,280 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 1445,184 \text{ cm}^4 \\ W_y &= 160,576 \text{ cm}^3 \\ W_{ply} &= 196,091 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 6,616 \text{ cm} \\ I_z &= 778,316 \text{ cm}^4 \\ W_z &= 129,719 \text{ cm}^3 \\ W_{plz} &= 148,886 \text{ cm}^3 \\ i_z &= 4,855 \text{ cm} \\ I_t &= 3110,400 \text{ cm}^4 \\ I_\omega &= 0,000 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$



## KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

### HRBAT

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 27,00 \leq \frac{42}{0,67 + 0,33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 42,93, \quad \psi = 0,93 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

### POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 17,00 \leq \frac{42}{0,67 + 0,33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 42,08, \quad \psi = 0,99 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 3**

**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$ 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 705,32 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 558,49 \text{ kN}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$ 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 34,3 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 1,03 \text{ kNm}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$ 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 27,71 \text{ kNm} \geq M_{z,Sd} = 0,08 \text{ kNm}$$

POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$ 

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 17,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 124,33 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 0,18 \text{ kN}$$

POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$ 

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 27,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 213,14 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 0,86 \text{ kN}$$

**INTERAKCIJA M - N - V**

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,792$$

$$\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{z,Rd}} = 0,033 \leq 1 - n = 0,208$$

**OTPORNOST ELEMENTA****UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91, \beta_A = 1,00$$

OS Y-Y

OS Z-Z

$$l_{iy} = 300 \text{ cm}$$

$$l_{iz} = 300 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = 45,34$$

$$\lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = 61,79$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,483$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,658$$

LINIJA IZVIJANJA **a**LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_y = 0,9295$$

$$\chi_z = 0,8666$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{611,25 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 558,49 \text{ kN}$$

**INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA**

$$\beta_{M,y} = 1,400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{M,y} - 4) = -0,579 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1,449 \leq 1,5$$

$$\beta_{M,z} = 1,400$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \cdot (2 \cdot \beta_{M,z} - 4) = -0,790 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{Sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 1,656 > 1,5 \Rightarrow k_z = 1,5$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{\frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,Sd}}{\frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0,900} \leq 1$$

ISKORISTIVOST: 90,0%

Za ispunu glavnog nosača je odabran profil: 180x120x6

## 5.5. Glavni nosač-mala rešetka

### MATERIJAL

$$\begin{aligned} f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ f_u &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ \varepsilon &= 1,000 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 80777 \text{ N/mm}^2 \\ \nu &= 0.3 \end{aligned}$$

### REZNE SILE

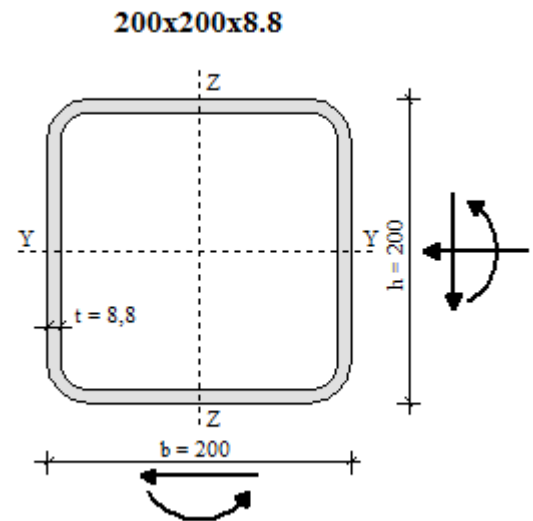
$$\begin{aligned} N_{sd} &= -1186,87 \text{ kN} \\ V_{y,sd} &= -5,01 \text{ kN} \\ V_{z,sd} &= -11,07 \text{ kN} \\ M_{y,sd} &= 11,85 \text{ kNm} \\ M_{z,sd} &= 0,49 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### PARC. FAKTORI SIG.

$$\begin{aligned} \gamma_{Mo} &= 1,1 \\ \gamma_{M1} &= 1,1 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

### PARAMETRI

$$\begin{aligned} A &= 63,979 \text{ cm}^2 \\ A_y &= 25,907 \text{ cm}^2 \\ A_z &= 25,907 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 3802,949 \text{ cm}^4 \\ W_y &= 380,295 \text{ cm}^3 \\ W_{ply} &= 449,804 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 7,710 \text{ cm} \\ I_z &= 3802,949 \text{ cm}^4 \\ W_z &= 380,295 \text{ cm}^3 \\ W_{plz} &= 449,804 \text{ cm}^3 \\ i_z &= 7,710 \text{ cm} \\ I_t &= 8000,000 \text{ cm}^4 \\ I_\omega &= 0,000 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$



## KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

### HRBAT

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 19,73 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 45,83, \quad \psi = 0,75 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

### POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 19,73 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 42,15, \quad \psi = 0,99 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 3**



**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$ 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \mathbf{1366,82 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 1186,87 \text{ kN}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$ 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \mathbf{81,24 \text{ kNm}} \geq M_{y,Sd} = 11,85 \text{ kNm}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$ 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \mathbf{81,24 \text{ kNm}} \geq M_{z,Sd} = 0,49 \text{ kNm}$$

POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$ 

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 19,73 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \mathbf{319,55 \text{ kN}} \geq V_{z,Sd} = 5,01 \text{ kN}$$

POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$ 

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 19,73 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \mathbf{319,55 \text{ kN}} \geq V_{z,Sd} = 11,07 \text{ kN}$$

INTERAKCIJA M - N - V

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,868$$

$$\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{z,Rd}} = 0,152 > 1 - n = 0,132$$

ISKORISTIVOST: 102,0%

**Za glavni nosač male rešetke je odabran profil: 200x200x8,8**

## 5.6. Ispuna glavnog nosača-male rešetke

### MATERIJAL

$$\begin{aligned} f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ f_b &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ \varepsilon &= 1,000 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 80777 \text{ N/mm}^2 \\ \nu &= 0.3 \end{aligned}$$

### REZNE SILE

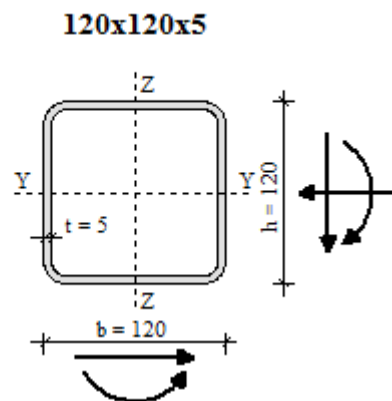
$$\begin{aligned} N_{sd} &= -318,29 \text{ kN} \\ V_{y,sd} &= 0,35 \text{ kN} \\ V_{z,sd} &= -2,59 \text{ kN} \\ M_{y,sd} &= -3,64 \text{ kNm} \\ M_{z,sd} &= 0,38 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### PARC. FAKTORI SIG.

$$\begin{aligned} \gamma_{Mo} &= 1,1 \\ \gamma_{M1} &= 1,1 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

### PARAMETRI

$$\begin{aligned} A &= 21,927 \text{ cm}^2 \\ A_y &= 9,000 \text{ cm}^2 \\ A_z &= 9,000 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 472,011 \text{ cm}^4 \\ W_{y1} &= 78,669 \text{ cm}^3 \\ W_{ply} &= 92,838 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 4,640 \text{ cm} \\ I_z &= 472,011 \text{ cm}^4 \\ W_{z1} &= 78,669 \text{ cm}^3 \\ W_{plz} &= 92,838 \text{ cm}^3 \\ i_z &= 4,640 \text{ cm} \\ I_t &= 1728,000 \text{ cm}^4 \\ I_\omega &= 0,000 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$



### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

#### HRBAT

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 21,00 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 48,88, \quad \psi = 0,57 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

#### POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 21,00 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 42,63, \quad \psi = 0,96 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 3**

**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$ 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \mathbf{468,44 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 318,29 \text{ kN}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$ 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \mathbf{16,81 \text{ kNm}} \geq M_{y,Sd} = 3,64 \text{ kNm}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$ 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \mathbf{16,81 \text{ kNm}} \geq M_{z,Sd} = 0,38 \text{ kNm}$$

POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$ 

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 21,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \mathbf{111,01 \text{ kN}} \geq V_{z,Sd} = 0,35 \text{ kN}$$

POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$ 

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 21,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \mathbf{111,01 \text{ kN}} \geq V_{z,Sd} = 2,59 \text{ kN}$$

INTERAKCIJA M - N - V

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,679$$

$$\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{z,Rd}} = 0,239 \leq 1 - n = 0,321$$

**OTPORNOST ELEMENTA****UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91, \quad \beta_A = 1,00$$

OS Y-Y

$$l_{iy} = 120 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = 25,86$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,275$$

LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_y = 0,9832$$

OS Z-Z

$$l_{iz} = 120 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = 25,86$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,275$$

LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_z = 0,9832$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{460,56 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 318,29 \text{ kN}$$

**INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA**

$$\beta_{M,y} = 1,400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{My} - 4) = -0,330 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1,208 \leq 1,5$$

$$\beta_{M,z} = 1,400$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \cdot (2 \cdot \beta_{Mz} - 4) = -0,330 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{Sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 1,208 \leq 1,5$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{\frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,Sd}}{\frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0,980} \leq 1$$

ISKORISTIVOST: 98,0%

**Za ispunu nosača male rešetke je odabran profil: 120x120x5**

## 5.7. Gornja podroznica u smjeru y

### MATERIJAL

$$\begin{aligned} f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ f_u &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ \varepsilon &= 1,000 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 80777 \text{ N/mm}^2 \\ \nu &= 0.3 \end{aligned}$$

### REZNE SILE

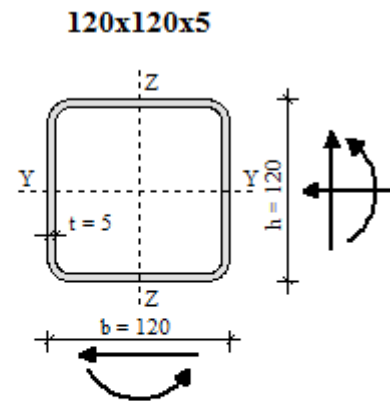
$$\begin{aligned} N_{sd} &= -197,04 \text{ kN} \\ V_{y,sd} &= -0,05 \text{ kN} \\ V_{z,sd} &= 0,62 \text{ kN} \\ M_{y,sd} &= 1,01 \text{ kNm} \\ M_{z,sd} &= 0,13 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### PARC. FAKTORI SIG.

$$\begin{aligned} \gamma_{Mo} &= 1,1 \\ \gamma_{M1} &= 1,1 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

### PARAMETRI

$$\begin{aligned} A &= 21,927 \text{ cm}^2 \\ A_y &= 9,000 \text{ cm}^2 \\ A_z &= 9,000 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 472,011 \text{ cm}^4 \\ W_y &= 78,669 \text{ cm}^3 \\ W_{ply} &= 92,838 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 4,640 \text{ cm} \\ I_z &= 472,011 \text{ cm}^4 \\ W_z &= 78,669 \text{ cm}^3 \\ W_{plz} &= 92,838 \text{ cm}^3 \\ i_z &= 4,640 \text{ cm} \\ I_t &= 1728,000 \text{ cm}^4 \\ I_\omega &= 0,000 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$



## KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

### HRBAT

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 21,00 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 45,27, \quad \psi = 0,78 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

### POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 21,00 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 42,39, \quad \psi = 0,97 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 3**

**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$ 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 468,44 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 197,04 \text{ kN}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$ 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 16,81 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 1,01 \text{ kNm}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$ 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 16,81 \text{ kNm} \geq M_{z,Sd} = 0,13 \text{ kNm}$$

POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$ 

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 21,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 111,01 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 0,05 \text{ kN}$$

POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$ 

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 21,00 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 111,01 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 0,62 \text{ kN}$$

INTERAKCIJA M - N - V

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,421$$

$$\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{z,Rd}} = 0,068 \leq 1 - n = 0,579$$

**OTPORNOST ELEMENTA****UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91, \beta_A = 1,00$$

OS Y-Y

OS Z-Z

$$l_{iy} = 500 \text{ cm}$$

$$l_{iz} = 500 \text{ cm}$$

$$\lambda_{iy} = \frac{l_{iy}}{i_y} = 107,77$$

$$\lambda_{iz} = \frac{l_{iz}}{i_z} = 107,77$$

$$\bar{\lambda}_{iy} = \frac{\lambda_{iy}}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 1,148$$

$$\bar{\lambda}_{iz} = \frac{\lambda_{iz}}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 1,148$$

LINIJA IZVIJANJA a

LINIJA IZVIJANJA a

$$\chi_y = 0,5640$$

$$\chi_z = 0,5640$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{264,19 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 197,04 \text{ kN}$$

**INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA**

$$\beta_{M,y} = 1,400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_{iy} \cdot (2 \cdot \beta_{M,y} - 4) = -1,377 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1,934 > 1,5 \Rightarrow k_y = 1,5$$

$$\beta_{M,z} = 1,400$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_{iz} \cdot (2 \cdot \beta_{M,z} - 4) = -1,377 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{Sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 1,934 > 1,5 \Rightarrow k_z = 1,5$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{\frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,Sd}}{\frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0,848} \leq 1$$

ISKORISTIVOST: 84,8%

**Za gornju podroznicu u smjeru y je odabran profil: 120x120x5**

## 5.8. Gornja podroznica u smjeru x

### MATERIJAL

$$\begin{aligned} f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ f_v &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ \varepsilon &= 1,000 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 80777 \text{ N/mm}^2 \\ \nu &= 0.3 \end{aligned}$$

### REZNE SILE

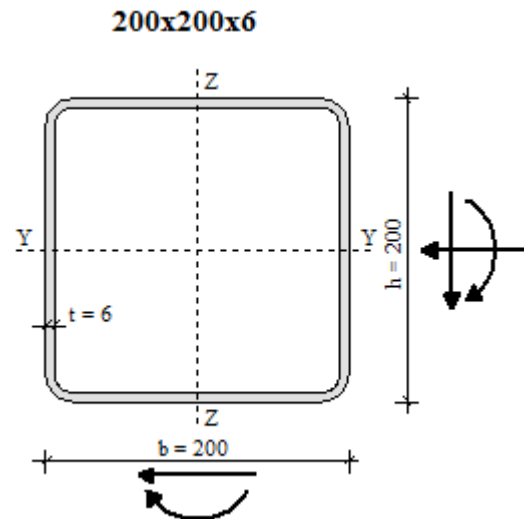
$$\begin{aligned} N_{sd} &= -137,07 \text{ kN} \\ V_{y,sd} &= -19,74 \text{ kN} \\ V_{z,sd} &= -57,65 \text{ kN} \\ M_{y,sd} &= -24,08 \text{ kNm} \\ M_{z,sd} &= -23,39 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### PARC. FAKTORI SIG.

$$\begin{aligned} \gamma_{Mo} &= 1,1 \\ \gamma_{M1} &= 1,1 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

### PARAMETRI

$$\begin{aligned} A &= 45,015 \text{ cm}^2 \\ A_y &= 19,680 \text{ cm}^2 \\ A_z &= 19,680 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 2774,733 \text{ cm}^4 \\ W_y &= 277,473 \text{ cm}^3 \\ W_{ply} &= 323,426 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 7,851 \text{ cm} \\ I_z &= 2774,733 \text{ cm}^4 \\ W_z &= 277,473 \text{ cm}^3 \\ W_{plz} &= 323,426 \text{ cm}^3 \\ i_z &= 7,851 \text{ cm} \\ I_t &= 8000,000 \text{ cm}^4 \\ I_\omega &= 0,000 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$



## KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

### HRBAT

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 30,33 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 58,34, \quad \psi = 0,15 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

### POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 30,33 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 57,69, \quad \psi = 0,18 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 3**



**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$ 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 961,68 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 137,07 \text{ kN}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$ 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 59,28 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 24,08 \text{ kNm}$$

MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$ 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 59,28 \text{ kNm} \geq M_{z,Sd} = 23,39 \text{ kNm}$$

POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$ 

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 30,33 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 242,74 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 19,74 \text{ kN}$$

POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$ 

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 30,33 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 242,74 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 57,65 \text{ kN}$$

INTERAKCIJA M - N - V

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,143$$

$$\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{z,Rd}} = 0,801 \leq 1 - n = 0,857$$

**OTPORNOST ELEMENTA****UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91, \quad \beta_A = 1.00$$

OS Y-Y

$$l_{iy} = 240 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = 30,57$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,326$$

LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_y = 0,9715$$

OS Z-Z

$$l_{iz} = 240 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = 30,57$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,326$$

LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_z = 0,9715$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{934,23 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 137,07 \text{ kN}$$

**INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA**

$$\beta_{M,y} = 1,400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{M,y} - 4) = -0,391 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1,052 \leq 1,5$$

$$\beta_{M,z} = 1,400$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \cdot (2 \cdot \beta_{M,z} - 4) = -0,391 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{Sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 1,052 \leq 1,5$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{\frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,Sd}}{\frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0,989} \leq 1$$

ISKORISTIVOST: 98,9%

**Za gornju podroznicu u smjeru x je odabran profil: 200x200x6,3**

## 5.9. Donje podroznice u smjeru x i y

### MATERIJAL

$$\begin{aligned} f_y &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ f_u &= 360 \text{ N/mm}^2 \\ \varepsilon &= 1,000 \\ E &= 210000 \text{ N/mm}^2 \\ G &= 80777 \text{ N/mm}^2 \\ \nu &= 0.3 \end{aligned}$$

### REZNE SILE

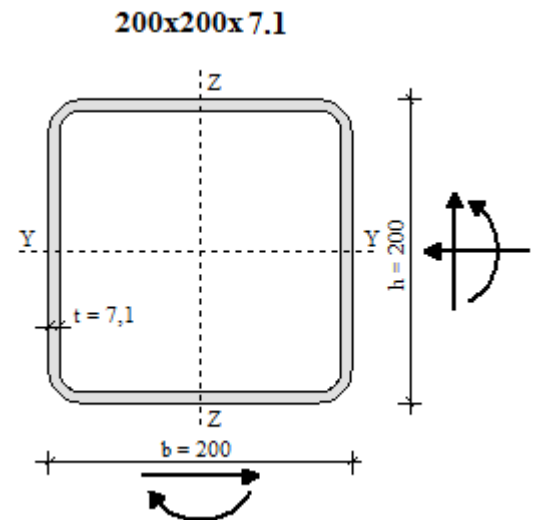
$$\begin{aligned} N_{sd} &= -172,08 \text{ kN} \\ V_{y,sd} &= 1,18 \text{ kN} \\ V_{z,sd} &= 47,24 \text{ kN} \\ M_{y,sd} &= 47,55 \text{ kNm} \\ M_{z,sd} &= -0,02 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### PARC. FAKTORI SIG.

$$\begin{aligned} \gamma_{Mo} &= 1,1 \\ \gamma_{M1} &= 1,1 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

### PARAMETRI

$$\begin{aligned} A &= 52,620 \text{ cm}^2 \\ A_y &= 22,351 \text{ cm}^2 \\ A_z &= 22,351 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 3197,067 \text{ cm}^4 \\ W_{y,y} &= 319,707 \text{ cm}^3 \\ W_{ply} &= 374,909 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 7,795 \text{ cm} \\ I_z &= 3197,067 \text{ cm}^4 \\ W_z &= 319,707 \text{ cm}^3 \\ W_{plz} &= 374,909 \text{ cm}^3 \\ i_z &= 7,795 \text{ cm} \\ I_t &= 8000,000 \text{ cm}^4 \\ I_\omega &= 0,000 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$



## KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

### HRBAT

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 25,17 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 89,26, \quad \psi = -0,60 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

### POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 25,17 \leq \frac{42}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} \cdot \varepsilon = 42,01, \quad \psi = 1,00 \Rightarrow \text{KLASA 3}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 3**

**OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA****UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$** 

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1124,15 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 172,08 \text{ kN}$$

**MOMENT SAVIJANJA  $M_{y,Sd}$** 

$$M_{y,Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 68,3 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 47,55 \text{ kNm}$$

**MOMENT SAVIJANJA  $M_{z,Sd}$** 

$$M_{z,Rd} = \frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 68,3 \text{ kNm} \geq M_{z,Sd} = 0,02 \text{ kNm}$$

**POPREČNA SILA  $V_{y,Sd}$** 

$$\frac{b - 3 \cdot t_w}{t_f} = 25,17 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 275,68 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 1,18 \text{ kN}$$

**POPREČNA SILA  $V_{z,Sd}$** 

$$\frac{h - 3 \cdot t_f}{t_w} = 25,17 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69,00$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 275,68 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 47,24 \text{ kN}$$

**INTERAKCIJA M - N - V**

$$n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = 0,153$$

$$\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{z,Rd}} = 0,696 \leq 1 - n = 0,847$$

**OTPORNOST ELEMENTA****UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91, \quad \beta_A = 1,00$$

OS Y-Y

$$l_{iy} = 270 \text{ cm}$$

$$\lambda_{iy} = \frac{l_{iy}}{i_y} = 34,64$$

$$\bar{\lambda}_{iy} = \frac{\lambda_{iy}}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,369$$

LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_y = 0,9608$$

OS Z-Z

$$l_{iz} = 270 \text{ cm}$$

$$\lambda_{iz} = \frac{l_{iz}}{i_z} = 34,64$$

$$\bar{\lambda}_{iz} = \frac{\lambda_{iz}}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,369$$

LINIJA IZVIJANJA **a**

$$\chi_z = 0,9608$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{1080,1 \text{ kN}} \geq N_{sd} = 172,08 \text{ kN}$$

**INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA**

$$\beta_{M,y} = 1,400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{M,y} - 4) = -0,443 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1,064 \leq 1,5$$

$$\beta_{M,z} = 1,400$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \cdot (2 \cdot \beta_{M,z} - 4) = -0,443 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 1,064 \leq 1,5$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,sd}}{\frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \cdot M_{z,sd}}{\frac{W_z \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0,900} \leq 1$$

ISKORISTIVOST: 90,0%

**Za donju podroznicu u smjeru x i y je odabran profil: 200x200x6,3**

## 5.10. Spregovi

### MATERIJAL

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon = 1,000$$

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 80777 \text{ N/mm}^2$$

$$\nu = 0.3$$

### REZNE SILE

$$N_{sd} = 191,87 \text{ kN}$$

### PARC. FAKTORI SIG.

$$\gamma_{M0} = 1,1$$

$$\gamma_{M1} = 1,1$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

### PARAMETRI

$$A = 9,621 \text{ cm}^2$$

$$A_y = 0,000 \text{ cm}^2$$

$$A_z = 0,000 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 7,366 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 4,209 \text{ cm}^3$$

$$W_{ply} = 7,146 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 0,875 \text{ cm}$$

$$I_z = 7,366 \text{ cm}^4$$

$$W_z = 4,209 \text{ cm}^3$$

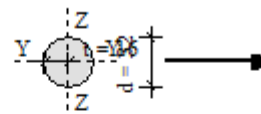
$$W_{plz} = 7,146 \text{ cm}^3$$

$$i_z = 0,875 \text{ cm}$$

$$I_t = 14,732 \text{ cm}^4$$

$$I_\omega = 0,000 \text{ cm}^6$$

### RD32



### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

$$\frac{d}{t} = 2,00 \leq 50 \cdot \varepsilon^2 = 50,00$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 1**

### OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

UZDUŽNA SILA  $N_{sd}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 205,54 \text{ kN} \geq N_{sd} = 191,87 \text{ kN}$$

ISKORISTIVOST: 93,3%

**Za spreg je odabran profil: RD 32**

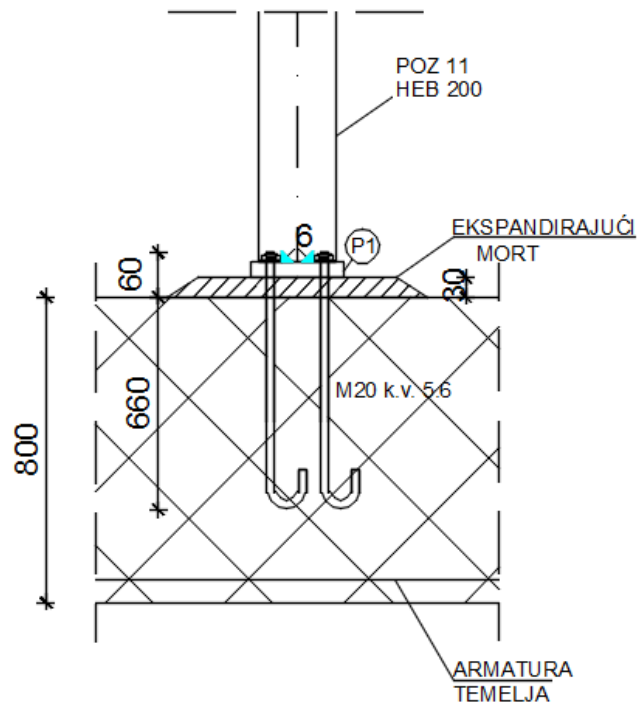
| POZICIJA              |          | PROFIL      | ISKORISTIVOST (%) |
|-----------------------|----------|-------------|-------------------|
| STUP                  |          | HEB 200     | 92,0              |
| GREDA                 |          | HEA 320     | 87,5              |
| VELIKA REŠETKA        | G. POJAS | 250x250x10  | 92,0              |
|                       | D. POJAS |             |                   |
| ISPUNA VELIKE REŠETKE |          | 180x120x6   | 90,0              |
| MALA REŠETKA          | G. POJAS | 200x200x8.8 | 102,0             |
|                       | D. POJAS |             |                   |
| ISPUNA MALE REŠETKE   |          | 120x120x5   | 92,5              |
| GORNJA PODROZNICA     | X SMJER  | 200x200x6   | 98,9              |
|                       | Y SMJER  | 120x120x5   | 84,8              |
| DONJA PODROZNICA      |          | 200x200x7.1 | 90,0              |
| SPREG                 |          | RD 32       | 93,3              |

*Tablica 5.1. Iskoristivost čeličnih profila*

## 6. PRORAČUN SPOJEVA

Dimenzioniranje spojeva je provedeno računalnim programom Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015.

### 6.1. Spoj stup temelj



*Crtež 6.1. Spoj stup temelj*

Column

Section:

HEB 200

Column base

$l_{pd} = 420$  [mm] Length  
 $b_{pd} = 240$  [mm] Width  
 $t_{pd} = 24$  [mm] Thickness

Material: S275

$f_{ypd} = 275,00$  [MPa] Resistance  
 $f_{upd} = 430,00$  [MPa] Yield strength of a material

Anchorage

The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

Class = 5.6 Anchor class  
 $f_{yb} = 300,00$  [MPa] Yield strength of the anchor material  
 $f_{ub} = 500,00$  [MPa] Tensile strength of the anchor material  
 $d = 20$  [mm] Bolt diameter  
 $A_s = 245$  [mm<sup>2</sup>] Effective section area of a bolt  
 $A_v = 314$  [mm<sup>2</sup>] Area of bolt section



The shear plane passes through the UNTHREADED portion of the bolt.

Class = 5.6 Anchor class  
 $n_H = 2$  Number of bolt columns  
 $n_V = 2$  Number of bolt rows  
 Horizontal spacing  $e_{Hi} = 320$  [mm]  
 Vertical spacing  $e_{Vi} = 140$  [mm]

#### Anchor dimensions

$L_1 = 60$  [mm]  
 $L_2 = 660$  [mm]  
 $L_3 = 120$  [mm]  
 $L_4 = 100$  [mm]

#### Washer

$l_{wd} = 50$  [mm] Length  
 $b_{wd} = 60$  [mm] Width  
 $t_{wd} = 10$  [mm] Thickness

#### Grout layer

$t_g = 30$  [mm] Thickness of leveling layer (grout)  
 $f_{ck,g} = 12,00$  [MPa] Characteristic resistance for compression  
 $C_{f,d} = 0,30$  Coeff. of friction between the base plate and concrete

#### Welds

$a_p = 6$  [mm] Footing plate of the column base

#### Loads

Case: Manual calculations.

$N_{j,Ed} = -719,55$  [kN] Axial force  
 $V_{j,Ed,z} = -0,34$  [kN] Shear force  
 $M_{j,Ed,y} = 2,45$  [kN\*m] Bending moment

#### Connection capacity check

|                                       |               |          |        |
|---------------------------------------|---------------|----------|--------|
| $N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24) | $0,40 < 1,00$ | verified | (0,40) |
|---------------------------------------|---------------|----------|--------|

|  |               |
|--|---------------|
| $e_y = 3$ [mm] Axial force eccentricity                      | [6.2.8.3]     |
| $z_{c,y} = 92$ [mm] Lever arm $F_{C,Rd,y}$                   | [6.2.8.1.(2)] |
| $z_{t,y} = 160$ [mm] Lever arm $F_{T,Rd,y}$                  | [6.2.8.1.(3)] |
| $M_{j,Rd,y} = 5,00$ [kN*m] Connection resistance for bending | [6.2.8.3]     |

|   |               |          |        |
|---|---------------|----------|--------|
| $M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23) | $0,49 < 1,00$ | verified | (0,49) |
|---|---------------|----------|--------|

**SHEAR CHECK**

|  |                                 |          |             |
|--|---------------------------------|----------|-------------|
| $V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,ep}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$ |                                 |          |             |
| $V_{j,Rd,z} = 261,18$ [kN]   | Connection resistance for shear |          | CEB [9.3.1] |
| $V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   | 0,00 < 1,00                     | verified | (0,00)      |

**Welds between the column and the base plate**

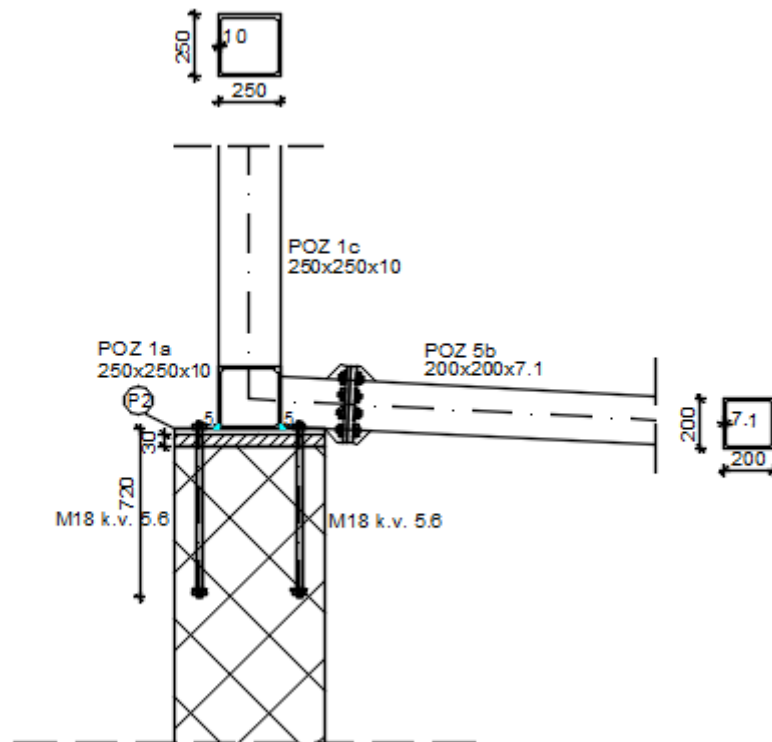
|  |   |          |             |
|--|---|----------|-------------|
| $\sigma_{\perp} = 60,69$ [MPa]   | Normal stress in a weld                 |          | [4.5.3.(7)] |
| $\sigma_{\perp} = 60,69$ [MPa]   | Perpendicular tangent stress            |          | [4.5.3.(7)] |
| $\sigma_{\parallel} = 0,00$ [MPa]  | Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,y}$ |          | [4.5.3.(7)] |
| $\sigma_{\parallel} = -0,17$ [MPa]   | Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,z}$ |          | [4.5.3.(7)] |
| $\alpha_w = 0,85$  | Resistance-dependent coefficient        |          | [4.5.3.(7)] |
| $\sigma_{\perp} / (0,9 \cdot f_w / \sqrt{a_2}) \leq 1,0$ (4.1)   | 0,20 < 1,00                             | verified | (0,20)      |
| $\sigma_{\perp} (\sqrt{a_1^2 + 3,0 (\sqrt{a_1} + \sqrt{a_2})}) / (f_w (\sqrt{a_1} + \sqrt{a_2})) \leq 1,0$ (4.1) | 0,30 < 1,00                             | verified | (0,30)      |
| $\sigma_{\perp} (\sqrt{a_1^2 + 3,0 (\sqrt{a_1} + \sqrt{a_2})}) / (f_w (\sqrt{a_1} + \sqrt{a_2})) \leq 1,0$ (4.1) | 0,30 < 1,00                             | verified | (0,30)      |

**Connection stiffness****Bending moment  $M_{j,Ed,y}$** 

|  |  |  |               |
|--|--|--|---------------|
| $b_{eff} = 95$ [mm]  | Effective width of the bearing pressure zone under the flange  |  | [6.2.5.(3)]   |
| $l_{eff} = 240$ [mm]   | Effective length of the bearing pressure zone under the flange |  | [6.2.5.(3)]   |
| $k_{13,y} = E_c \cdot \frac{b_{eff} \cdot l_{eff}}{(1,275 \cdot E)}$ |  |  |               |
| $k_{13,y} = 14$ [mm]   | Stiffness coeff. of compressed concrete                        |  | [Table 6.11]  |
| $l_{eff} = 120$ [mm]   | Effective length for a single bolt for mode 2                  |  | [6.2.6.5]     |
| $m = 53$ [mm]  | Distance of a bolt from the stiffening edge                    |  | [6.2.6.5]     |
| $k_{15,y} = 0,425 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$                 |  |  |               |
| $k_{15,y} = 5$ [mm]  | Stiffness coeff. of the base plate subjected to tension        |  | [Table 6.11]  |
| $L_b = 234$ [mm]   | Effective anchorage depth                                      |  | [Table 6.11]  |
| $k_{16,y} = 1,6 \cdot A_b / L_b$                                     |  |  |               |
| $k_{16,y} = 2$ [mm]  | Stiffness coeff. of an anchor subjected to tension             |  | [Table 6.11]  |
| $\lambda_{b,y} = 0,68$   | Column slenderness   |  | [5.2.2.5.(2)] |
| $S_{j,ini,y} = 50730,22$ [kN*m]                                      | Initial rotational stiffness                                   |  | [Table 6.12]  |
| $S_{j,rig,y} = 70060,80$ [kN*m]                                      | Stiffness of a rigid connection                                |  | [5.2.2.5]     |
| $S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$  | SEMI-RIGID   |  | [5.2.2.5.(2)] |

**Connection conforms to the code** Ratio 0,49

## 6.2. Spoj rešetke s betonskim stupom



Crtež 6.2. Spoj rešetke s betonskim stupom

### Column

|             |            |       |                              |
|-------------|------------|-------|------------------------------|
| Section:    | 250*250*10 |       |                              |
| $l_{pd} =$  | 600        | [mm]  | Length                       |
| $b_{pd} =$  | 600        | [mm]  | Width                        |
| $t_{pd} =$  | 25         | [mm]  | Thickness                    |
| Material:   | S275       |       |                              |
| $f_{ypd} =$ | 275,00     | [MPa] | Resistance                   |
| $f_{upd} =$ | 430,00     | [MPa] | Yield strength of a material |

### Anchorage

The shear plane passes through the THREADED portion of the bolt.

|            |        |                    |   |
|------------|--------|--------------------|---|
| Class =    | 5.6    |                    | Anchor class                            |
| $f_{yb} =$ | 300,00 | [MPa]              | Yield strength of the anchor material   |
| $f_{ub} =$ | 500,00 | [MPa]              | Tensile strength of the anchor material |
| $d =$      | 18     | [mm]               | Bolt diameter                           |
| $A_s =$    | 192    | [mm <sup>2</sup> ] | Effective section area of a bolt        |
| $A_v =$    | 254    | [mm <sup>2</sup> ] | Area of bolt section                    |
| $n_v =$    | 2      |                    | Number of bolt columns                  |
| $n_H =$    | 2      |                    | Number of bolt rows                     |
| $e_H =$    | 450    | [mm]               | Horizontal spacing                      |
| $e_v =$    | 300    | [mm]               | Vertical spacing                        |

**Anchor dimensions**

|         |     |      |
|---------|-----|------|
| $L_1 =$ | 60  | [mm] |
| $L_2 =$ | 660 | [mm] |
| $L_3 =$ | 120 | [mm] |

**Anchor plate**

|           |        |       |            |
|-----------|--------|-------|------------|
| $l_p =$   | 100    | [mm]  | Length     |
| $b_p =$   | 100    | [mm]  | Width      |
| $t_p =$   | 10     | [mm]  | Thickness  |
| Material: | S275   |       |            |
| $f_y =$   | 275,00 | [MPa] | Resistance |

**Washer**

|            |    |      |           |
|------------|----|------|-----------|
| $l_{wd} =$ | 50 | [mm] | Length    |
| $b_{wd} =$ | 60 | [mm] | Width     |
| $t_{wd} =$ | 10 | [mm] | Thickness |

**Grout layer**

|              |       |       |  |
|--------------|-------|-------|--|
| $t_g =$      | 30    | [mm]  | Thickness of leveling layer (grout)                    |
| $f_{ck,g} =$ | 12,00 | [MPa] | Characteristic resistance for compression              |
| $C_{f,d} =$  | 0,30  |       | Coeff. of friction between the base plate and concrete |

**Welds**

|         |   |      |                                  |
|---------|---|------|----------------------------------|
| $a_p =$ | 5 | [mm] | Footing plate of the column base |
|---------|---|------|----------------------------------|

**Loads**

Case: Manual calculations.

|                |         |      |             |
|----------------|---------|------|-------------|
| $N_{j,Ed} =$   | -352,73 | [kN] | Axial force |
| $V_{j,Ed,y} =$ | -28,14  | [kN] | Shear force |
| $V_{j,Ed,z} =$ | 45,35   | [kN] | Shear force |

**Results****RESISTANCES OF SPREAD FOOTING IN THE COMPRESSION ZONE**

$$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$$

$$N_{j,Rd} = 3096,96 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistance of a spread footing for axial compression} \quad [6.2.8.2.(1)]$$

**Connection capacity check**

|                                       |               |          |        |
|---------------------------------------|---------------|----------|--------|
| $N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24) | $0,11 < 1,00$ | verified | (0,11) |
|---------------------------------------|---------------|----------|--------|

**Shear**

**BEARING PRESSURE OF AN ANCHOR BOLT ONTO THE BASE PLATE****Shear force  $V_{j,Ed,y}$** 

$a_{d,y} = 2,50$  Coeff. taking account of the bolt position - in the direction of shear [Table 3.4]

$a_{b,y} = 1,00$  Coeff. for resistance calculation  $F_{1,vb,Rd}$  [Table 3.4]

$k_{1,y} = 2,50$  Coeff. taking account of the bolt position - perpendicularly to the direction of shear [Table 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} * a_{b,y} * f_{up} * d * t_p / g_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,y} = 387,00$  [kN] Resistance of an anchor bolt for bearing pressure onto the base plate [6.2.2.(7)]

**Shear force  $V_{j,Ed,z}$** 

$a_{d,z} = 1,25$  Coeff. taking account of the bolt position - in the direction of shear [Table 3.4]

$a_{b,z} = 1,00$  Coeff. for resistance calculation  $F_{1,vb,Rd}$  [Table 3.4]

$k_{1,z} = 2,50$  Coeff. taking account of the bolt position - perpendicularly to the direction of shear [Table 3.4]

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} * a_{b,z} * f_{up} * d * t_p / g_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,z} = 387,00$  [kN] Resistance of an anchor bolt for bearing pressure onto the base plate [6.2.2.(7)]

**SHEAR OF AN ANCHOR BOLT**

$a_b = 0,35$  Coeff. for resistance calculation  $F_{2,vb,Rd}$  [6.2.2.(7)]

$A_{sb} = 192$  [mm<sup>2</sup>] Effective section area of a bolt [6.2.2.(7)]

$f_{ub} = 500,00$  [MPa] Tensile strength of the anchor material [6.2.2.(7)]

$g_{M2} = 1,25$  Partial safety factor [6.2.2.(7)]

$$F_{2,vb,Rd} = a_b * f_{ub} * A_{sb} / g_{M2}$$

$F_{2,vb,Rd} = 26,88$  [kN] Shear resistance of a bolt - without lever arm [6.2.2.(7)]

$a_M = 2,00$  Factor related to the fastening of an anchor in the foundation CEB [9.3.2.2]

$M_{Rk,s} = 0,26$  [kN\*m] Characteristic bending resistance of an anchor CEB [9.3.2.2]

$l_{sm} = 52$  [mm] Lever arm length CEB [9.3.2.2]

$g_{Ms} = 1,20$  Partial safety factor CEB [3.2.3.2]

$$F_{v,Rd,sm} = a_M * M_{Rk,s} / (l_{sm} * g_{Ms})$$

$F_{v,Rd,sm} = 8,34$  [kN] Shear resistance of a bolt - with lever arm CEB [9.3.1]

**CONCRETE PRY-OUT FAILURE**

$N_{Rk,c} = 23,91$  [kN] Design uplift capacity CEB [9.2.4]

$k_3 = 2,00$  Factor related to the anchor length CEB [9.3.3]

$g_{Mc} = 2,16$  Partial safety factor CEB [3.2.3.1]

$$F_{v,Rd,cp} = k_3 * N_{Rk,c} / g_{Mc}$$

$F_{v,Rd,cp} = 22,14$  [kN] Concrete resistance for pry-out failure CEB [9.3.1]

**CONCRETE EDGE FAILURE****Shear force  $V_{j,Ed,y}$** 

$V_{Rk,c,y}^0 = 148,9$  [kN] Characteristic resistance of an anchor CEB [9.3.4.(a)]

$y_{A,v,y} = 0,33$  Factor related to anchor spacing and edge distance CEB [9.3.4]

$y_{h,v,y} = 1,00$  Factor related to the foundation thickness CEB [9.3.4.(c)]

$y_{s,v,y} = 0,80$  Factor related to the influence of edges parallel to the shear load direction CEB [9.3.4.(d)]

$y_{ec,v,y} = 1,00$  Factor taking account a group effect when different shear loads are acting on the individual anchors in a group CEB [9.3.4.(e)]

**Shear force  $V_{j,Ed,y}$**

|   |              |  |                 |
|---|--------------|--|-----------------|
| $V_{Rk,c,y}^0$  | 148,9 [kN]   | Characteristic resistance of an anchor                         | CEB             |
| =   | 4 ]          |  | [9.3.4.(a)]     |
| $y_{a,V,y}$   | = 1,00       | Factor related to the angle at which the shear load is applied | CEB [9.3.4.(f)] |
| $y_{ucr,V,y}$   | = 1,00       | Factor related to the type of edge reinforcement used          | CEB [9.3.4.(g)] |
| $g_{Mc}$  | = 2,16       | Partial safety factor  | CEB [3.2.3.1]   |
| $F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y}^0 * y_{A,V,y} * y_{h,V,y} * y_{s,V,y} * y_{ec,V,y} * y_{a,V,y} * y_{ucr,V,y} / g_{Mc}$ |              |  |                 |
| $F_{v,Rd,c,y}$  | = 18,39 [kN] | Concrete resistance for edge failure                           | CEB [9.3.1]     |

**Shear force  $V_{j,Ed,z}$**

|   |              |   |                 |
|---|--------------|---|-----------------|
| $V_{Rk,c,z}^0$  | 52,6 [kN]    | Characteristic resistance of an anchor  | CEB             |
| =   | 6 ]          |   | [9.3.4.(a)]     |
| $y_{A,V,z}$   | = 1,00       | Factor related to anchor spacing and edge distance  | CEB [9.3.4]     |
| $y_{h,V,z}$   | = 1,00       | Factor related to the foundation thickness  | CEB [9.3.4.(c)] |
| $y_{s,V,z}$   | = 1,00       | Factor related to the influence of edges parallel to the shear load direction                                   | CEB [9.3.4.(d)] |
| $y_{ec,V,z}$  | = 1,00       | Factor taking account a group effect when different shear loads are acting on the individual anchors in a group | CEB [9.3.4.(e)] |
| $y_{a,V,z}$   | = 1,00       | Factor related to the angle at which the shear load is applied  | CEB [9.3.4.(f)] |
| $y_{ucr,V,z}$   | = 1,00       | Factor related to the type of edge reinforcement used   | CEB [9.3.4.(g)] |
| $g_{Mc}$  | = 2,16       | Partial safety factor   | CEB [3.2.3.1]   |
| $F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z}^0 * y_{A,V,z} * y_{h,V,z} * y_{s,V,z} * y_{ec,V,z} * y_{a,V,z} * y_{ucr,V,z} / g_{Mc}$ |              |   |                 |
| $F_{v,Rd,c,z}$  | = 24,38 [kN] | Concrete resistance for edge failure  | CEB [9.3.1]     |

**SPLITTING RESISTANCE**

|                                 |               |  |             |
|---------------------------------|---------------|--|-------------|
| $C_{f,d}$                       | = 0,30        | Coeff. of friction between the base plate and concrete | [6.2.2.(6)] |
| $N_{c,Ed}$                      | = 352,73 [kN] | Compressive force                                      | [6.2.2.(6)] |
| $F_{f,Rd} = C_{f,d} * N_{c,Ed}$ |               |  |             |
| $F_{f,Rd}$                      | = 105,82 [kN] | Slip resistance  | [6.2.2.(6)] |

**SHEAR CHECK**

|  |               |                                 |             |
|--|---------------|---------------------------------|-------------|
| $V_{j,Rd,y} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{f,Rd}$ |               |                                 |             |
| $V_{j,Rd,y}$   | = 139,17 [kN] | Connection resistance for shear | CEB [9.3.1] |
| $V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$   | 0,20 < 1,00   | verified                        | (0,20)      |
| $V_{j,Rd,z} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$ |               |                                 |             |
| $V_{j,Rd,z}$   | = 139,17 [kN] | Connection resistance for shear | CEB [9.3.1] |
| $V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   | 0,33 < 1,00   | verified                        | (0,33)      |
| $V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   | 0,53 < 1,00   | verified                        | (0,53)      |

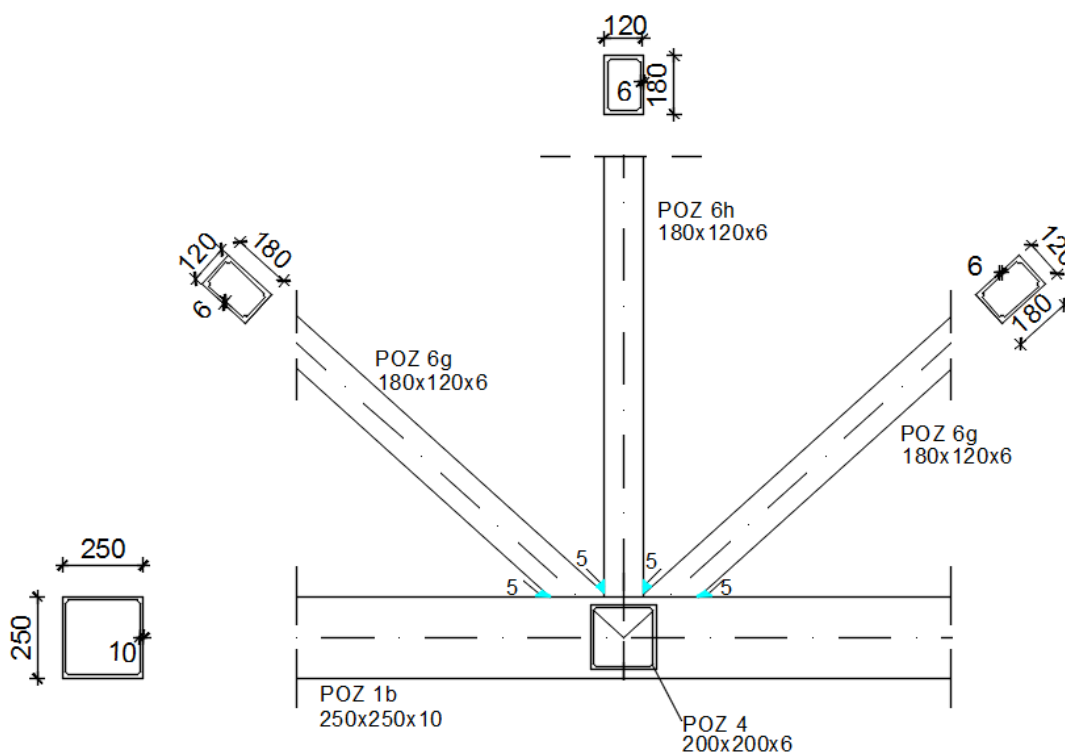
**Welds between the column and the base plate**

|  |        |       |   |                 |
|--|--------|-------|---|-----------------|
| $s^{\perp} =$  | 37,41  | [MPa] | Normal stress in a weld                 | [4.5.3.(7)]     |
| $t^{\perp} =$  | 37,41  | [MPa] | Perpendicular tangent stress            | [4.5.3.(7)]     |
| $t_{yII} =$  | -11,26 | [MPa] | Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,y}$ | [4.5.3.(7)]     |
| $t_{zII} =$  | 18,14  | [MPa] | Tangent stress parallel to $V_{j,Ed,z}$ | [4.5.3.(7)]     |
| $b_w =$  | 0,85   |       | Resistance-dependent coefficient        | [4.5.3.(7)]     |
| $s^{\perp} / (0,9 \cdot f_u / g_{M2}) \leq 1,0$ (4.1)  |        |       | 0,12 < 1,00                             | verified (0,12) |
| $\sqrt{(s^{\perp 2} + 3,0 (t_{yII}^2 + t^{\perp 2}))} / (f_u / (b_w \cdot g_{M2})) \leq 1,0$ (4.1) |        |       | 0,19 < 1,00                             | verified (0,19) |
| $\sqrt{(s^{\perp 2} + 3,0 (t_{zII}^2 + t^{\perp 2}))} / (f_u / (b_w \cdot g_{M2})) \leq 1,0$ (4.1) |        |       | 0,20 < 1,00                             | verified (0,20) |

**Connection conforms to the code**

**Ratio 0,53**

### 6.3. KT spoj nosača i ispune velike rešetke



Crtež 6.3. KT spoj nosača i ispune velike rešetke

#### Bars

|                  |                | Chord      | Diagonal 1 | Diagonal 2 | Post      |     |
|------------------|----------------|------------|------------|------------|-----------|-----|
| <b>Section:</b>  |                | 250*250*10 | 180*120*6  | 180*120*6  | 180*120*6 |     |
|                  | h              | 250        | 120        | 120        | 120       | mm  |
|                  | b <sub>f</sub> | 250        | 180        | 180        | 180       | mm  |
|                  | t <sub>w</sub> | 10         | 6          | 6          | 6         | mm  |
|                  | t <sub>f</sub> | 10         | 6          | 6          | 6         | mm  |
|                  | r              | 0          | 0          | 0          | 0         | mm  |
| <b>Material:</b> |                | S275       | S275       | S275       | S275      |     |
|                  | f <sub>y</sub> | 275,00     | 275,00     | 275,00     | 275,00    | MPa |
|                  | f <sub>u</sub> | 430,00     | 430,00     | 430,00     | 430,00    | MPa |
| <b>Angle</b>     | □              | 0,0        | 42,0       | 42,0       | 90,0      | Deg |
| <b>Length</b>    | l              | 5000       | 3360       | 3360       | 2250      | mm  |

#### Offset

e<sub>0</sub> = 21 [mm] Offset

#### Spacings

g<sub>1</sub> = 13 [mm] Spacing of 1st diagonal

g<sub>2</sub> = 13 [mm] Spacing of 2nd diagonal

#### Welds

a<sub>d</sub> = 5 [mm] Thickness of welds of diagonals and posts



## Loads

Case: Manual calculations.

### Chord

$N_{01,Ed} = 1444,58$  [kN] Axial force  
 $M_{01,Ed} = 15,71$  [kN\*m] Bending moment

$N_{02,Ed} = 0,00$  [kN] Axial force  
 $M_{02,Ed} = 0,00$  [kN\*m] Bending moment

### Diagonal 1

$N_1 = -270,72$  [kN] Axial force  
 $M_1 = 1,83$  [kN\*m] Bending moment

### Diagonal 2

$N_2 = 142,40$  [kN] Axial force  
 $M_2 = 2,25$  [kN\*m] Bending moment

### Post

$N_3 = 23,41$  [kN] Axial force  
 $M_3 = -0,60$  [kN\*m] Bending moment

## Results

### Consider non-axial connection of members in the node

$M_0 = 31,01$  [kN\*m] Additional moment from eccentric connection of members  $M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$   
 $\square EJ_i/L_i = 16906096,50$  [kN\*m] Overall connection stiffness  
 $\square M_{b1} = 13,89$  [kN\*m] Additional moment in the chord  
 $\square M_{b2} = 13,89$  [kN\*m] Additional moment in the chord  
 $\square M_d = 0,93$  [kN\*m] Additional moment in the diagonal  
 $\square M_i = 0,93$  [kN\*m] Additional moment in the diagonal  
 $\square M_b = 1,38$  [kN\*m] Additional moment in the diagonal

### Capacity verification Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005

$\square M_5 = 1,00$  Partial safety factor [Table 2.1]

### Geometrical parameters

$\square = 0,60$  Coefficient taking account of geometry of connection bars  $\square = (b + h_2 + b_1 + h_1 + b_3 + h_3) / (6 * b_0)$  [1.5 (6)]  
 $\square = 12,50$  Coefficient taking account of geometry of the chord  $\square = b / (2 * t_0)$  [1.5 (6)]  
 $n = 0,55$  Coefficient taking account of stresses in the chord  $n_0 = \sqrt{E} / f_{y0}$   
 $k_n = 1,00$  Coefficient taking account of stresses in the chord  $k_n = 1.0$

### Tube chord face failure

### Diagonal 2

$$N_{2,Rd} = 775,92 \text{ [kN]} \quad \text{Tension capacity} \quad N_{2,Rd} = [8.9 * k_n * f_{y0} * t_0^{2*}] \quad \frac{[1] * [3]}{[\sin] [4]} \\ |N_2| \leq N_{2,Rd} \quad |142,40| < 775,92 \quad \text{verified} \quad (0,18)$$

$$M_{2,Rd} = 17,83 \text{ [kN*m]} \quad \text{Bending resistance} \quad M_{2,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^{2*} h_2 * [1/(2* \frac{[1]}{[2]} + 2 * \frac{[1]}{[2]} * \frac{[1]}{[2]})] / [\sigma_s] \\ |M_{2+}| \leq M_{2,Rd} \quad |3,18| < 17,83 \quad \text{verified} \quad (0,18)$$

$$N_2/N_{2,Rd} + (M_{2+} / M_{2,Rd}) \leq 1 \quad 0,36 < 1,00 \quad \text{verified} \quad (0,36)$$

### Diagonal 1

$$N_{1,Rd} = 775,92 \text{ [kN]} \quad \text{Compression capacity} \quad N_{1,Rd} = [8.9 * k_n * f_{y0} * t_0^{2*}] \quad \frac{[1] * [3]}{[\sin] [4]} \\ |N_1| \leq N_{1,Rd} \quad |-270,72| < 775,92 \quad \text{verified} \quad (0,35)$$

$$M_{1,Rd} = 17,83 \text{ [kN*m]} \quad \text{Bending resistance} \quad M_{1,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^{2*} h_1 * [1/(2* \frac{[1]}{[2]} + 2 * \frac{[1]}{[2]} * \frac{[1]}{[2]})] / [\sigma_s] \\ |M_{1+}| \leq M_{1,Rd} \quad |2,76| < 17,83 \quad \text{verified} \quad (0,15)$$

$$N_1/N_{1,Rd} + (M_{1+} / M_{1,Rd}) \leq 1 \quad 0,50 < 1,00 \quad \text{verified} \quad (0,50)$$

### Post

$$N_{3,Rd} = 519,19 \text{ [kN]} \quad \text{Tension capacity} \quad N_{3,Rd} = [8.9 * k_n * f_{y0} * t_0^{2*}] \quad \frac{[1] * [3]}{[\sin] [4]} \\ |N_3| \leq N_{3,Rd} \quad |23,41| < 519,19 \quad \text{verified} \quad (0,05)$$

$$M_{3,Rd} = 17,83 \text{ [kN*m]} \quad \text{Bending resistance} \quad M_{3,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^{2*} h_3 * [1/(2* \frac{[1]}{[2]} + 2 * \frac{[1]}{[2]} * \frac{[1]}{[2]})] / [\sigma_s] \\ |M_{3+}| \leq M_{3,Rd} \quad |0,78| < 17,83 \quad \text{verified} \quad (0,04)$$

$$N_3/N_{3,Rd} + (M_{3+} / M_{3,Rd}) \leq 1 \quad 0,09 < 1,00 \quad \text{verified} \quad (0,09)$$

### Diagonal 2

$$b_{eff} = 120 \text{ [mm]} \quad \text{Effective width in the connection of the diagonal to the chord} \quad b_{eff} = [10/(b_0/t_0)] * [(f_{y0} * t_0)/(f_{y2} * t_2)] * b_2$$

$$N_{2,Rd} = 851,40 \text{ [kN]} \quad \text{Tension capacity} \quad N_{2,Rd} = f_{y2} * t_2 * (2 * h_2 - 4 * t_2 + b_2 + b_{eff}) / [\sigma_s] \\ |N_2| \leq N_{2,Rd} \quad |142,40| < 851,40 \quad \text{verified} \quad (0,17)$$

### Diagonal 1

$$b_{eff} = 120 \text{ [mm]} \quad \text{Effective width in the connection of the diagonal to the chord} \quad b_{eff} = [10/(b_0/t_0)] * [(f_{y0} * t_0)/(f_{y1} * t_1)] * b_1$$

$$N_{1,Rd} = 851,40 \text{ [kN]} \quad \text{Compression capacity} \quad N_{1,Rd} = f_{y1} * t_1 * (2 * h_1 - 4 * t_1 + b_1 + b_{eff}) / \alpha \quad (0,32)$$

$$|N_1| \leq N_{1,Rd} \quad |-270,72| < 851,40 \quad \text{verified}$$

Post

$$b_{eff} = 120 \text{ [mm]} \quad \text{Effective width in the connection of the post to the chord} \quad b_{eff} = [10 / (b_0 / t_0)] * [(f_{y0} * t_0) / (f_{y3} * t_3)] * b_3$$

$$N_{3,Rd} = 851,40 \text{ [kN]} \quad \text{Tension capacity} \quad N_{3,Rd} = f_{y3} * t_3 * (2 * h_3 - 4 * t_3 + b_3 + b_{eff}) / \alpha \quad (0,03)$$

$$|N_3| \leq N_{3,Rd} \quad |23,41| < 851,40 \quad \text{verified}$$

Diagonal 2

$$A_v = 5148 \text{ [mm}^2\text{]} \quad \text{Shear area of the chord} \quad A_v = (2 * h_0 + b) * t_0$$

$$N_{2,Rd} = 1221,53 \text{ [kN]} \quad \text{Tension capacity} \quad N_{2,Rd} = f_{y0} * A_v / \alpha \quad (0,12)$$

$$|N_2| \leq N_{2,Rd} \quad |142,40| < 1221,53 \quad \text{verified}$$

Diagonal 1

$$A_v = 5148 \text{ [mm}^2\text{]} \quad \text{Shear area of the chord} \quad A_v = (2 * h_0 + b) * t_0$$

$$N_{1,Rd} = 1221,53 \text{ [kN]} \quad \text{Compression capacity} \quad N_{1,Rd} = f_{y0} * A_v / \alpha \quad (0,22)$$

$$|N_1| \leq N_{1,Rd} \quad |-270,72| < 1221,53 \quad \text{verified}$$

Post

$$A_v = 5148 \text{ [mm}^2\text{]} \quad \text{Shear area of the chord} \quad A_v = (2 * h_0 + b) * t_0$$

$$N_{3,Rd} = 817,36 \text{ [kN]} \quad \text{Tension capacity} \quad N_{3,Rd} = f_{y0} * A_v / \alpha \quad (0,03)$$

$$|N_3| \leq N_{3,Rd} \quad |23,41| < 817,36 \quad \text{verified}$$

Chord resistance

$$V_{pl,Rd} = 817,36 \text{ [kN]} \quad \text{Plastic resistance for shear} \quad V_{pl,Rd} = (A_v * f_{y0}) / \alpha \quad (0,22)$$

$$|V_{Ed}| \leq V_{pl,Rd} \quad |181,15| < 817,36 \quad \text{verified}$$

$$N_{0,Rd} = 2604,79 \text{ [kN]} \quad \text{Tension capacity} \quad N_{0,Rd} = [(A_0 - A_v) * f_{y0} + A_v * f_{y0} * \sqrt{(V_{Ed} / V_{pl,Rd})^2}] / \alpha \quad (0,55)$$

$$|N_{01}| \leq N_{0,Rd} \quad |1444,58| < 2604,79 \quad \text{verified}$$

## Verification of welds

Diagonal 2

$$\alpha_v = 0,85 \quad \text{Correlation coefficient} \quad [\text{Table 4.1}]$$

$$\alpha_{M2} = 1,25 \quad \text{Partial safety factor} \quad [\text{Table 2.1}]$$

## Longitudinal weld

$$\sigma = 18,75 \text{ [MPa]} \quad \text{Normal stress in a weld}$$

$$\sigma_{\perp} = 18,75 \text{ [MPa]} \quad \text{Perpendicular tangent stress}$$

$$\sigma_{\parallel} = 29,45 \text{ [MPa]} \quad \text{Tangent stress}$$

$$|\sigma| \leq 0,9 * f_u / \alpha \quad |18,75| < 309,60 \quad \text{verified} \quad (0,06)$$

|  |       |       |                         |          |        |
|--|-------|-------|-------------------------|----------|--------|
| $\sigma_{\perp} =$   | 18,75 | [MPa] | Normal stress in a weld |          |        |
| $\sigma[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2)] \leq f_u / (\gamma_w * \gamma_{M2})$ | 63,31 | <     | 404,71                  | verified | (0,16) |

## Transverse inner weld

|  |       |       |                              |          |        |
|--|-------|-------|------------------------------|----------|--------|
| $\sigma_{\perp} =$   | 23,75 | [MPa] | Normal stress in a weld      |          |        |
| $\sigma_{\perp} =$   | 6,89  | [MPa] | Perpendicular tangent stress |          |        |
| $\sigma_{\parallel} =$   | 0,00  | [MPa] | Tangent stress               |          |        |
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 * f_u / \gamma_w$   | 23,75 | <     | 309,60                       | verified | (0,08) |
| $\sigma[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2)] \leq f_u / (\gamma_w * \gamma_{M2})$ | 26,59 | <     | 404,71                       | verified | (0,07) |

## Transverse outer weld

|  |        |       |                              |          |        |
|--|--------|-------|------------------------------|----------|--------|
| $\sigma_{\perp} =$   | -12,37 | [MPa] | Normal stress in a weld      |          |        |
| $\sigma_{\perp} =$   | 16,36  | [MPa] | Perpendicular tangent stress |          |        |
| $\sigma_{\parallel} =$   | 0,00   | [MPa] | Tangent stress               |          |        |
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 * f_u / \gamma_w$   | -12,37 | <     | 309,60                       | verified | (0,04) |
| $\sigma[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2)] \leq f_u / (\gamma_w * \gamma_{M2})$ | 30,92  | <     | 404,71                       | verified | (0,08) |

Diagonal 1

|                 |      |  |                         |  |             |
|-----------------|------|--|-------------------------|--|-------------|
| $\rho_v =$      | 0,85 |  | Correlation coefficient |  | [Table 4.1] |
| $\gamma_{M2} =$ | 1,25 |  | Partial safety factor   |  | [Table 2.1] |

## Longitudinal weld

|  |        |       |                              |          |        |
|--|--------|-------|------------------------------|----------|--------|
| $\sigma_{\perp} =$   | -35,65 | [MPa] | Normal stress in a weld      |          |        |
| $\sigma_{\perp} =$   | -35,65 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |          |        |
| $\sigma_{\parallel} =$   | -55,99 | [MPa] | Tangent stress               |          |        |
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 * f_u / \gamma_w$   | -35,65 | <     | 309,60                       | verified | (0,12) |
| $\sigma[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2)] \leq f_u / (\gamma_w * \gamma_{M2})$ | 120,36 | <     | 404,71                       | verified | (0,30) |

## Transverse inner weld

|  |        |       |                              |          |        |
|--|--------|-------|------------------------------|----------|--------|
| $\sigma_{\perp} =$   | -35,12 | [MPa] | Normal stress in a weld      |          |        |
| $\sigma_{\perp} =$   | 13,04  | [MPa] | Perpendicular tangent stress |          |        |
| $\sigma_{\parallel} =$   | 0,00   | [MPa] | Tangent stress               |          |        |
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 * f_u / \gamma_w$   | -35,12 | <     | 309,60                       | verified | (0,11) |
| $\sigma[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2)] \leq f_u / (\gamma_w * \gamma_{M2})$ | 41,76  | <     | 404,71                       | verified | (0,10) |

## Transverse outer weld

|  |        |       |                              |          |        |
|--|--------|-------|------------------------------|----------|--------|
| $\sigma_{\perp} =$   | -2,63  | [MPa] | Normal stress in a weld      |          |        |
| $\sigma_{\perp} =$   | -41,14 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |          |        |
| $\sigma_{\parallel} =$   | 0,00   | [MPa] | Tangent stress               |          |        |
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 * f_u / \gamma_w$   | -2,63  | <     | 309,60                       | verified | (0,01) |
| $\sigma[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2)] \leq f_u / (\gamma_w * \gamma_{M2})$ | 71,30  | <     | 404,71                       | verified | (0,18) |

Post

|                 |      |  |                         |  |             |
|-----------------|------|--|-------------------------|--|-------------|
| $\rho_v =$      | 0,85 |  | Correlation coefficient |  | [Table 4.1] |
| $\gamma_{M2} =$ | 1,25 |  | Partial safety factor   |  | [Table 2.1] |

Longitudinal weld

|                    |   |      |       |                              |
|--------------------|---|------|-------|------------------------------|
| $\sigma_{\perp}$   | = | 7,64 | [MPa] | Normal stress in a weld      |
| $\tau_{\perp}$     | = | 7,64 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $\tau_{\parallel}$ | = | 0,00 | [MPa] | Tangent stress               |

|  |  |                   |          |        |
|--|--|-------------------|----------|--------|
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 \cdot f_w / \sqrt{M_2}$   |  | $ 7,64  < 309,60$ | verified | (0,02) |
| $\sqrt{(\sigma_{\perp})^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp} + \tau_{\parallel})^2} \leq f_w / (\sqrt{w} \sqrt{M_2})$ |  | $15,27 < 404,71$  | verified | (0,04) |

Transverse inner weld

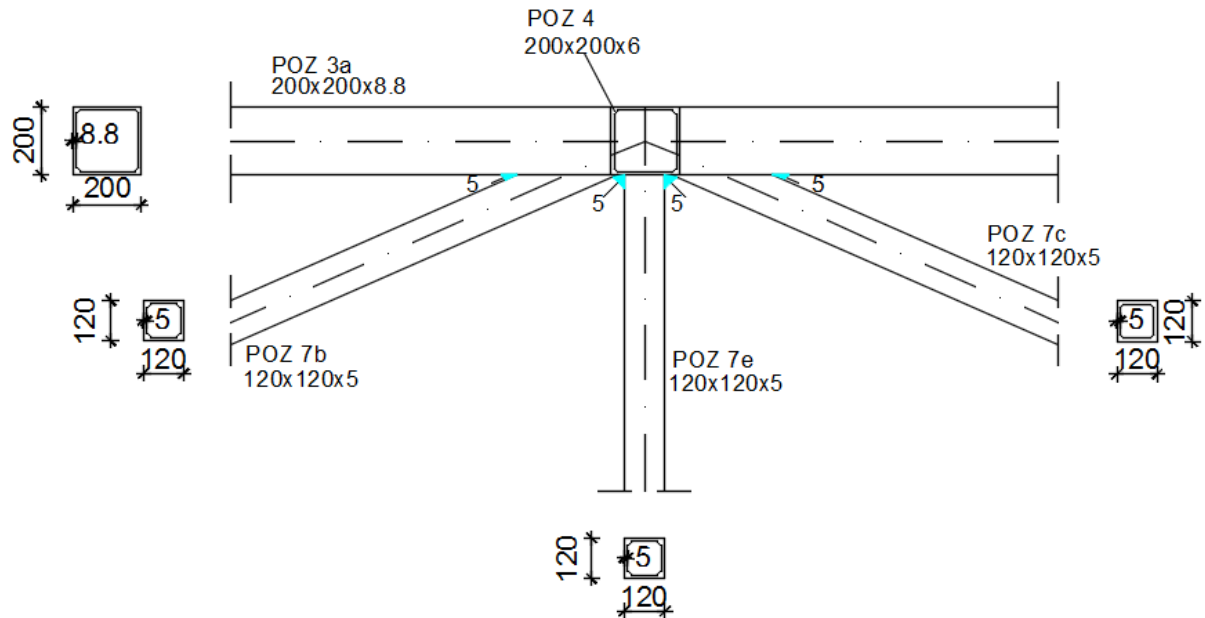
|                    |   |      |       |                              |
|--------------------|---|------|-------|------------------------------|
| $\sigma_{\perp}$   | = | 8,41 | [MPa] | Normal stress in a weld      |
| $\tau_{\perp}$     | = | 8,41 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $\tau_{\parallel}$ | = | 0,00 | [MPa] | Tangent stress               |

|  |  |                   |          |        |
|--|--|-------------------|----------|--------|
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 \cdot f_w / \sqrt{M_2}$   |  | $ 8,41  < 309,60$ | verified | (0,03) |
| $\sqrt{(\sigma_{\perp})^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp} + \tau_{\parallel})^2} \leq f_w / (\sqrt{w} \sqrt{M_2})$ |  | $16,82 < 404,71$  | verified | (0,04) |

**Connection conforms to the code**

**Ratio 0,55**

**6.4. KT spoj nosača i ispune male rešetke**



*Crtež 6.4. KT spoj nosača i ispune male rešetke*

Bars

|                 |   | Chord       | Diagonal 1 | Diagonal 2 | Post      |    |
|-----------------|---|-------------|------------|------------|-----------|----|
| <b>Section:</b> |   | 200*200*8,8 | 120*120*5  | 120*120*5  | 120*120*5 |    |
|                 | h | 200         | 120        | 120        | 120       | mm |

|                  |       | Chord  | Diagonal 1 | Diagonal 2 | Post   |     |
|------------------|-------|--------|------------|------------|--------|-----|
|                  | $b_f$ | 200    | 120        | 120        | 120    | mm  |
|                  | $t_w$ | 9      | 5          | 5          | 5      | mm  |
|                  | $t_f$ | 9      | 5          | 5          | 5      | mm  |
|                  | $r$   | 0      | 0          | 0          | 0      | mm  |
| <b>Material:</b> |       | S275   | S275       | S275       | S275   |     |
|                  | $f_y$ | 275,00 | 275,00     | 275,00     | 275,00 | MPa |
|                  | $f_u$ | 430,00 | 430,00     | 430,00     | 430,00 | MPa |
| <b>Angle</b>     | $q$   | 0,0    | 30,0       | 30,0       | 90,0   | Deg |
| <b>Length</b>    | $l$   | 5000   | 2730       | 2730       | 1100   | mm  |

### Offset

$e_0 = 37$  [mm] Offset

### Spacings

$g_1 = 58$  [mm] Spacing of 1st diagonal

$g_2 = 58$  [mm] Spacing of 2nd diagonal

### Welds

$a_d = 3$  [mm] Thickness of welds of diagonals and posts

### Loads

Case: Manual calculations.

### Chord

$N_{01,Ed} = 337,40$  [kN] Axial force

$M_{01,Ed} = -5,51$  [kN\*m] Bending moment

$N_{02,Ed} = 0,00$  [kN] Axial force

$M_{02,Ed} = 0,00$  [kN\*m] Bending moment

### Diagonal 1

$N_1 = -112,60$  [kN] Axial force

$M_1 = 1,35$  [kN\*m] Bending moment

### Diagonal 2

$N_2 = 32,89$  [kN] Axial force

$M_2 = 0,34$  [kN\*m] Bending moment

### Post

$N_3 = 44,46$  [kN] Axial force

$M_3 = 1,87$  [kN\*m] Bending moment

### Results

#### Consider non-axial connection of members in the node

$M_0 = 12,62$  [kN\*m] Additional moment from eccentric connection of members

$M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$

$SE_i J_i / L_i = 8448725,84$  [kN\*m] Overall connection stiffness

Consider non-axial connection of members in the node

|             |              |  |                                 |
|-------------|--------------|--|---------------------------------|
| $M_0 =$     | 12,62 [kN*m] | Additional moment from eccentric connection of members | $M_0 = (N_{02} - N_{01}) * e_0$ |
| $DM_{01} =$ | 5,03 [kN*m]  | Additional moment in the chord                         |                                 |
| $DM_{02} =$ | 5,03 [kN*m]  | Additional moment in the chord                         |                                 |
| $DM_2 =$    | 0,57 [kN*m]  | Additional moment in the diagonal                      |                                 |
| $DM_1 =$    | 0,57 [kN*m]  | Additional moment in the diagonal                      |                                 |
| $DM_3 =$    | 1,41 [kN*m]  | Additional moment in the diagonal                      |                                 |

Capacity verification Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005

|            |      |                       |             |
|------------|------|-----------------------|-------------|
| $g_{M5} =$ | 1,00 | Partial safety factor | [Table 2.1] |
|------------|------|-----------------------|-------------|

Geometrical parameters

|         |       |   |   |
|---------|-------|---|---|
| $b =$   | 0,60  | Coefficient taking account of geometry of connection bars | $b = (b_2 + b_1 + b_3) / (3 * b_0)$ [1.5 (6)] |
| $g =$   | 11,36 | Coefficient taking account of geometry of the chord       | $g = b_0 / (2 * t_0)$ [1.5 (6)]               |
| $n =$   | 0,18  | Coefficient taking account of stresses in the chord       | $n_0 = s_{0,Ea} / f_{y0}$                     |
| $k_n =$ | 1,00  | Coefficient taking account of stresses in the chord       | $k_n = 1.0$                                   |

Tube chord face failureDiagonal 2

|                       |             |                    |  |
|-----------------------|-------------|--------------------|--|
| $N_{2,Rd} =$          | 766,70 [kN] | Tension capacity   | $N_{2,Rd} = [8.9 * k_n * f_{y0} * t_0^2 * \ddot{O}g / \sin(q_2)] * b / g_{M5}$ |
| $ N_2  \leq N_{2,Rd}$ |             | $ 32,89  < 766,70$ | verified (0,04)  |

|                              |              |                    |  |
|------------------------------|--------------|--------------------|--|
| $M_{2,Rd} =$                 | 14,04 [kN*m] | Bending resistance | $M_{2,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^2 * h_2 * [1 / (2 * h) + 2 * \ddot{O}[1 - b] + h / (1 - b)] / g_{M5}$ |
| $ M_2 + DM_2  \leq M_{2,Rd}$ |              | $ 0,91  < 14,04$   | verified (0,06)  |

|   |  |               |                 |
|---|--|---------------|-----------------|
| $N_2 / N_{2,Rd} + (M_2 + DM_2) / M_{2,Rd} \leq 1$ |  | $0,11 < 1,00$ | verified (0,11) |
|---|--|---------------|-----------------|

Diagonal 1

|                       |             |                      |  |
|-----------------------|-------------|----------------------|--|
| $N_{1,Rd} =$          | 766,70 [kN] | Compression capacity | $N_{1,Rd} = [8.9 * k_n * f_{y0} * t_0^2 * \ddot{O}g / \sin(q_1)] * b / g_{M5}$ |
| $ N_1  \leq N_{1,Rd}$ |             | $ -112,60  < 766,70$ | verified (0,15)  |

|                              |              |                    |  |
|------------------------------|--------------|--------------------|--|
| $M_{1,Rd} =$                 | 14,04 [kN*m] | Bending resistance | $M_{1,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^2 * h_1 * [1 / (2 * h) + 2 * \ddot{O}[1 - b] + h / (1 - b)] / g_{M5}$ |
| $ M_1 + DM_1  \leq M_{1,Rd}$ |              | $ 1,92  < 14,04$   | verified (0,14)  |

|   |  |               |                 |
|---|--|---------------|-----------------|
| $N_1 / N_{1,Rd} + (M_1 + DM_1) / M_{1,Rd} \leq 1$ |  | $0,28 < 1,00$ | verified (0,28) |
|---|--|---------------|-----------------|

Post

$$N_{3,Rd} = 383,35 \quad [\text{kN}] \quad \text{Tension capacity} \quad N_{3,Rd} = [8,9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \ddot{O}g / \sin(q_3)] \cdot b / g_{M5}$$

$$|N_3| \leq N_{3,Rd} \quad |44,46| < 383,35 \quad \text{verified} \quad (0,12)$$

$$M_{3,Rd} = 14,04 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}] \quad \text{Bending resistance} \quad M_{3,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_3 \cdot [1 / (2 \cdot h) + 2 / \ddot{O}[1-b] + h / (1-b)] / g_{M5}$$

$$|M_3 + DM_3| \leq M_{3,Rd} \quad |3,28| < 14,04 \quad \text{verified} \quad (0,23)$$

$$N_3 / N_{3,Rd} + (M_3 + DM_3) / M_{3,Rd} \leq 1 \quad 0,35 < 1,00 \quad \text{verified} \quad (0,35)$$

## Tube brace failure

### Diagonal 2

$$b_{\text{eff}} = 0 \quad [\text{mm}] \quad \text{Effective width in the connection of the diagonal to the chord}$$

### Diagonal 1

$$b_{\text{eff}} = 0 \quad [\text{mm}] \quad \text{Effective width in the connection of the diagonal to the chord}$$

### Post

$$b_{\text{eff}} = 0 \quad [\text{mm}] \quad \text{Effective width in the connection of the post to the chord}$$

## Chord shear

### Diagonal 2

$$A_v = 3577 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Shear area of the chord} \quad A_v = (2 \cdot h_0 + a \cdot b_0) \cdot t_0$$

$$N_{2,Rd} = 1135,79 \quad [\text{kN}] \quad \text{Tension capacity} \quad N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\ddot{O}3 \cdot \sin(q_2)] / g_{M5}$$

$$|N_2| \leq N_{2,Rd} \quad |32,89| < 1135,79 \quad \text{verified} \quad (0,03)$$

### Diagonal 1

$$A_v = 3577 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Shear area of the chord} \quad A_v = (2 \cdot h_0 + a \cdot b_0) \cdot t_0$$

$$N_{1,Rd} = 1135,79 \quad [\text{kN}] \quad \text{Compression capacity} \quad N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\ddot{O}3 \cdot \sin(q_1)] / g_{M5}$$

$$|N_1| \leq N_{1,Rd} \quad |-112,60| < 1135,79 \quad \text{verified} \quad (0,10)$$

### Post

$$A_v = 3577 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Shear area of the chord} \quad A_v = (2 \cdot h_0 + a \cdot b_0) \cdot t_0$$

$$N_{3,Rd} = 567,89 \quad [\text{kN}] \quad \text{Tension capacity} \quad N_{3,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\ddot{O}3 \cdot \sin(q_3)] / g_{M5}$$

$$|N_3| \leq N_{3,Rd} \quad |44,46| < 567,89 \quad \text{verified} \quad (0,08)$$

## Chord resistance

$$V_{pl,Rd} = 567,89 \quad [\text{kN}] \quad \text{Plastic resistance for shear} \quad V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_{y0}) / (\ddot{O}3 \cdot g_{M0})$$

$$|V_{Ed}| \leq V_{pl,Rd} \quad |56,30| < 567,89 \quad \text{verified} \quad (0,10)$$

$$N_{0,Rd} = 1845,97 \quad [\text{kN}] \quad \text{Tension capacity} \quad N_{0,Rd} = [(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \cdot \ddot{O}[1 - (V_{Ed} / V_{pl,Rd})^2]] / g_{M5}$$



|                          |                      |          |        |
|--------------------------|----------------------|----------|--------|
| $ N_{01}  \leq N_{0,Rd}$ | $ 337,40  < 1845,97$ | verified | (0,18) |
|--------------------------|----------------------|----------|--------|

## Verification of welds

### Diagonal 2

|            |      |                         |             |
|------------|------|-------------------------|-------------|
| $b_w =$    | 0,85 | Correlation coefficient | [Table 4.1] |
| $g_{M2} =$ | 1,25 | Partial safety factor   | [Table 2.1] |

#### Longitudinal weld

|   |                   |          |                              |
|---|-------------------|----------|------------------------------|
| $s^\wedge =$  | 5,38              | [MPa]    | Normal stress in a weld      |
| $t^\wedge =$  | 5,38              | [MPa]    | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$  | 13,19             | [MPa]    | Tangent stress               |
| $ s^\wedge  \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$  | $ 5,38  < 309,60$ | verified | (0,02)                       |
| $\check{O}[s^{\wedge 2} + 3 \cdot (t^{\wedge 2} + t_{II}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$ | $25,25 < 404,71$  | verified | (0,06)                       |

#### Transverse inner weld

|   |                   |          |                              |
|---|-------------------|----------|------------------------------|
| $s^\wedge =$  | 5,99              | [MPa]    | Normal stress in a weld      |
| $t^\wedge =$  | -3,11             | [MPa]    | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$  | 0,00              | [MPa]    | Tangent stress               |
| $ s^\wedge  \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$  | $ 5,99  < 309,60$ | verified | (0,02)                       |
| $\check{O}[s^{\wedge 2} + 3 \cdot (t^{\wedge 2} + t_{II}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$ | $8,06 < 404,71$   | verified | (0,02)                       |

#### Transverse outer weld

|   |                    |          |                              |
|---|--------------------|----------|------------------------------|
| $s^\wedge =$  | -7,66              | [MPa]    | Normal stress in a weld      |
| $t^\wedge =$  | 4,77               | [MPa]    | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$  | 0,00               | [MPa]    | Tangent stress               |
| $ s^\wedge  \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$  | $ -7,66  < 309,60$ | verified | (0,02)                       |
| $\check{O}[s^{\wedge 2} + 3 \cdot (t^{\wedge 2} + t_{II}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$ | $11,27 < 404,71$   | verified | (0,03)                       |

### Diagonal 1

|            |      |                         |             |
|------------|------|-------------------------|-------------|
| $b_w =$    | 0,85 | Correlation coefficient | [Table 4.1] |
| $g_{M2} =$ | 1,25 | Partial safety factor   | [Table 2.1] |

#### Longitudinal weld

|   |                     |          |                              |
|---|---------------------|----------|------------------------------|
| $s^\wedge =$  | -18,43              | [MPa]    | Normal stress in a weld      |
| $t^\wedge =$  | -18,43              | [MPa]    | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$  | -45,15              | [MPa]    | Tangent stress               |
| $ s^\wedge  \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$  | $ -18,43  < 309,60$ | verified | (0,06)                       |
| $\check{O}[s^{\wedge 2} + 3 \cdot (t^{\wedge 2} + t_{II}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$ | $86,45 < 404,71$    | verified | (0,21)                       |

#### Transverse inner weld

|   |                     |          |                              |
|---|---------------------|----------|------------------------------|
| $s^\wedge =$  | -16,01              | [MPa]    | Normal stress in a weld      |
| $t^\wedge =$  | 27,46               | [MPa]    | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$  | 0,00                | [MPa]    | Tangent stress               |
| $ s^\wedge  \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$  | $ -16,01  < 309,60$ | verified | (0,05)                       |
| $\check{O}[s^{\wedge 2} + 3 \cdot (t^{\wedge 2} + t_{II}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$ | $50,19 < 404,71$    | verified | (0,12)                       |

## Transverse outer weld

|               |        |       |                              |
|---------------|--------|-------|------------------------------|
| $s^{\perp} =$ | 9,40   | [MPa] | Normal stress in a weld      |
| $t^{\perp} =$ | -20,85 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$    | 0,00   | [MPa] | Tangent stress               |

|   |                   |          |        |
|---|-------------------|----------|--------|
| $ s^{\perp}  \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$   | $ 9,40  < 309,60$ | verified | (0,03) |
| $\sqrt{3} \cdot [s^{\perp 2} + 3 \cdot (t^{\perp 2} + t_{II}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$ | $37,32 < 404,71$  | verified | (0,09) |

Post

|            |      |                         |             |
|------------|------|-------------------------|-------------|
| $b_w =$    | 0,85 | Correlation coefficient | [Table 4.1] |
| $g_{M2} =$ | 1,25 | Partial safety factor   | [Table 2.1] |

## Longitudinal weld

|                   |       |       |                              |
|-------------------|-------|-------|------------------------------|
| $s^{\parallel} =$ | 28,75 | [MPa] | Normal stress in a weld      |
| $t^{\parallel} =$ | 28,75 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$        | 0,00  | [MPa] | Tangent stress               |

|   |                    |          |        |
|---|--------------------|----------|--------|
| $ s^{\parallel}  \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$   | $ 28,75  < 309,60$ | verified | (0,09) |
| $\sqrt{3} \cdot [s^{\parallel 2} + 3 \cdot (t^{\parallel 2} + t_{II}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$ | $57,49 < 404,71$   | verified | (0,14) |

## Transverse inner weld

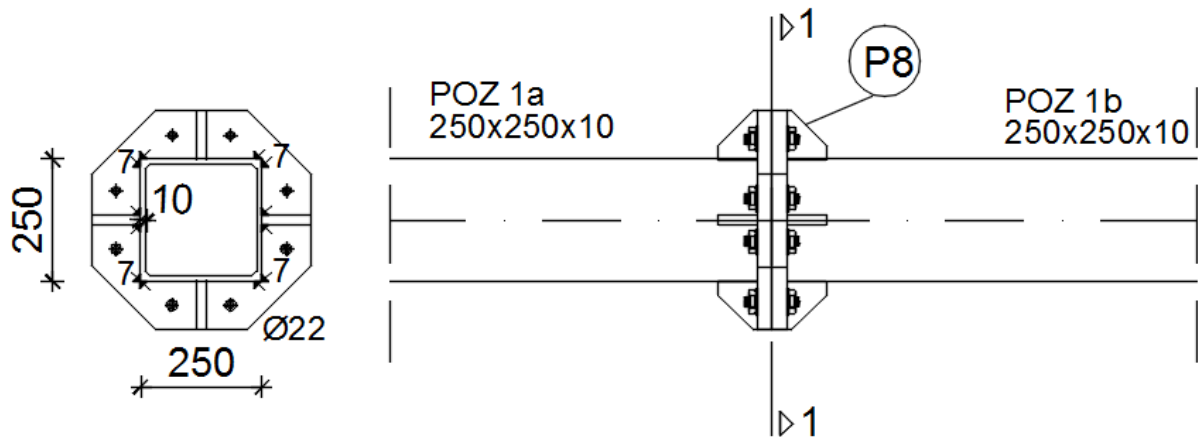
|               |       |       |                              |
|---------------|-------|-------|------------------------------|
| $s^{\perp} =$ | 75,34 | [MPa] | Normal stress in a weld      |
| $t^{\perp} =$ | 75,34 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$    | 0,00  | [MPa] | Tangent stress               |

|   |                    |          |        |
|---|--------------------|----------|--------|
| $ s^{\perp}  \leq 0.9 \cdot f_u / g_{M2}$   | $ 75,34  < 309,60$ | verified | (0,24) |
| $\sqrt{3} \cdot [s^{\perp 2} + 3 \cdot (t^{\perp 2} + t_{II}^2)] \leq f_u / (b_w \cdot g_{M2})$ | $150,69 < 404,71$  | verified | (0,37) |

**Connection conforms to the code**

**Ratio 0,37**

## 6.5. Montažni nastavak nosača velike rešetke



Crtež 6.5. Vlačni nastavak pojasa velike rešetke

1) Osnovni materijal:

Čelik S235

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

2) Kontrola vara

- dužina vara pojasnice:

$$l_p = 4 \cdot b = 4 \cdot 250 = 1000 \text{ (mm)}$$

- max debljina vara s obzirom na debljinu stijenke nosača

$$a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min}$$

$$t_{\min} = 10 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 0.7 \cdot 10 = 7.0 \text{ (mm)}$$

$$a_{\text{odabrano}} = 7 \text{ (mm)}$$

Za pretpostavljeni var  $a=7$  (mm):

$$\text{- uzdužna sila: } F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{1.25} \cdot \frac{L}{100} = \frac{181.9}{1.25} \cdot \frac{1000}{100} = 1455.2 \text{ (kN)}$$

uvjet nosivosti:

$$N = F_{w,Sd} \leq F_{w,Rd}$$

$$1444,58 \text{ (kN)} < 1455,2 \text{ (kN)}$$

Var  $a=7$  mm zadovoljava

## 3) Proračun vijaka

Pretpostavljeni vijci: M 22, k.v.10.9, n=8 vijka

- udaljenost  $c_{\min}$  vijaka od ruba pojasnice:

$$c_{\min} = 2 \cdot d + a \cdot \sqrt{2} = 2 \cdot 22 + 7 \cdot \sqrt{2} = 53,89 \text{ (mm)}$$

Usvojeno  $c = 55 \text{ mm}$ .

- otpornost vijaka na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{272,7}{1,25} = 218,16 \text{ (kN)}$$

uvjet nosivosti

$$F_{t,Rd} > F_{t,Sd} / 8$$

$$218,16 \text{ kN} > 1444,58 / 8 = 180,57 \text{ (kN)}$$

→ Vijci zadovoljavaju.

## 4) Proračun ploče

- proračun dimenzija ploče:

$$a_{pl,\min} = h + 2 \cdot (c + e_1)$$

$$\Rightarrow a_{pl,\min} = 250 + 2 \cdot (55 + 55) = 470 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,\min} = b + 2 \cdot a \cdot \sqrt{2} + 20 \text{ mm} = 250 + 2 \cdot 7 \cdot \sqrt{2} + 20 = 289,79 \text{ (mm)}$$

Odabrane dimenzije ploče: 470 x 470 mm

Proračun debljine ploče:

- savijanje ploče od vlačnih vijaka:

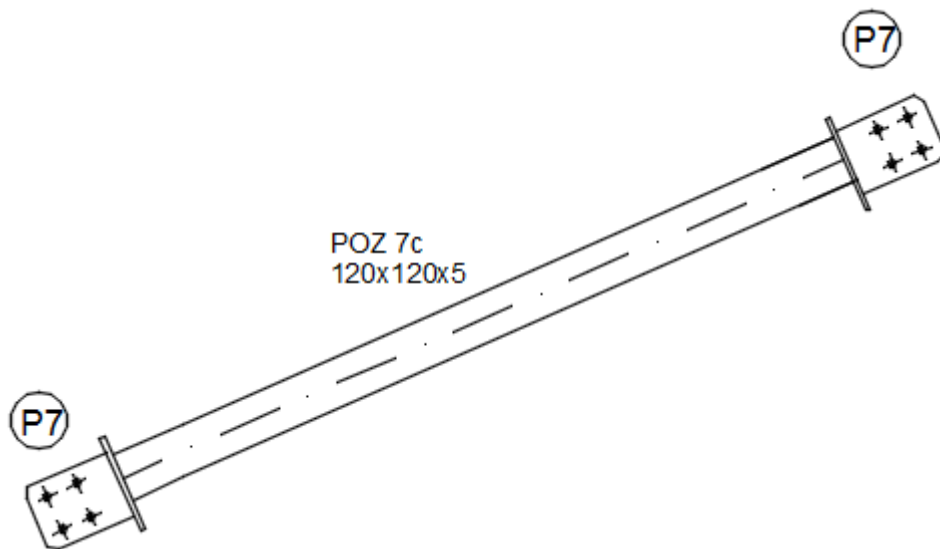
$$M_{Sd} = 2 \cdot F_{t,Sd} \cdot e = 2 \cdot 180,57 \cdot 55 = 19,86 \text{ (kNm)}$$

$$M_{Sd} \leq \frac{W_{\min} \cdot f_y}{1,1} \Rightarrow W_{\min} = \frac{1,1 \cdot M_{Sd}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^{\min}}{6}$$

$$t_{pl}^{\min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Sd} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 19,86 \cdot 100 \cdot 6}{47 \cdot 23,5}} = 3,44 \text{ (cm)}$$

Usvojene dimenzije ploče: **470 x 470 x 35 mm**

## 6.6. Montažni nastavak ispune rešetke



*Crtež 6.6. Vlačni nastavak ispune male rešetke*

1) Osnovni materijal:

Čelik S235

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

2) Kontrola vara

- dužina vara :

$$l_p = 2 \cdot a + 2 \cdot b = 2 \cdot 180 + 2 \cdot 120 = 600 \text{ (mm)}$$

- max debljina vara s obzirom na debljinu stijenke nosača

$$a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min}$$

$$t_{\min} = 7.1 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 0.7 \cdot 7.1 = 5,0 \text{ (mm)}$$

$$a_{\text{odabrano}} = 5 \text{ (mm)}$$

Za pretpostavljeni var a=5 (mm):

$$\text{- uzdužna sila: } F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{1.25} \cdot \frac{L}{100} = \frac{129,9}{1.25} \cdot \frac{600}{100} = 623,52 \text{ (kN)}$$

uvjet nosivosti:

$$N = F_{w,Sd} \leq F_{w,Rd}$$

$$546,63 \text{ (kN)} < 623,52 \text{ (kN)}$$

Var a=5 mm zadovoljava

## 3) Proračun vijaka

Pretpostavljeni vijci: M 16, k.v.10.9, n=8 vijka

- udaljenost  $c_{\min}$  vijaka od ruba pojasnice:

$$c_{\min} = 2 \cdot d + a \cdot \sqrt{2} = 2 \cdot 16 + 5 \cdot \sqrt{2} = 39,07 \text{ (mm)}$$

Usvojeno  $c=40$  mm.

- otpornost vijaka na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{141,3}{1,25} = 113,04 \text{ (kN)}$$

uvjet nosivosti

$$F_{t,Rd} > F_{t,Sd} / 8$$

$$113,04 \text{ kN} > 546,63 / 8 = 68,33 \text{ (kN)}$$

→ Vijci zadovoljavaju.

## 4) Proračun ploče

$$a_{pl,\min} = h + 2 \cdot (c + e_1)$$

$$\Rightarrow a_{pl,\min} = 200 + 2 \cdot (40 + 40) = 360 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,\min} = b + 2 \cdot a \cdot \sqrt{2} + 20 \text{ mm} = 120 + 2 \cdot 5 \cdot \sqrt{2} + 20 = 154,14 \text{ (mm)}$$

Odabrane dimenzije ploče: 360x160 mm

Proračun debljine ploče:

- savijanje ploče od vlačnih vijaka:

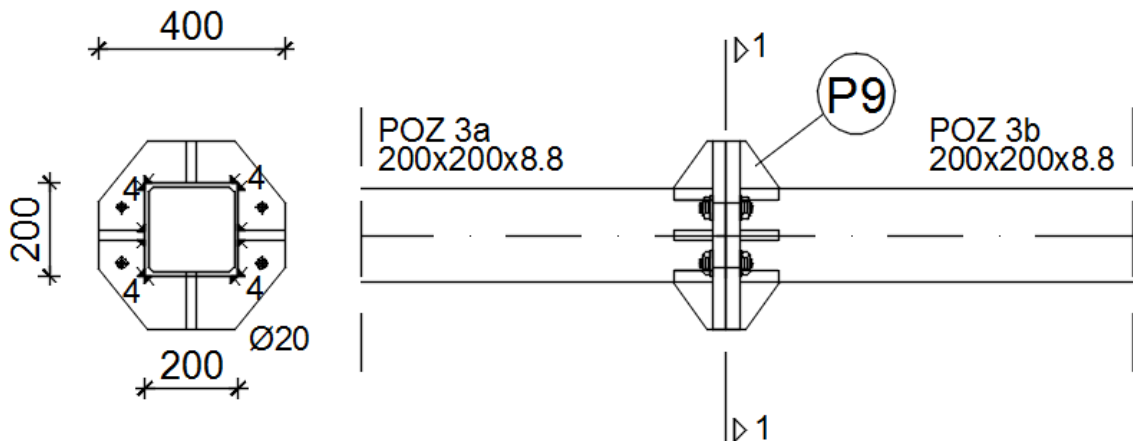
$$M_{Sd} = F_{t,Sd} \cdot c = 68,33 \cdot 2 \cdot 40 = 5,46 \text{ (kNm)}$$

$$M_{Sd} \leq \frac{W_{\min} \cdot f_y}{1,1} \Rightarrow W_{\min} = \frac{1,1 \cdot M_{Sd}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^{\min}}{6}$$

$$t_{pl}^{\min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Sd} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 5,46 \cdot 100 \cdot 6}{36 \cdot 23,5}} = 2,06 \text{ (cm)}$$

Usvojene dimenzije ploče: **360x160x22 mm**

## 6.7. Montažni nastavak nosača male rešetke



Crtež 6.7. Vlačni nastavak pojasa male rešetke

1) Osnovni materijal:

Čelik S235

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

2) Kontrola vara

- dužina vara pojasnice:

$$l_p = 4 \cdot b = 4 \cdot 200 = 800 \text{ (mm)}$$

- max debljina vara s obzirom na debljinu stijenke nosača

$$a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min}$$

$$t_{\min} = 8.8 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 0.7 \cdot 8.8 = 6.16 \text{ (mm)}$$

$$a_{\text{odabrano}} = 4 \text{ (mm)}$$

Za pretpostavljeni var  $a=4$  (mm):

$$\text{- uzdužna sila: } F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{1.25} \cdot \frac{L}{100} = \frac{103.9}{1.25} \cdot \frac{800}{100} = 664,96 \text{ (kN)}$$

uvjet nosivosti:

$$N = F_{w,Sd} \leq F_{w,Rd}$$

$$337,40 \text{ (kN)} < 664,96 \text{ (kN)}$$

Var  $a=4$  mm zadovoljava

## 3) Proračun vijaka

Pretpostavljeni vijci: M 16, k.v.10.9, n=4 vijka

- udaljenost  $c_{\min}$  vijaka od ruba pojasnice:

$$c_{\min} = 2 \cdot d + a \cdot \sqrt{2} = 2 \cdot 16 + 4 \cdot \sqrt{2} = 37,66 \text{ (mm)}$$

Usvojeno  $c = 40 \text{ mm}$ .

- otpornost vijaka na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{141,3}{1,25} = 113,04 \text{ (kN)}$$

uvjet nosivosti

$$F_{t,Rd} > F_{t,Sd} / 4$$

$$113,04 \text{ kN} > 337,40 / 4 = 84,35 \text{ (kN)}$$

→ Vijci zadovoljavaju.

## 4) Proračun ploče

- proračun dimenzija ploče:

$$a_{pl,\min} = h + 2 \cdot (c + e_1)$$

$$\Rightarrow a_{pl,\min} = 200 + 2 \cdot (40 + 40) = 360 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,\min} = b + 2 \cdot a \cdot \sqrt{2} + 20 \text{ mm} = 200 + 2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} + 20 = 231,31 \text{ (mm)}$$

Odabrane dimenzije ploče: 360 x 360 mm

Proračun debljine ploče:

- savijanje ploče od vlačnih vijaka:

$$M_{Sd} = 2 \cdot F_{t,Sd} \cdot e = 2 \cdot 84,35 \cdot 40 = 6,75 \text{ (kNm)}$$

$$M_{Sd} \leq \frac{W_{\min} \cdot f_y}{1,1} \Rightarrow W_{\min} = \frac{1,1 \cdot M_{Sd}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^{\min}}{6}$$

$$t_{pl}^{\min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{Sd} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 6,75 \cdot 100 \cdot 6}{36 \cdot 23,5}} = 2,29 \text{ (cm)}$$

Usvojene dimenzije ploče: **360 x 360 x 24 mm**



## 7. PRORAČUN TEMELJA

### BETON

C 25/30

$$\gamma_b = 24 \text{ kN/m}^3$$

### ARMATURA

B 500/550

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,8 \text{ N/mm}^2$$

### TLO

$$f_{tla,dop} = 0,5 \text{ MN/m}^2$$

### REZNE SILE

$$N = -719,55 \text{ kN}$$

$$V_y = -0,34 \text{ kN}$$

$$V_z = 0,2 \text{ kN}$$

$$M_y = -1,48 \text{ kNm}$$

$$M_z = 2,45 \text{ kNm}$$

### SILE

$$A = b_x \cdot b_y = 2,56 \text{ m}^2$$

$$W_x = \frac{b_x \cdot b_y^2}{6} = 0,68 \text{ m}^3$$

$$W_y = \frac{b_y \cdot b_x^2}{6} = 0,68 \text{ m}^3$$

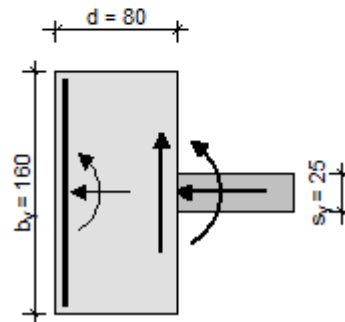
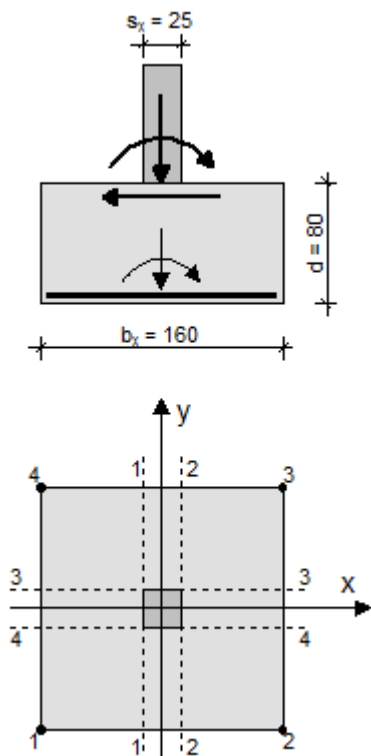
$$N_{sd} = N - \gamma_b \cdot b_x \cdot b_y \cdot d = -768,7 \text{ kN}$$

$$M_{sd,x} = M_x + N \cdot c_y - V_y \cdot d = -1,64 \text{ kNm}$$

$$M_{sd,y} = M_y - N \cdot c_x + V_x \cdot d = 2,18 \text{ kNm}$$

$$e_x = \frac{M_{sd,y}}{N_{sd}} = -0,28 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_{sd,x}}{N_{sd}} = 0,21 \text{ cm}$$



### NAPREZANJA U TLU

$$\sigma_1 = 0,29468 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_2 = 0,30106 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_3 = 0,30587 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_4 = 0,29949 \text{ MN/m}^2$$

### ARMATURA

$$M_{1-1} = 108,61 \text{ kNm}$$

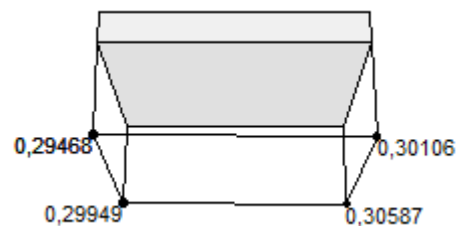
$$M_{2-2} = 110,29 \text{ kNm}$$

$$M_{3-3} = 108,82 \text{ kNm}$$

$$M_{4-4} = 110,08 \text{ kNm}$$

$$A_{sx} = \frac{M_{2-2}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = 3,76 \text{ cm}^2$$

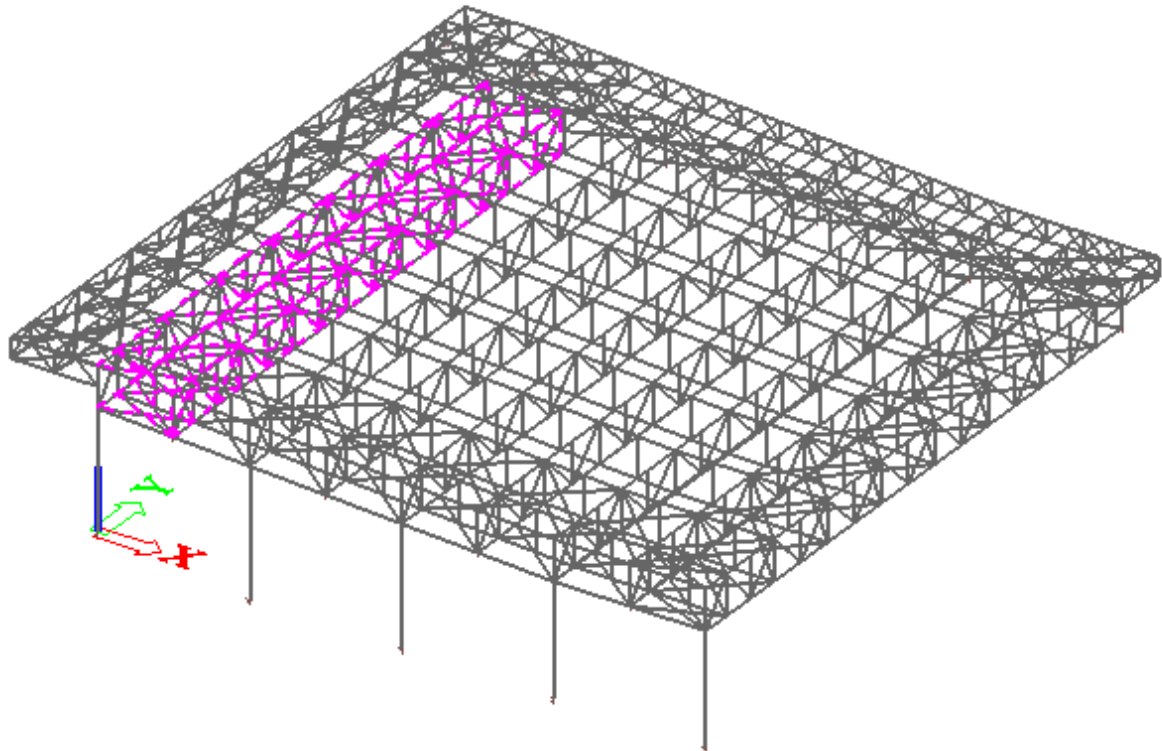
$$A_{sy} = \frac{M_{4-4}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = 3,75 \text{ cm}^2$$



## 8. PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI ČELIČNE KONSTRUKCIJE

### Požarni scenario:

Na krovnoj konstrukciji sportskog centra Dugopolje kao najvjerojatniji scenarij požara izabran je onaj koji se javlja na dijelu poviše tribina teniskih terena.



*Crtež 8.1. Dio konstrukcije koji je zahvaćen požarom*

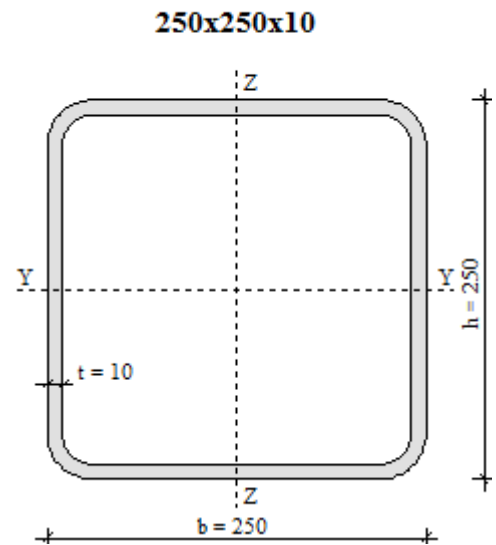
U proračun ulazimo sa ne zaštićenim elementima, a zahtijevana otpornost na požar je R20.

*Prema EN 1993-1-2 vrijede određene pretpostavke:*

- Temperatura je jednoliko raspoređena po površini poprečnog presjeka elementa
- Povećanje temperature u elementu direktno je proporcionalno s faktorom oblika poprečnog presjeka.
- Za zaštićene čelične elemente temperatura okolnog plina jednaka je temperaturi površine vatrootpornog materijala.

## 8.2. Donji pojas velike rešetke

|                  |                   |              |
|------------------|-------------------|--------------|
| A                | [m <sup>2</sup> ] | = 9,2570e-03 |
| I <sub>y</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 8,7067e-05 |
| I <sub>z</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 8,7067e-05 |
| i <sub>y</sub>   | [mm]              | = 97         |
| i <sub>z</sub>   | [mm]              | = 97         |
| W <sub>ely</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 6,9653e-04 |
| W <sub>elz</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 6,9653e-04 |
| W <sub>ply</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 8,2200e-04 |
| W <sub>plz</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 8,2200e-04 |
| I <sub>t</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 1,4197e-04 |
| I <sub>w</sub>   | [m <sup>6</sup> ] | = 8,1380e-07 |



### 8.2.1. Proračun nosivosti za ne element donjeg pojasa rešetke

1) Proračun temperature u čeličnom elementu za  $t=20$  min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot (0,25 + 0,25)}{0,009257} = 108,03 \text{ m}^{-1}$$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20$  min

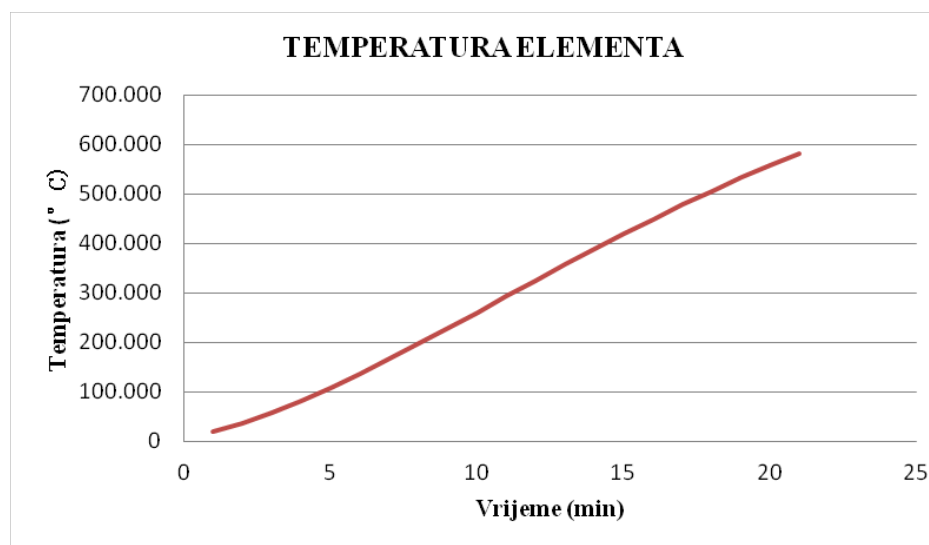
vremenski korak integracije  $\Delta t = 5s = \frac{5}{60} = 0,0833$  min

vremenski korak ispisa  $n = 12 \rightarrow 0,0833 \text{ min} \cdot 12 = 0,9996 \approx 1$  min

Preliminarni proračun :

Proveden je preliminarni proračun ne zaštićenog elementa donjeg pojasa koji je sa sve 4 strane izložen požaru i dobiveni su sljedeći rezultati razvijenih temperatura programom 1DHEAT

| Vrijeme (min) | TEMPERATURA ELEMENTA(C) |
|---------------|-------------------------|
| 0.000         | 20.000                  |
| 1.000         | 35.799                  |
| 2.000         | 57.080                  |
| 3.000         | 81.722                  |
| 4.000         | 108.645                 |
| 5.000         | 137.199                 |
| 6.000         | 166.956                 |
| 7.000         | 197.610                 |
| 8.000         | 228.920                 |
| 9.000         | 260.678                 |
| 10.000        | 292.685                 |
| 11.000        | 324.740                 |
| 12.000        | 356.637                 |
| 13.000        | 388.162                 |
| 14.000        | 419.099                 |
| 15.000        | 449.239                 |
| 16.000        | 478.391                 |
| 17.000        | 506.391                 |
| 18.000        | 533.108                 |
| 19.000        | 558.451                 |
| 20.000        | 582.366                 |



*Crtež 8.2. Razvijena temperatura ne zaštićenog elementa donjeg pojasa rešetke*

Temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20oj minuti djelovanja požara iznosi 583 [C°]

2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura ne zaštićenog čeličnog elementa u 20-0j minuti djelovanja požara

koja iznosi 583 [C°]

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

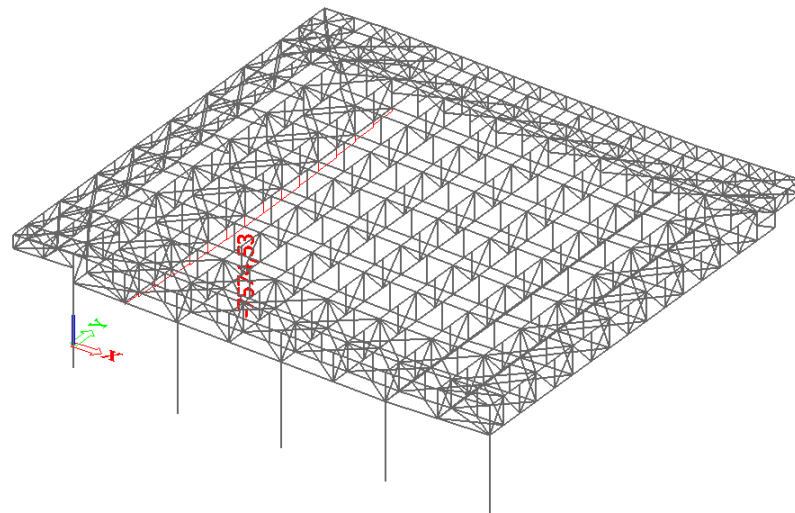
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



Crtež 8.3. Mjerodavna uzdužna sila u ne zaštićenom donjem pojasu rešetke od požarne kombinacije

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna tlačna koja iznosi 7574,53 kN.

3) Dokaz nosivosti za ne zaštićeni čelični element donjeg pojasa glavnog nosača

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 210\,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

### 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23$$

$$a = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M_0}} = \frac{706,0 \cdot 1000}{2 \cdot 10 \cdot 235 / 1,1} = 1772,76(\text{mm})$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{230} \cdot \left( \frac{230}{2} + 1772,76 \right) = 8,21 > 0,5 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23 > \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 20,96$$

hrbat nije u klasi 1

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 32,30$$

hrbat je u klasi 2

POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_f}{t_f} = \frac{220}{10} = 22 < 33 \cdot \varepsilon = 28,05$$

pojasnica je u klasi 1

Cijeli poprečni presjek je klasificiran u klasu 2

### 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne tlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od 583 [C<sup>0</sup>]:

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 0,47$$

$$k_{E,\Theta} = \frac{E_{a,\Theta}}{E_a} = 0,31$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu  $N_{b,\bar{f}_i,t,Rd} = \chi_{f_i} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,\bar{f}_i}}$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_i / i_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{500 / 9,7}{\pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{23,5}}} = 0,55$$

$$\bar{\lambda}_\Theta = \bar{\lambda} \cdot \left[ \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \right]^{0,5} = 0,55 \cdot \left[ \frac{0,47}{0,31} \right]^{0,5} = 0,68$$

$$\phi_\Theta = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\Theta + \bar{\lambda}_\Theta^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + 0,65 \cdot 0,68 + 0,68^2 \right] = 0,95$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_\Theta + \sqrt{\phi_\Theta^2 - \bar{\lambda}_\Theta^2}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,68^2}} = \frac{1}{1,61} = 0,62$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,62 \cdot 0,47 \cdot 23,5 \cdot 92,57 \cdot \frac{1}{1,0} = 633,91 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti  $N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$

$$633,91 \text{ (kN)} < 7574,53 \text{ (kN)}$$

uvjet nije zadovoljen

Iskoristivost:

$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{7574,53}{633,91} = 11,95 > 1$$

Vidljivo je da zahtijevanu protupožarnu otpornost nije moguće ostvariti bez zaštite, stoga u daljnji proračun ulazimo sa zaštićenim elementima premazanim protupožarnim premazom na bazi umjetne smole konačne debljine 4 cm.

## 8.2.2. Proračun nosivosti za zaštićeni element donjeg pojasa rešetke

### 1) Proračun temperature u čeličnom elementu za t=20 min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot (0,25 + 0,25)}{0,009257} = 108,03 \text{ m}^{-1}$$

debljina zaštite = 4 cm

specifični toplinski kapacitet zaštite  $c_p = 1000 \text{ J / kgK}$

zapremninska težina zaštite  $\rho_p = 1200 \text{ kg / m}^3$

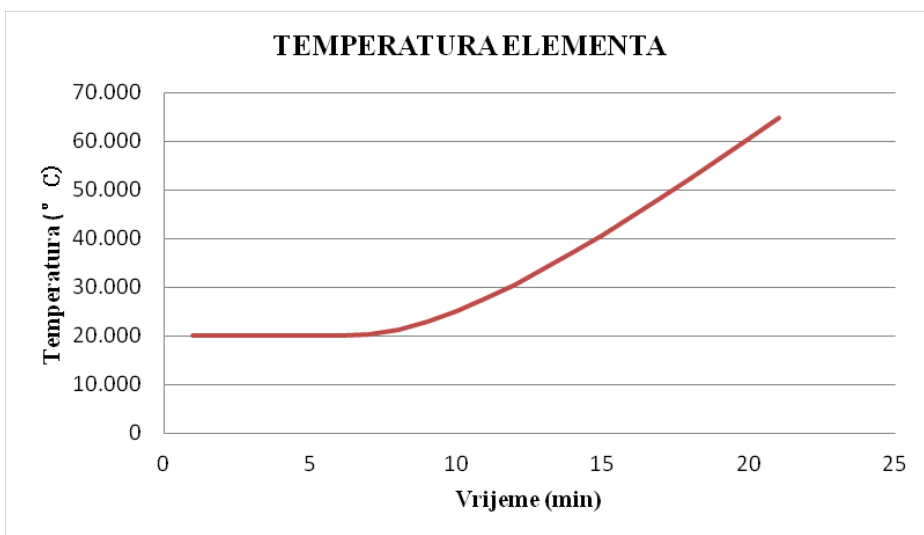
ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20 \text{ min}$

vremenski korak integracije  $\Delta t = 60s = \frac{60}{60} = 1,0 \text{ min}$

vremenski korak ispisa  $n = 1 \rightarrow 1,0 \text{ min} \cdot 1 = 1,0 \text{ min}$

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 20.000           |
| 2.000        | 20.000           |
| 3.000        | 20.000           |
| 4.000        | 20.000           |
| 5.000        | 20.000           |
| 6.000        | 20.231           |
| 7.000        | 21.294           |
| 8.000        | 22.986           |
| 9.000        | 25.170           |
| 10.000       | 27.747           |
| 11.000       | 30.646           |
| 12.000       | 33.811           |
| 13.000       | 37.199           |
| 14.000       | 40.775           |
| 15.000       | 44.512           |
| 16.000       | 48.386           |
| 17.000       | 52.377           |
| 18.000       | 56.470           |
| 19.000       | 60.651           |
| 20.000       | 64.908           |





*Crtež 8.4. Razvijena temperatura zaštićenog elementa donjeg pojasa rešetke*

Temperatura zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara iznosi  $65 [C^0]$ .

## **2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.**

Zadana je temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara koja iznosi  $65 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

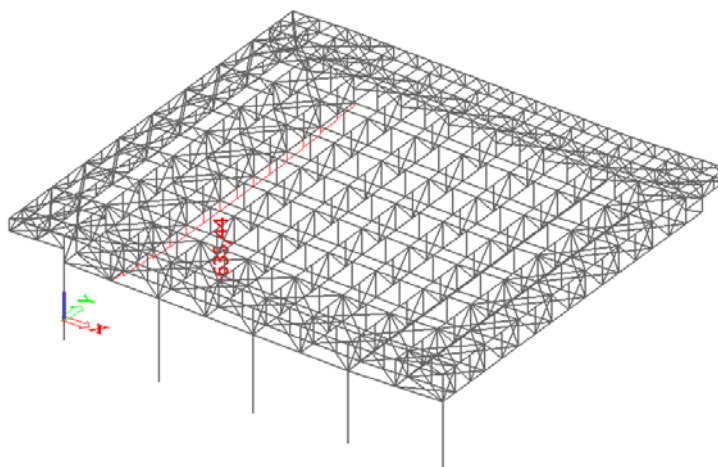
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

A - požarno djelovanje



*Crtež 8.5. Mjerodavna uzdužna sila u zaštićenom donjem pojasu rešetke od požarne kombinacije*

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna tlačna koja iznosi 635,44 kN.

### **3) Dokaz nosivosti za zaštićeni čelični element donjeg pojasa glavnog nosača**

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 210\,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

#### 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23$$

$$a = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M_0}} = \frac{635,44 \cdot 1000}{2 \cdot 10 \cdot 235 / 1,1} = 148,72 \text{ (mm)}$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{230} \cdot \left( \frac{230}{2} + 148,72 \right) = 1,15 > 0,5 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23 > \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 20,96$$

hrbat nije u klasi 1

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 32,30$$

hrbat je u klasi 2

POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_f}{t_f} = \frac{220}{10} = 22 < 33 \cdot \varepsilon = 28,05$$

pojasnica je u klasi 1

Cijeli poprečni presjek je klasificiran u klasu 2

## 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne tlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od  $65 [C^0]$ :

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 1,00$$

$$k_{E,\Theta} = \frac{E_{a,\Theta}}{E_a} = 1,00$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu  $N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_i / i_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{500 / 9,7}{\pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{23,5}}} = 0,55$$

$$\bar{\lambda}_\Theta = \bar{\lambda} \cdot \left[ \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \right]^{0,5} = 0,55 \cdot \left[ \frac{1}{1} \right]^{0,5} = 0,55$$

$$\phi_\Theta = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\Theta + \bar{\lambda}_\Theta^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + 0,65 \cdot 0,55 + 0,55^2 \right] = 1,25$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_\Theta + \sqrt{\phi_\Theta^2 - \bar{\lambda}_\Theta^2}} = \frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 0,55^2}} = \frac{1}{2,38} = 0,42$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,42 \cdot 1,0 \cdot 23,5 \cdot 92,57 \cdot \frac{1}{1,0} = 914,03 kN$$

Uvjet nosivosti  $N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$

$$914,03(kN) > 635,44(kN)$$

uvjet je zadovoljen

Iskoristivost:

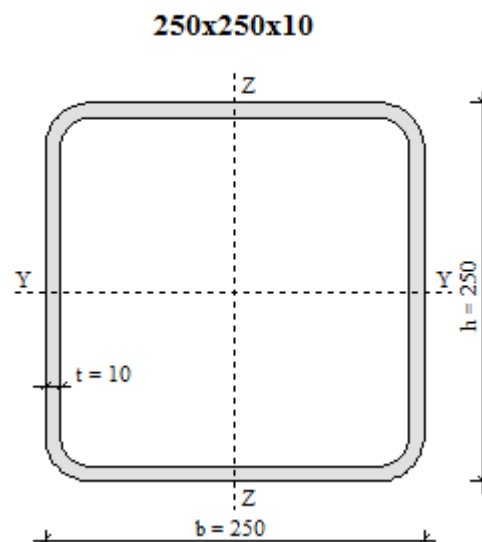
$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{635,44}{914,03} = 0,69 < 1$$

Element s konačnom debljinom zaštite od 4 cm zadovoljava u pogledu požarne otpornosti.

### 8.3. Gornji pojas velike rešetke

$$\begin{aligned} A \quad [\text{m}^2] &= 9,2570\text{e-}03 \\ I_y \quad [\text{m}^4] &= 8,7067\text{e-}05 \\ I_z \quad [\text{m}^4] &= 8,7067\text{e-}05 \\ i_y \quad [\text{mm}] &= 97 \\ i_z \quad [\text{mm}] &= 97 \\ W_{ely} \quad [\text{m}^3] &= 6,9653\text{e-}04 \\ W_{elz} \quad [\text{m}^3] &= 6,9653\text{e-}04 \\ W_{ply} \quad [\text{m}^3] &= 8,2200\text{e-}04 \\ W_{plz} \quad [\text{m}^3] &= 8,2200\text{e-}04 \\ I_t \quad [\text{m}^4] &= 1,4197\text{e-}04 \\ I_w \quad [\text{m}^6] &= 8,1380\text{e-}07 \end{aligned}$$



#### 8.3.1. Proračun nosivosti za ne zaštićeni element gornjeg pojasa rešetke

1) Proračun temperature u čeličnom elementu za  $t=20$  min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot (0,25 + 0,25)}{0,009257} = 108,03 \text{ m}^{-1}$$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20$  min

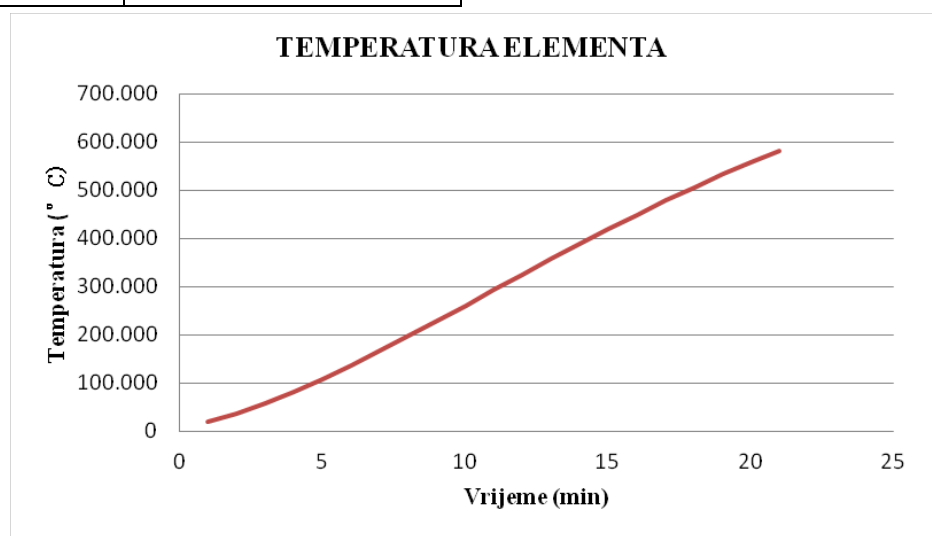
vremenski korak integracije  $\Delta t = 5s = \frac{5}{60} = 0,0833$  min

vremenski korak ispisa  $n = 12 \rightarrow 0,0833 \text{ min} \cdot 12 = 0,9996 \approx 1$  min

## Preliminarni proračun :

Proveden je preliminarni proračun ne zaštićenog elementa gornjeg pojasa koji je sa sve 4 strane izložen požaru i dobiveni su sljedeći rezultati razvijenih temperatura programom 1DHEAT :

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 35.799           |
| 2.000        | 57.080           |
| 3.000        | 81.722           |
| 4.000        | 108.645          |
| 5.000        | 137.199          |
| 6.000        | 166.956          |
| 7.000        | 197.610          |
| 8.000        | 228.920          |
| 9.000        | 260.678          |
| 10.000       | 292.685          |
| 11.000       | 324.740          |
| 12.000       | 356.637          |
| 13.000       | 388.162          |
| 14.000       | 419.099          |
| 15.000       | 449.239          |
| 16.000       | 478.391          |
| 17.000       | 506.391          |
| 18.000       | 533.108          |
| 19.000       | 558.451          |
| 20.000       | 582.366          |



Temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20 - oj minuti djelovanja požara iznosi 583 [C<sup>0</sup>].

2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara koja iznosi  $583 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

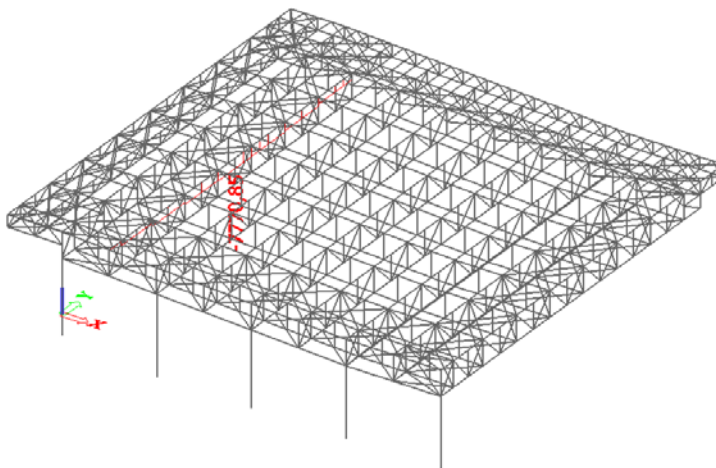
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



Crtež 8.7. Mjerodavna uzdužna sila u ne zaštićenom gornjem pojasu rešetke od požarne kombinacije

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna tlačna koja iznosi 7770,85 kN.

### 3) Dokaz nosivosti za ne zaštićeni čelični element donjeg pojasa glavnog nosača

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 (N/mm^2)$$

$$E = 210\,000 (N/mm^2)$$

$$\nu = 0,3$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23$$

$$a = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M_0}} = \frac{7770,85 \cdot 1000}{2 \cdot 10 \cdot 235 / 1,1} = 1818,71(\text{mm})$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{230} \cdot \left( \frac{230}{2} + 1818,71 \right) = 8,41 > 0,5 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23 > \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 20,96$$

hrbat nije u klasi 1

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 32,30$$

hrbat je u klasi 2

POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_f}{t_f} = \frac{220}{10} = 22 < 33 \cdot \varepsilon = 28,05$$

pojasnica je u klasi 1

Cijeli poprečni presjek je klasificiran u klasu 2

2.Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne tlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od 583 [C°]:

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 0,47$$

$$k_{E,\Theta} = \frac{E_{a,\Theta}}{E_a} = 0,31$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu  $N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_i / i_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{500 / 9,7}{\pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{23,5}}} = 0,55$$

$$\bar{\lambda}_{\Theta} = \bar{\lambda} \cdot \left[ \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \right]^{0,5} = 0,55 \cdot \left[ \frac{0,47}{0,31} \right]^{0,5} = 0,68$$

$$\phi_{\Theta} = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_{\Theta} + \bar{\lambda}_{\Theta}^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + 0,65 \cdot 0,68 + 0,68^2 \right] = 0,95$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_{\Theta} + \sqrt{\phi_{\Theta}^2 - \bar{\lambda}_{\Theta}}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,68^2}} = \frac{1}{1,61} = 0,62$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,62 \cdot 0,47 \cdot 23,5 \cdot 92,57 \cdot \frac{1}{1,0} = 633,91 \text{ kN}$$

$$\text{Uvjet nosivosti } N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$$

$$633,91(\text{kN}) < 7770,85(\text{kN})$$

uvjet nije zadovoljen

Iskoristivost:

$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{7770,85}{633,91} = 12,26 > 1$$

Vidljivo je da zahtijevanu protupožarnu otpornost nije moguće ostvariti bez zaštite, stoga u daljnji proračun ulazimo sa zaštićenim elementima premazanim protupožarnim premazom na bazi umjetne smole konačne debljine 4 cm.



### 8.3.2. Proračun nosivosti za zaštićeni element gornjeg pojasa rešetke

1) Proračun temperature u čeličnom elementu za  $t=20$  min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot (0,25 + 0,25)}{0,009257} = 108,03 \text{ m}^{-1}$$

debljina zaštite = 4 cm

specifični toplinski kapacitet zaštite  $c_p = 1000 \text{ J / kgK}$

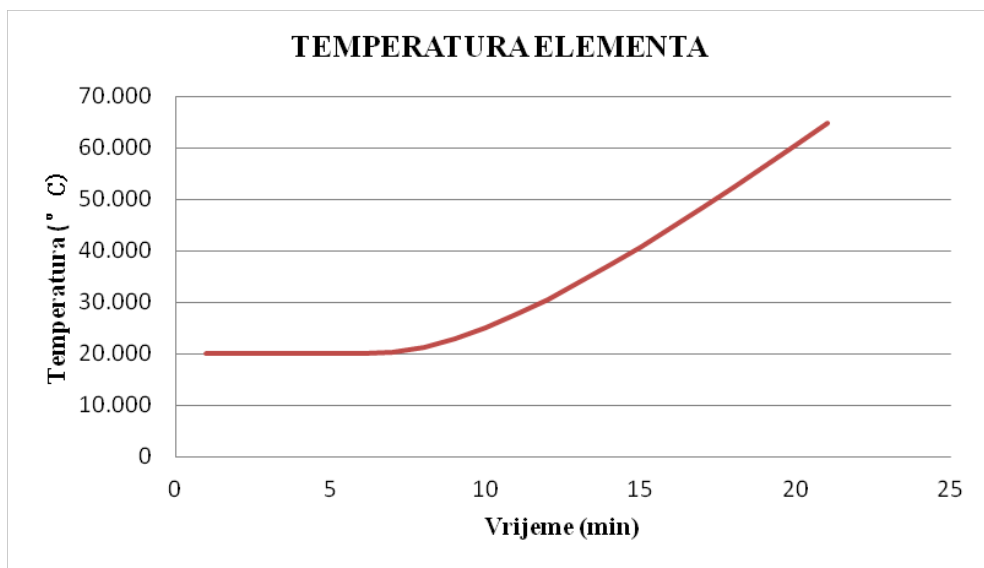
zapremninska težina zaštite  $\rho_p = 1200 \text{ kg / m}^3$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20 \text{ min}$

vremenski korak integracije  $\Delta t = 60s = \frac{60}{60} = 1,0 \text{ min}$

vremenski korak ispisa  $n = 1 \rightarrow 1,0 \text{ min} \cdot 1 = 1,0 \text{ min}$

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 20.000           |
| 2.000        | 20.000           |
| 3.000        | 20.000           |
| 4.000        | 20.000           |
| 5.000        | 20.000           |
| 6.000        | 20.231           |
| 7.000        | 21.294           |
| 8.000        | 22.986           |
| 9.000        | 25.170           |
| 10.000       | 27.747           |
| 11.000       | 30.646           |
| 12.000       | 33.811           |
| 13.000       | 37.199           |
| 14.000       | 40.775           |
| 15.000       | 44.512           |
| 16.000       | 48.386           |
| 17.000       | 52.377           |
| 18.000       | 56.470           |
| 19.000       | 60.651           |
| 20.000       | 64.908           |



*Crtež 8.8. Razvijena temperatura zaštićenog elementa gornjeg pojasa rešetke*

Temperatura zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara iznosi  $65 [C^0]$ .

2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara koja iznosi  $65 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

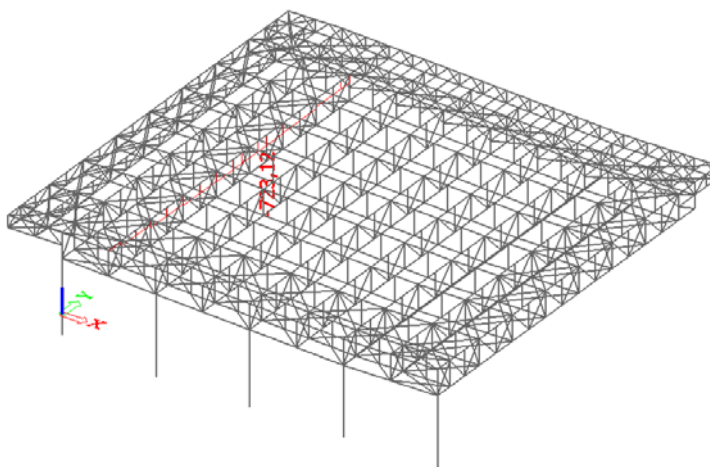
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



*Crtež 8.9. Mjerodavna uzdužna sila u zaštićenom gornjem pojasu od požarne kombinacije*

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna tlačna koja iznosi 723,12 kN.

### 3) Dokaz nosivosti za zaštićeni čelični element donjeg pojasa glavnog nosača

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 210\,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

#### 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23$$

$$a = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M_0}} = \frac{723,12 \cdot 1000}{2 \cdot 10 \cdot 235 / 1,1} = 169,24 \text{ (mm)}$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{230} \cdot \left( \frac{230}{2} + 169,24 \right) = 1,24 > 0,5 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23 > \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 20,96$$

hrbat nije u klasi 1

$$\frac{d}{t_w} = \frac{230}{10} = 23 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 32,30$$

hrbat je u klasi 2

POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_f}{t_f} = \frac{220}{10} = 22 < 33 \cdot \varepsilon = 28,05$$

pojasnica je u klasi 1

Cijeli poprečni presjek je klasificiran u klasu 2

#### 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne tlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od 65 [C°]:

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 1,00$$

$$k_{E,\Theta} = \frac{E_{a,\Theta}}{E_a} = 1,00$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu  $N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_i / i_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{500 / 9,7}{\pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{23,5}}} = 0,55$$

$$\bar{\lambda}_\Theta = \bar{\lambda} \cdot \left[ \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \right]^{0,5} = 0,55 \cdot \left[ \frac{1}{1} \right]^{0,5} = 0,55$$

$$\phi_\Theta = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\Theta + \bar{\lambda}_\Theta^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + 0,65 \cdot 0,55 + 0,55^2 \right] = 1,25$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_\Theta + \sqrt{\phi_\Theta^2 - \bar{\lambda}_\Theta}} = \frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 0,55^2}} = \frac{1}{2,38} = 0,42$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,42 \cdot 1,0 \cdot 23,5 \cdot 92,57 \cdot \frac{1}{1,0} = 914,03 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti  $N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$

$$914,03(\text{kN}) > 723,12(\text{kN})$$

uvjet je zadovoljen

Iskoristivost:

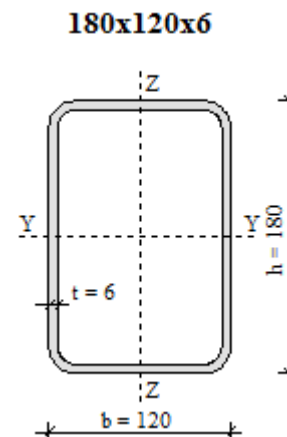
$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{723,12}{914,03} = 0,79 < 1$$

Element s konačnom debljinom zaštite od 4 cm zadovoljava u pogledu požarne otpornosti.

## 8.4. Ispuna velike rešetke

|                  |                   |              |
|------------------|-------------------|--------------|
| A                | [m <sup>2</sup> ] | = 3,3630e-03 |
| I <sub>y</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 1,4913e-05 |
| I <sub>z</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 7,9630e-06 |
| i <sub>y</sub>   | [mm]              | = 67         |
| i <sub>z</sub>   | [mm]              | = 49         |
| W <sub>ely</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 1,6570e-04 |
| W <sub>elz</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 1,3272e-04 |
| W <sub>ply</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 2,0171e-04 |
| W <sub>plz</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 1,5265e-04 |
| I <sub>t</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 1,6769e-05 |
| I <sub>w</sub>   | [m <sup>6</sup> ] | = 3,4992e-08 |



### 8.4.1. Proračun nosivosti za ne zaštićeni element ispune rešetke

1) Proračun temperature u čeličnom elementu za  $t=20$  min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot (0,18 + 0,12)}{0,003363} = 178,41 \text{ m}^{-1}$$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20$  min

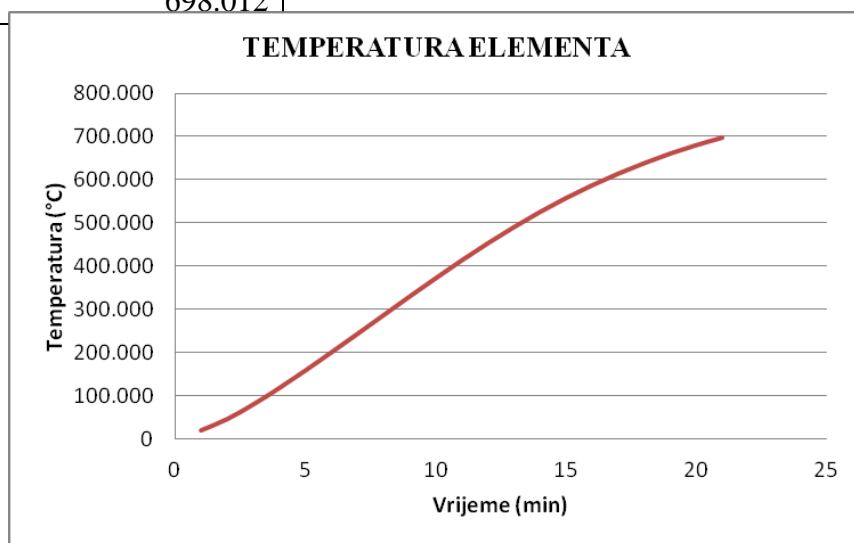
vremenski korak integracije  $\Delta t = 5s = \frac{5}{60} = 0,0833$  min

vremenski korak ispisa  $n = 12 \rightarrow 0,0833 \text{ min} \cdot 12 = 0,9996 \approx 1$  min

Preliminarni proračun :

Proveden je preliminarni proračun nezaštićenog elementa ispune glavnog nosača koji je sa sve 4 strane izložen požaru i dobiveni su sljedeći rezultati programom 1DHEAT :

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 46.092           |
| 2.000        | 80.020           |
| 3.000        | 118.083          |
| 4.000        | 158.588          |
| 5.000        | 200.598          |
| 6.000        | 243.486          |
| 7.000        | 286.738          |
| 8.000        | 329.856          |
| 9.000        | 372.328          |
| 10.000       | 413.625          |
| 11.000       | 453.237          |
| 12.000       | 490.716          |
| 13.000       | 525.722          |
| 14.000       | 558.047          |
| 15.000       | 587.617          |
| 16.000       | 614.476          |
| 17.000       | 638.937          |
| 18.000       | 661.091          |
| 19.000       | 680.818          |
| 20.000       | 698.012          |



*Crtež 8.10. Razvijena temperatura ne zaštićenog elementa ispune rešetke*

Temperatura ne zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara iznosi 700 [C°].

2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20-joj minuti djelovanja požara koja iznosi  $700 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

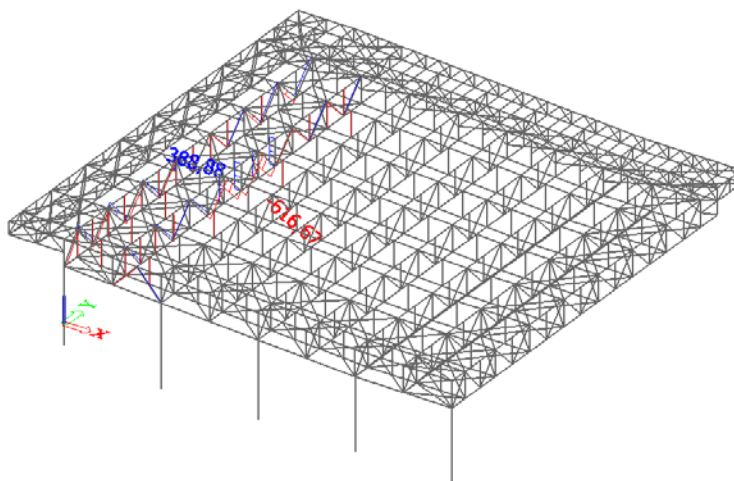
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



Crtež 8.11. Mjerodavna uzdužna sila u ne zaštićenju ispuni rešetke od požarne kombinacije

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna tlačna koja iznosi 616,67 kN.

### 3) Dokaz nosivosti za ne zaštićeni čelični element ispune glavnog nosača

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 210\,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\epsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\epsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

## 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

## HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = \frac{168}{6} = 28$$

$$a = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M_0}} = \frac{616,67 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 235 / 1,1} = 240,55(\text{mm})$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{168} \cdot \left( \frac{168}{2} + 240,55 \right) = 1,93 > 0,5 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{168}{6} = 28 > \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 20,96$$

hrbat nije u klasi 1

$$\frac{d}{t_w} = \frac{168}{6} = 28 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 32,30$$

hrbat je u klasi 2

## POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_f}{t_f} = \frac{102}{6} = 17 < 33 \cdot \varepsilon = 28,05$$

pojasnica je u klasi 1

Cijeli poprečni presjek je klasificiran u klasu 2

## 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne tlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od 700 [C°]:

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 0,23$$

$$k_{E,\Theta} = \frac{E_{a,\Theta}}{E_a} = 0,13$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu  $N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$



$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_i / i_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{200 / 6,7}{\pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{23,5}}} = 0,32$$

$$\bar{\lambda}_\Theta = \bar{\lambda} \cdot \left[ \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \right]^{0,5} = 0,32 \cdot \left[ \frac{0,23}{0,13} \right]^{0,5} = 0,42$$

$$\phi_\Theta = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\Theta + \bar{\lambda}_\Theta^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + 0,65 \cdot 0,42 + 0,42^2 \right] = 0,72$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_\Theta + \sqrt{\phi_\Theta^2 - \bar{\lambda}_\Theta^2}} = \frac{1}{0,72 + \sqrt{0,72^2 - 0,42^2}} = \frac{1}{1,30} = 0,76$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,76 \cdot 0,23 \cdot 23,5 \cdot 33,63 \cdot \frac{1}{1,0} = 139,31 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti

$$N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$$

$$139,31 \text{ (kN)} < 616,67 \text{ (kN)}$$

uvjet je zadovoljen

Iskoristivost:

$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{616,67}{139,31} = 4,43 < 1$$

Vidljivo je da zahtijevanu protupožarnu otpornost nije moguće ostvariti bez zaštite, stoga u daljnji proračun ulazimo sa zaštićenim elementima premazanim protupožarnim premazom na bazi umjetne smole konačne debljine 4 cm.

### 8.4.2. Proračun nosivosti za zaštićeni element ispune rešetke

1) Proračun temperature u čeličnom elementu za  $t=20$  min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_p}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot (0,18+0,12)}{0,003363} = 178,41 \text{ m}^{-1}$$

debljina zaštite = 4 cm

specifični toplinski kapacitet zaštite  $c_p = 1000 \text{ J / kgK}$

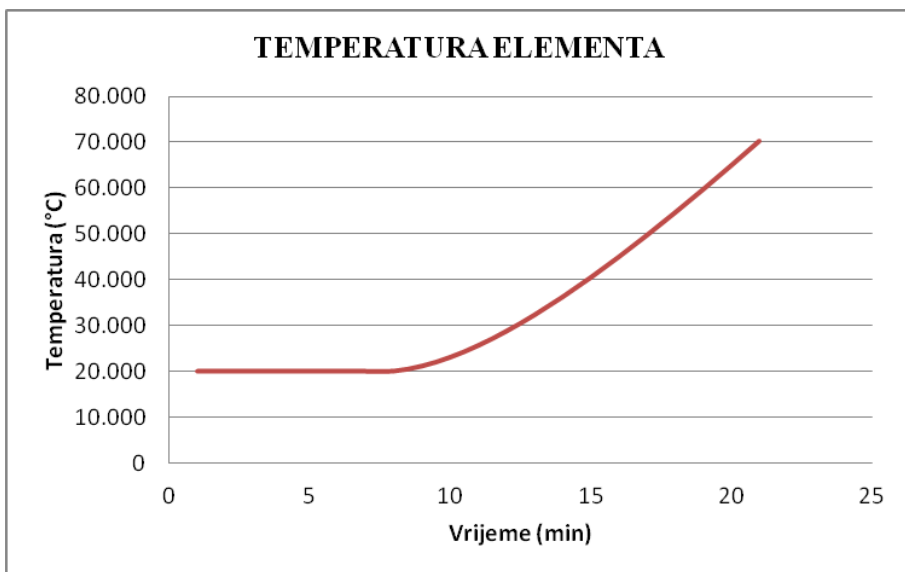
zapremninska težina zaštite  $\rho_p = 1200 \text{ kg / m}^3$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20$  min

vremenski korak integracije  $\Delta t = 60s = \frac{60}{60} = 1,0$  min

vremenski korak ispisa  $n = 1 \rightarrow 1,0 \text{ min} \cdot 1 = 1,0$  min

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 20.000           |
| 2.000        | 20.000           |
| 3.000        | 20.000           |
| 4.000        | 20.000           |
| 5.000        | 20.000           |
| 6.000        | 20.000           |
| 7.000        | 20.047           |
| 8.000        | 21.142           |
| 9.000        | 23.056           |
| 10.000       | 25.627           |
| 11.000       | 28.734           |
| 12.000       | 32.284           |
| 13.000       | 36.203           |
| 14.000       | 40.433           |
| 15.000       | 44.927           |
| 16.000       | 49.646           |
| 17.000       | 54.556           |
| 18.000       | 59.630           |
| 19.000       | 64.845           |
| 20.000       | 70.180           |



*Crtež 8.12. Razvijena temperatura zaštićenog elementa ispune rešetke*

Temperatura zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara iznosi  $71 [C^0]$ .

2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara koja iznosi  $71 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

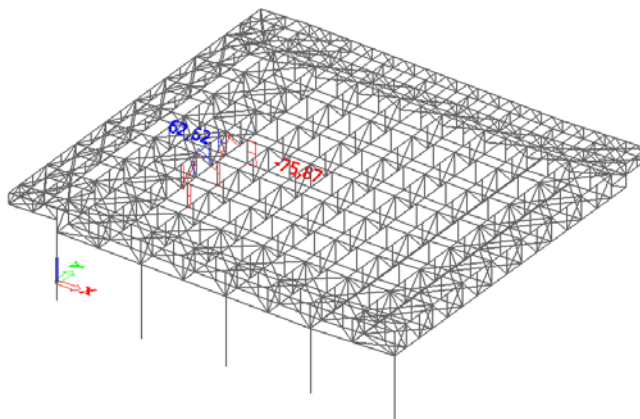
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



*Crtež 8.13. Mjerodavna uzdužna sila u zaštićenju ispuni rešetke od požarne kombinacije*

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna tlačna koja iznosi 75,87 kN.

### 3) Dokaz nosivosti za zaštićeni čelični element ispune glavnog nosača

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 210\,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

#### 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = \frac{168}{6} = 28$$

$$a = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M_0}} = \frac{76,87 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 235 / 1,1} = 29,98 \text{ (mm)}$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{168} \cdot \left( \frac{168}{2} + 29,98 \right) = 0,68 > 0,5 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{168}{6} = 28 > \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 20,96$$

hrbat nije u klasi 1

$$\frac{d}{t_w} = \frac{168}{6} = 28 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 32,30$$

hrbat je u klasi 2

POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_f}{t_f} = \frac{102}{6} = 17 < 33 \cdot \varepsilon = 28,05$$

pojasnica je u klasi 1

Cijeli poprečni presjek je klasificiran u klasu 2

## 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne tlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od 71 [C°]:

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 1,00$$

$$k_{E,\Theta} = \frac{E_{a,\Theta}}{E_a} = 1,00$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu  $N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_i / i_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{200 / 6,7}{\pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{23,5}}} = 0,32$$

$$\bar{\lambda}_\Theta = \bar{\lambda} \cdot \left[ \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \right]^{0,5} = 0,32 \cdot \left[ \frac{1}{1} \right]^{0,5} = 0,32$$

$$\phi_\Theta = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\Theta + \bar{\lambda}_\Theta^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + 0,65 \cdot 0,32 + 0,32^2 \right] = 0,66$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_\Theta + \sqrt{\phi_\Theta^2 - \bar{\lambda}_\Theta^2}} = \frac{1}{0,66 + \sqrt{0,66^2 - 0,32^2}} = \frac{1}{1,24} = 0,81$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,81 \cdot 1,0 \cdot 23,5 \cdot 33,63 \cdot \frac{1}{1,0} = 640,15 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti  $N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$

$$640,14 \text{ (kN)} > 75,87 \text{ (kN)}$$

uvjet je zadovoljen

Iskoristivost:

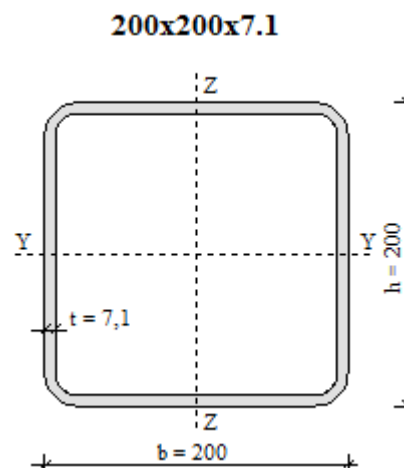
$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{75,87}{640,14} = 0,12 < 1$$

Element s debljinom zaštite od 4 cm zadovoljava u pogledu požarne otpornosti.

## 8.5. Podrožnica

|                  |                   |              |
|------------------|-------------------|--------------|
| A                | [m <sup>2</sup> ] | = 5,3050e-03 |
| I <sub>y</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 3,2316e-05 |
| I <sub>z</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 3,2316e-05 |
| i <sub>y</sub>   | [mm]              | = 78         |
| i <sub>z</sub>   | [mm]              | = 78         |
| W <sub>ely</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 3,2316e-04 |
| W <sub>elz</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 3,2316e-04 |
| W <sub>ply</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 3,7925e-04 |
| W <sub>plz</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 3,7925e-04 |
| I <sub>t</sub>   | [m <sup>4</sup> ] | = 5,2229e-05 |
| I <sub>w</sub>   | [m <sup>6</sup> ] | = 1,8933e-07 |



### 8.5.1. Proračun nosivosti za ne zaštićenu podrožnicu

1) Proračun temperature u čeličnom elementu za t=20 min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot (0,20 + 0,20)}{0,005305} = 150,80 \text{ m}^{-1}$$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20 \text{ min}$

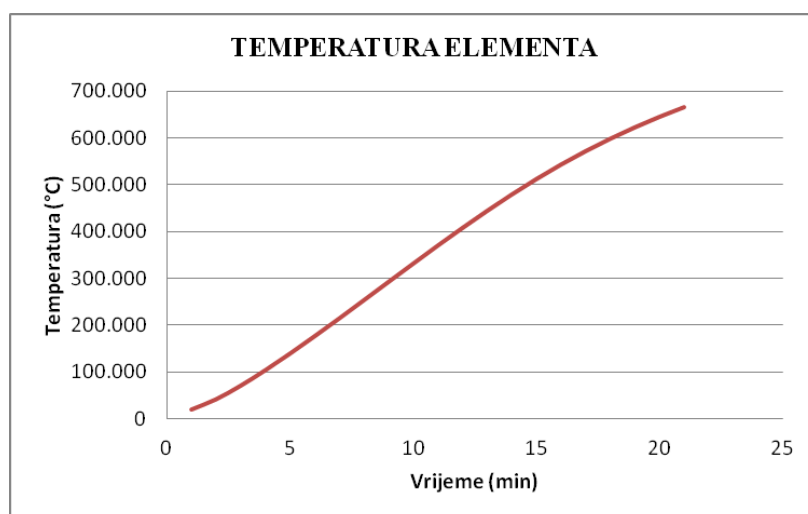
vremenski korak integracije  $\Delta t = 5s = \frac{5}{60} = 0,0833 \text{ min}$

vremenski korak ispisa  $n = 12 \rightarrow 0,0833 \text{ min} \cdot 12 = 0,9996 \approx 1 \text{ min}$

Preliminarni proračun :

Proveden je preliminarni proračun nezaštićenog elementa podrožnice koji je sa sve 4 strane izložen požaru i dobiveni su sljedeći rezultati programom 1DHEAT :

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 42.054           |
| 2.000        | 71.129           |
| 3.000        | 104.139          |
| 4.000        | 139.609          |
| 5.000        | 176.701          |
| 6.000        | 214.868          |
| 7.000        | 253.694          |
| 8.000        | 292.810          |
| 9.000        | 331.846          |
| 10.000       | 370.421          |
| 11.000       | 408.142          |
| 12.000       | 444.627          |
| 13.000       | 479.525          |
| 14.000       | 512.551          |
| 15.000       | 543.500          |
| 16.000       | 572.259          |
| 17.000       | 598.800          |
| 18.000       | 623.166          |
| 19.000       | 645.696          |
| 20.000       | 666.264          |



*Crtež 8.14. Razvijena temperatura ne zaštićene podrožnice*

Temperatura ne zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara iznosi 667 [C°].

2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara

koja iznosi  $667 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

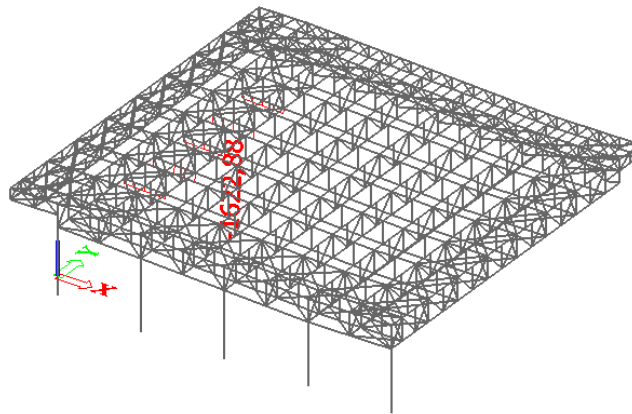
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



Crtež 8.15. Mjerodavna uzdužna sila u ne zaštićenj podrožnici od požarne kombinacije

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna tlačna koja iznosi 1622,98 kN.

### 3) Dokaz nosivosti za ne zaštićeni čelični element donje podrožnice

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 (N/mm^2)$$

$$E = 210\,000 (N/mm^2)$$

$$\nu = 0,3$$

$$\epsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja



$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

### 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

#### HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = \frac{185,8}{7,1} = 26,17$$

$$a = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M_0}} = \frac{702,32 \cdot 1000}{2 \cdot 7,1 \cdot 235 / 1,1} = 534,99(\text{mm})$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{185,8} \cdot \left( \frac{185,8}{2} + 231,51 \right) = 3,38 > 0,5 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{185,8}{7,1} = 26,17 > \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 20,96$$

hrbat nije u klasi 1

$$\frac{d}{t_w} = \frac{185,8}{7,1} = 26,17 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 32,30$$

hrbat je u klasi 2

#### POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_f}{t_f} = \frac{178,7}{7,1} = 25,17 < 33 \cdot \varepsilon = 28,05$$

pojasnica je u klasi 1

Cijeli poprečni presjek je klasificiran u klasu 2

### 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne tlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od 667 [C°]:

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 0,23$$

$$k_{E,\Theta} = \frac{E_{a,\Theta}}{E_a} = 0,13$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu  $N_{b,f_i,t,Rd} = \chi_{f_i} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,f_i}}$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_i / i_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{500 / 7,8}{\pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{23,5}}} = 0,68$$

$$\bar{\lambda}_\Theta = \bar{\lambda} \cdot \left[ \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \right]^{0,5} = 0,68 \cdot \left[ \frac{0,23}{0,13} \right]^{0,5} = 0,90$$

$$\phi_\Theta = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\Theta + \bar{\lambda}_\Theta^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + 0,65 \cdot 0,90 + 0,90^2 \right] = 1,20$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_\Theta + \sqrt{\phi_\Theta^2 - \bar{\lambda}_\Theta^2}} = \frac{1}{1,20 + \sqrt{1,20^2 - 0,90^2}} = \frac{1}{1,99} = 0,50$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,50 \cdot 0,23 \cdot 23,5 \cdot 53,05 \cdot \frac{1}{1,0} = 143,37 \text{ kN}$$

$$\text{Uvjet nosivosti } N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$$

$$143,37(\text{kN}) < 1622,98(\text{kN})$$

uvjet nije zadovoljen

Iskoristivost:

$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{1622,98}{143,37} = 11,32 < 1$$

Vidljivo je da zahtijevanu protupožarnu otpornost nije moguće ostvariti bez zaštite, stoga u daljnji proračun ulazimo sa zaštićenim elementima premazanim protupožarnim premazom na bazi umjetne smole konačne debljine 4 cm.

### 8.5.2. Proračun nosivosti za zaštićenu podrožnicu

1) Proračun temperature u čeličnom elementu za  $t=20$  min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_p}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot (0,20+0,20)}{0,005305} = 150,80 \text{ m}^{-1}$$

debljina zaštite = 4 cm

specifični toplinski kapacitet zaštite  $c_p = 1000 \text{ J / kgK}$

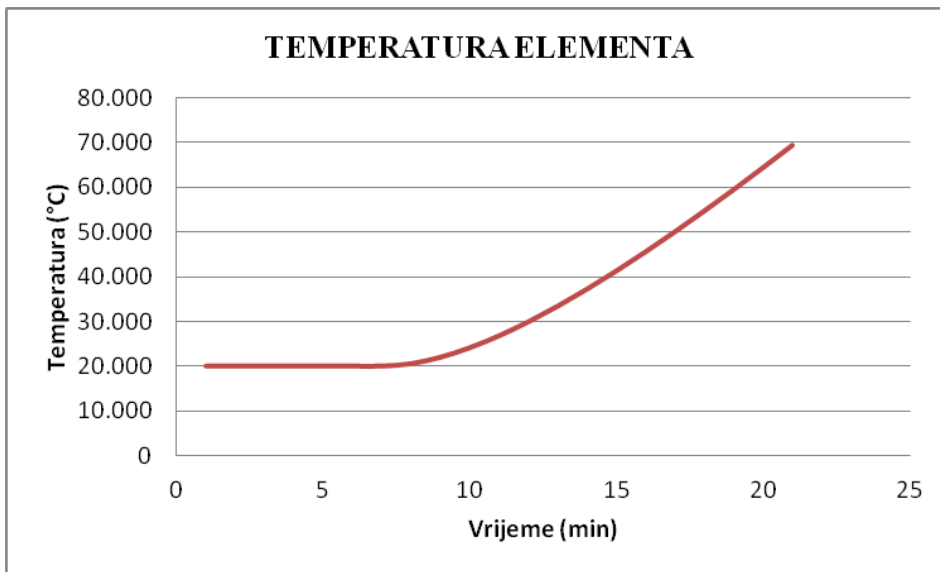
zapremninska težina zaštite  $\rho_p = 1200 \text{ kg / m}^3$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20 \text{ min}$

vremenski korak integracije  $\Delta t = 60s = \frac{60}{60} = 1,0 \text{ min}$

vremenski korak ispisa  $n = 1 \rightarrow 1,0 \text{ min} \cdot 1 = 1,0 \text{ min}$

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 20.000           |
| 2.000        | 20.000           |
| 3.000        | 20.000           |
| 4.000        | 20.000           |
| 5.000        | 20.000           |
| 6.000        | 20.000           |
| 7.000        | 20.555           |
| 8.000        | 21.991           |
| 9.000        | 24.116           |
| 10.000       | 26.792           |
| 11.000       | 29.918           |
| 12.000       | 33.414           |
| 13.000       | 37.221           |
| 14.000       | 41.289           |
| 15.000       | 45.577           |
| 16.000       | 50.055           |
| 17.000       | 54.693           |
| 18.000       | 59.469           |
| 19.000       | 64.364           |
| 20.000       | 69.361           |



*Crtež 8.16. Razvijena temperatura u zaštićenju podrožnici*

Temperatura zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara iznosi  $70 [C^0]$ .

2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara koja iznosi  $70 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

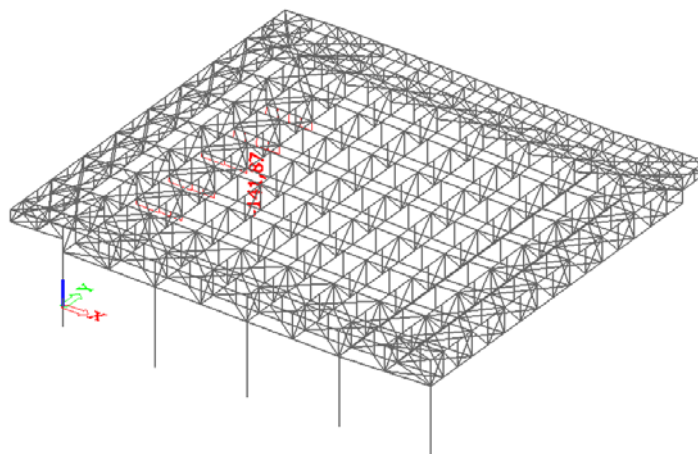
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



*Crtež 8.17. Mjerodavna uzdužna sila u zaštićenju podrožnici od požarne kombinacije*

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna tlačna koja iznosi 141,87 kN.

### 3) Dokaz nosivosti za zaštićeni čelični element podrožnice

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 210\,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

#### 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = \frac{185,8}{7,1} = 26,17$$

$$a = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M_0}} = \frac{141,87 \cdot 1000}{2 \cdot 7,1 \cdot 235 / 1,1} = 46,76 \text{ (mm)}$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{185,8} \cdot \left( \frac{185,8}{2} + 46,76 \right) = 0,75 > 0,5 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{185,8}{7,1} = 26,17 > \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 20,96$$

hrbat nije u klasi 1

$$\frac{d}{t_w} = \frac{185,8}{7,1} = 26,17 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 32,30$$

hrbat je u klasi 2

POJASNICA

$$\frac{b - 3 \cdot t_f}{t_f} = \frac{178,7}{7,1} = 25,17 < 33 \cdot \varepsilon = 28,05$$

pojasnica je u klasi 1

Cijeli poprečni presjek je klasificiran u klasu 2

## 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne tlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od 70 [C°]:

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 1,00$$

$$k_{E,\Theta} = \frac{E_{a,\Theta}}{E_a} = 1,00$$

Otpornost elementa na uzdužnu tlačnu silu  $N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_i / i_y}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{500 / 7,8}{\pi \cdot \sqrt{\frac{21000}{23,5}}} = 0,68$$

$$\bar{\lambda}_\Theta = \bar{\lambda} \cdot \left[ \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \right]^{0,5} = 0,68 \cdot \left[ \frac{1}{1} \right]^{0,5} = 0,68$$

$$\phi_\Theta = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_\Theta + \bar{\lambda}_\Theta^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + 0,65 \cdot 0,68 + 0,68^2 \right] = 0,95$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_\Theta + \sqrt{\phi_\Theta^2 - \bar{\lambda}_\Theta^2}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,68^2}} = \frac{1}{1,63} = 0,62$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot A \cdot \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,62 \cdot 1,0 \cdot 23,5 \cdot 53,05 \cdot \frac{1}{1,0} = 772,94 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti  $N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$

$$772,94 \text{ (kN)} > 141,87 \text{ (kN)}$$

uvjet je zadovoljen

Iskoristivost:

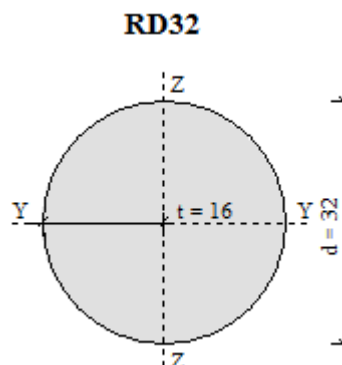
$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{141,87}{772,94} = 0,18 < 1$$

Element s konačnom debljinom zaštite od 4 cm zadovoljava u pogledu požarne otpornosti.

## 8.6. Spreg

|                   |                   |              |
|-------------------|-------------------|--------------|
| A                 | [m <sup>2</sup> ] | = 8,0384e-04 |
| I <sub>y</sub>    | [m <sup>4</sup> ] | = 5,0393e-08 |
| I <sub>z</sub>    | [m <sup>4</sup> ] | = 5,0393e-08 |
| i <sub>y</sub>    | [mm]              | = 8          |
| i <sub>z</sub>    | [mm]              | = 8          |
| W <sub>ely</sub>  | [m <sup>3</sup> ] | = 3,1496e-06 |
| W <sub>elz</sub>  | [m <sup>3</sup> ] | = 3,1496e-06 |
| W <sub>ply</sub>  | [m <sup>3</sup> ] | = 5,3752e-06 |
| W <sub>p lz</sub> | [m <sup>3</sup> ] | = 5,3752e-06 |
| I <sub>t</sub>    | [m <sup>4</sup> ] | = 1,0317e-07 |
| I <sub>w</sub>    | [m <sup>6</sup> ] | = 5,5040e-22 |



### 8.6.1. Proračun nosivosti za ne zaštićeni spreg

1) Proračun temperature u čeličnom elementu za t=20 min

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot 0,016 \cdot \pi}{0,0008038} = 125,07 \text{ m}^{-1}$$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20 \text{ min}$

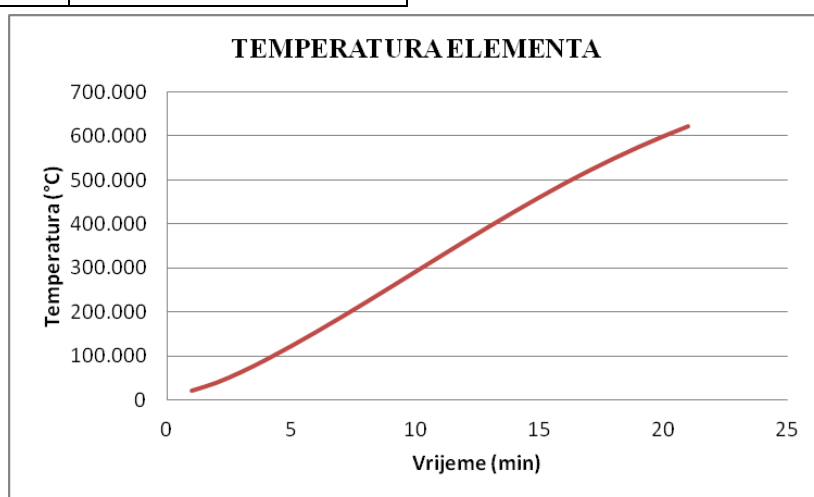
vremenski korak integracije  $\Delta t = 5 \text{ s} = \frac{5}{60} = 0,0833 \text{ min}$

vremenski korak ispisa  $n = 12 \rightarrow 0,0833 \text{ min} \cdot 12 = 0,9996 \approx 1 \text{ min}$

Preliminarni proračun :

Proveden je preliminarni proračun nezaštićenog elementa sprega koji je izložen požaru i dobiveni su sljedeći rezultati programom 1DHEAT :

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 38.291           |
| 2.000        | 62.719           |
| 3.000        | 90.777           |
| 4.000        | 121.222          |
| 5.000        | 153.321          |
| 6.000        | 186.599          |
| 7.000        | 220.710          |
| 8.000        | 255.370          |
| 9.000        | 290.318          |
| 10.000       | 325.292          |
| 11.000       | 360.021          |
| 12.000       | 394.225          |
| 13.000       | 427.627          |
| 14.000       | 459.958          |
| 15.000       | 490.984          |
| 16.000       | 520.514          |
| 17.000       | 548.409          |
| 18.000       | 574.587          |
| 19.000       | 599.022          |
| 20.000       | 621.733          |



*Crtež 8.18. . Razvijena temperatura u ne zaštićenom spregu*

Temperatura ne zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara iznosi  $621,73 [C^0]$



2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara koja iznosi  $622 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

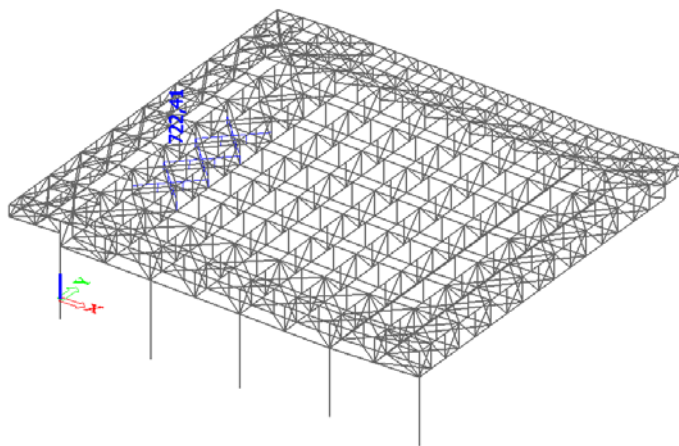
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



*Crtež 8.19. Mjerodavna uzdužna sila u ne zaštićenom spregu od požarne kombinacije*

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna vlačna koja iznosi 722,41 kN.

### 3) Dokaz nosivosti za zaštićeni čelični element donji pojas glavnog nosača

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 210\,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

## 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \varepsilon^2$$

$$\frac{32}{16} \leq 50 \cdot 0,85^2$$

$$2 < 36,13$$

Poprečni presjek je klasificiran u klasu 1

## 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne vlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od 622 [C°]:

$$k_{y,\Theta} = \frac{f_{y,\Theta}}{f_y} = 0,23$$

Otpornost elementa na uzdužnu vlačnu silu  $N_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\Theta} \cdot N_{RD} \cdot \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M,fi}}$

$$N_{RD} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,038 \cdot 23,5}{1,1} = 171,72 \text{ kN}$$

$$N_{fi,\theta,Rd} = 0,23 \cdot 171,72 \cdot \frac{1}{1} = 39,49 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti  $N_{b,fi,t,Rd} \geq N_{fi,Ed}$

$$39,49 \text{ (kN)} < 722,41 \text{ (kN)}$$

uvjet je zadovoljen

Iskoristivost:

$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{722,41}{39,49} = 18,29 > 1$$

Vidljivo je da zahtijevanu protupožarnu otpornost nije moguće ostvariti bez zaštite, stoga u daljnji proračun ulazimo sa zaštićenim elementima premazanim protupožarnim premazom na bazi umjetne smole konačne debljine 4 cm.

**8.6.2. Proračun nosivosti za zaštićeni spreg****1) Proračun temperature u čeličnom elementu za  $t=20$  min**

Ulazni parametri za proračun u računalnom programu HEAT 1D:

$$\frac{A_p}{V} = \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{\text{Površina profila}} = \frac{2 \cdot 0,016 \cdot \pi}{0,0008038} = 125,07 \text{ m}^{-1}$$

debljina zaštite = 4 cm

specifični toplinski kapacitet zaštite  $c_p = 1000 \text{ J / kgK}$

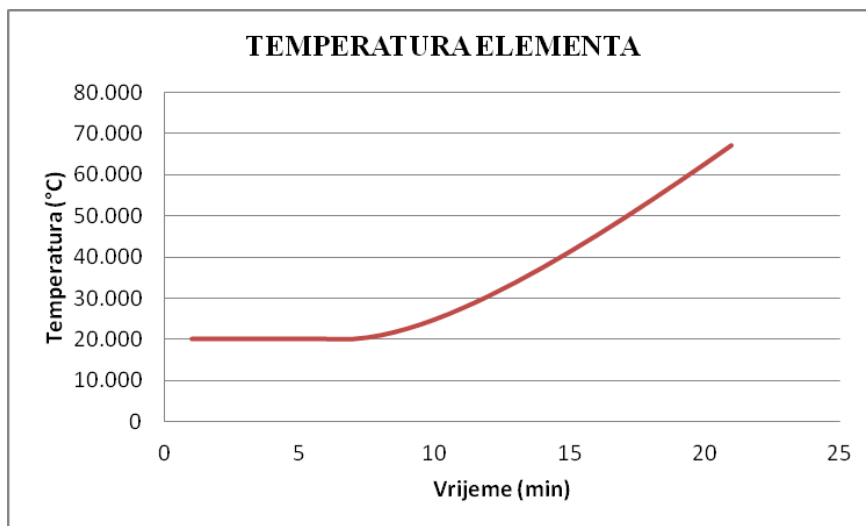
zapremninska težina zaštite  $\rho_p = 1200 \text{ kg / m}^3$

ukupno vrijeme trajanja požara  $t_{uk} = 20 \text{ min}$

vremenski korak integracije  $\Delta t = 60s = \frac{60}{60} = 1,0 \text{ min}$

vremenski korak ispisa  $n = 1 \rightarrow 1,0 \text{ min} \cdot 1 = 1,0 \text{ min}$

| Vrijeme(min) | TEMP.ELEMENTA(C) |
|--------------|------------------|
| 0.000        | 20.000           |
| 1.000        | 20.000           |
| 2.000        | 20.000           |
| 3.000        | 20.000           |
| 4.000        | 20.000           |
| 5.000        | 20.000           |
| 6.000        | 20.000           |
| 7.000        | 20.906           |
| 8.000        | 22.541           |
| 9.000        | 24.745           |
| 10.000       | 27.405           |
| 11.000       | 30.437           |
| 12.000       | 33.776           |
| 13.000       | 37.372           |
| 14.000       | 41.185           |
| 15.000       | 45.181           |
| 16.000       | 49.335           |
| 17.000       | 53.623           |
| 18.000       | 58.026           |
| 19.000       | 62.530           |
| 20.000       | 67.118           |



*Crtež 8.20. Razvijena temperatura zaštićenog elementa*

Temperatura zaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara iznosi  $68 [C^0]$ .

2) Analiza odgovora konstrukcije na požarno djelovanje provodi se pomoću računalnog program SCIA.

Zadana je temperatura nezaštićenog čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara

koja iznosi  $68 [C^0]$

Mjerodavna kombinacija za požarno djelovanje u ovom slučaju glasi:

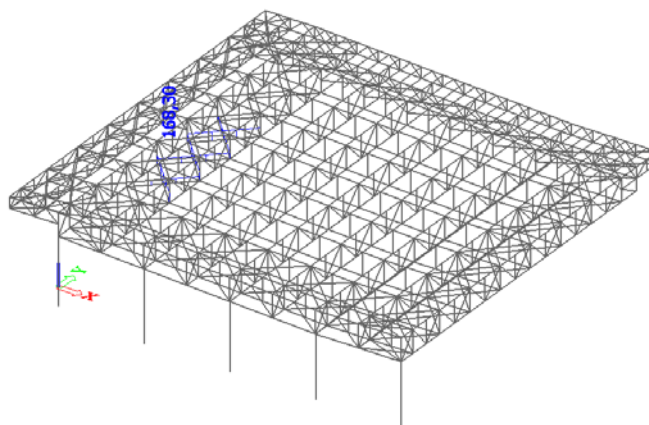
$$1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot \Delta G + 1,0 \cdot A$$

gdje je:

$G_0$  - vlastita težina

$\Delta G$  - dodatno stalno

$A$  - požarno djelovanje



*Crtež 8.21. Mjerodavna uzdužna sila u zaštićenom spregu od požarne kombinacije*

Iz prikaza rezultata analize određena je mjerodavna rezna sila za požarnu kombinaciju.

Mjerodavna rezna sila je uzdužna vlačna koja iznosi 168,30 kN.

## 3) Dokaz nosivosti za zaštićeni čelični element spreg

Karakteristike materijala na normalnoj temperaturi

S235

$$f_y = 235 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E = 210\,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Karakteristike materijala za slučaj požarnog djelovanja

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{f_y} \right]^{0,5} = 0,85 \cdot \left[ \frac{235}{235} \right]^{0,5} = 0,85$$

## 1. Klasifikacija poprečnog presjeka

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \varepsilon^2$$

$$\frac{32}{16} \leq 50 \cdot 0,85^2$$

$$2 < 36,13$$

Poprečni presjek je klasificiran u klasu 1

## 2. Otpornost poprečnog presjeka na djelovanje uzdužne vlačne sile

Koeficijenti redukcije za granicu popuštanja i modul elastičnosti čeličnog elementa u 20-oj minuti djelovanja požara za iznos temperature od  $68 \text{ [}^\circ\text{C]}$ :

$$k_{y,\theta} = \frac{f_{y,\theta}}{f_y} = 1,00$$

Otpornost elementa na uzdužnu vlačnu silu  $N_{f_i,\theta,Rd} = k_{y,\theta} \cdot N_{RD} \cdot \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M,f_i}}$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,038 \cdot 23,5}{1,1} = 171,72 \text{ kN}$$

$$N_{f_i,\theta,Rd} = 1 \cdot 171,72 \cdot \frac{1}{1} = 171,72 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti  $N_{b,f_i,t,Rd} \geq N_{f_i,Ed}$

$$171,72 \text{ (kN)} > 168,30 \text{ (kN)}$$

uvjet je zadovoljen

Iskoristivost:

$$\frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{168,30}{171,20} = 0,97 < 1$$

Element s konačnom debljinom zaštite od 4 cm zadovoljava u pogledu požarne otpornosti.

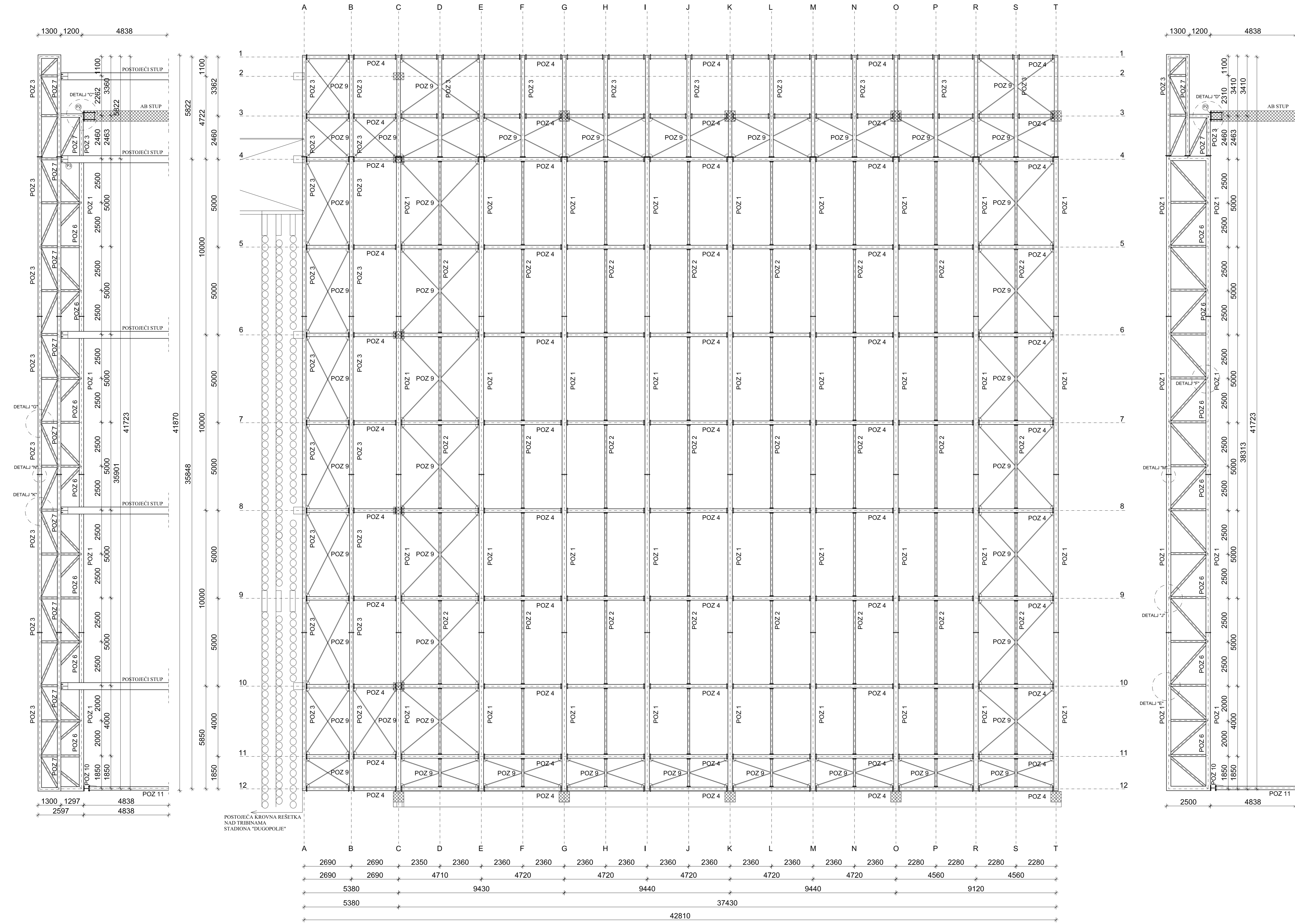
## 9. ISKAZ MATERIJALA

| <b>ISKAZ MATERIJALA</b>                  |                        |
|--|------------------------|
| <b>POZICIJE</b>                          | <b>UKUPNO<br/>(kg)</b> |
| SEGMENT 1                                | 27968,22               |
| SEGMENT 2                                | 25132,87               |
| SEGMENT 3                                | 4769,72                |
| SEGMENT 4                                | 4541,08                |
| SEGMENT 5                                | 11186,70               |
| SEGMENT 6                                | 5131,00                |
| SEGMENT 7                                | 3893,78                |
| SEGMENT 8                                | 3558,52                |
| SEGMENT 9                                | 3795,20                |
| SEGMENT 10                               | 3452,38                |
| SEGMENT 11                               | 4396,68                |
| SEGMENT 12                               | 3626,55                |
| SEGMENT 13                               | 18136,35               |
| SEGMENT 14                               | 3486,78                |
| SEGMENT 15                               | 3417,48                |
| SEGMENT 16                               | 977,00                 |
| SEGMENT 17                               | 5173,68                |
| SEGMENT 18                               | 1666,64                |
| POZ 11                                   | 2233,76                |
| POZ 2                                    | 9283,00                |
| POZ 4                                    | 1272,37                |
| POZ 12                                   | 1340,08                |
| POZ 9                                    | 6511,18                |
| <b>UKUPNO (kg)</b>                       | <b>154951,02</b>       |
| <b>DODATAK NA SPOJNA<br/>SREDSTVA 2%</b> | <b>3099,02</b>         |
| <b>SVEUKUPNO (kg)</b>                    | <b>158050,04</b>       |
| <b>kg/m<sup>2</sup></b>                  | <b>87,76</b>           |

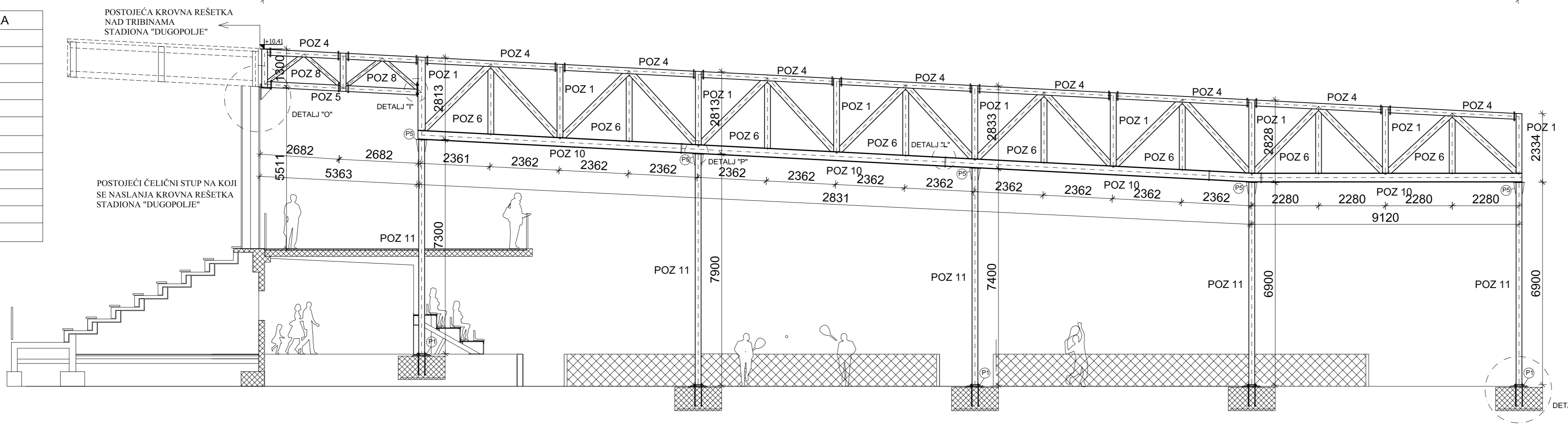
## 10. GRAFIČKI PRILOZI

- Plan pozicija nosive konstrukcije M 1:100
- Radionički nacrt montažnog stupa M 1:50
- Radionički nacrt rešetke M 1:50
- Radionički nacrt rešetke M 1:50
- Radionički nacrt rešetke M 1:50
- Radionički nacrt rešetke M 1:50
- Radionički nacrt sekundarne rešetke M 1:50
- Radionički nacrt sekundarne rešetke M 1:50
- Radionički nacrt gornje podrožnice M 1:50
- Detalj A
- Detalj B
- Detalj C
- Detalj D
- Detalj E
- Detalj F
- Detalj G
- Detalj H
- Detalj I
- Detalj J
- Detalj K
- Detalj L
- Detalj M
- Detalj N
- Detalj O
- Detalj P
- Detalj R





| POZ | OZNAKA PROFILA |
|-----|----------------|
| 1   | 250X250X10     |
| 2   | 120X120X5      |
| 3   | 200X200X8.8    |
| 4   | 200X200X6      |
| 5   | 200X200X7.1    |
| 6   | 180X120X6      |
| 7   | 120X120X5      |
| 8   | 120X120X5      |
| 9   | RD 32          |
| 10  | HEA 320        |
| 11  | HEB 200        |
| 12  | 180X120X6      |



PLAN POZICIJA NOSIVE KONSTRUKCIJE  
M 1:100  
ČELIK S235  
BETON C 25/30

**DIPLOMSKI RAD**

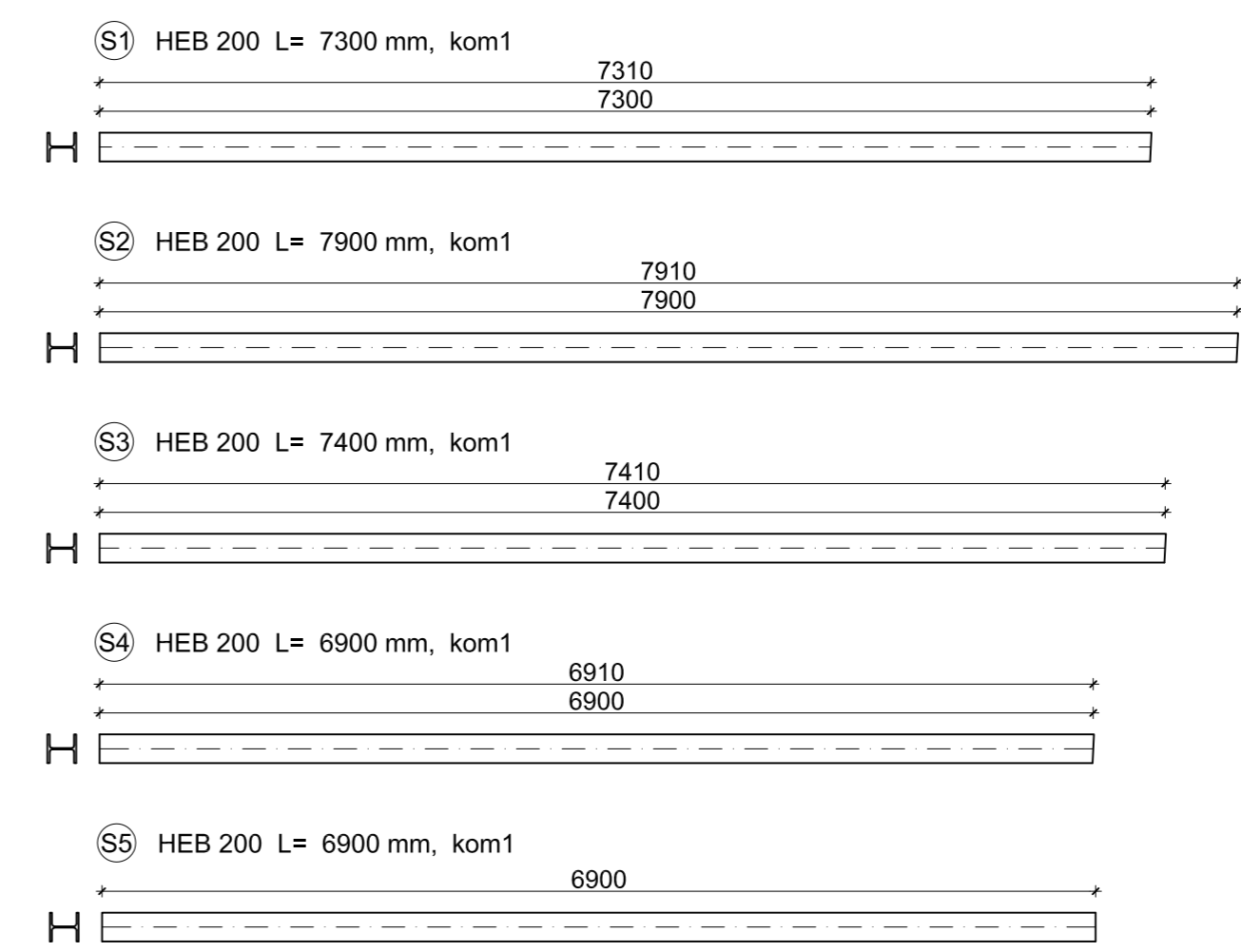
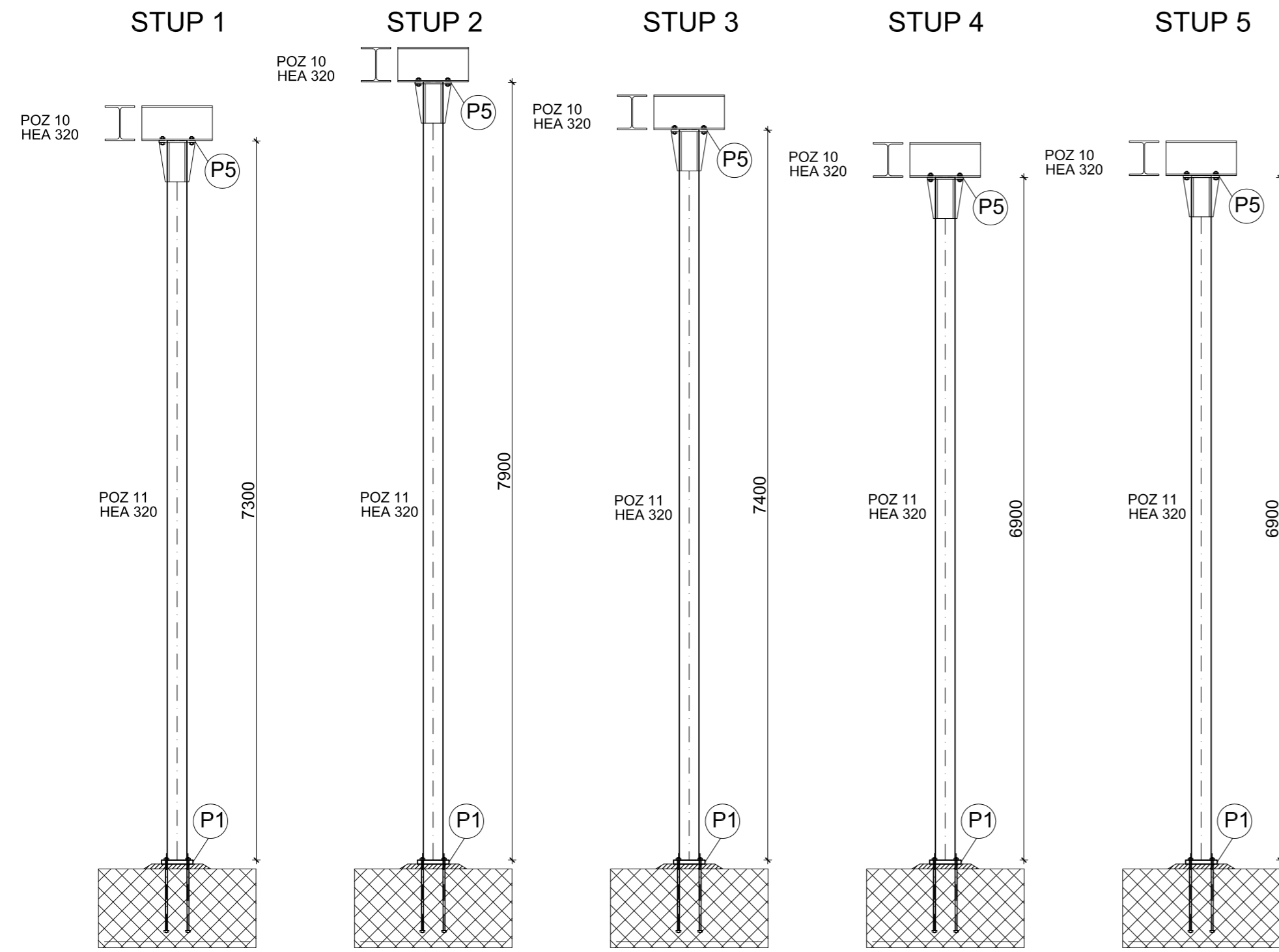
ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D" SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"

STUDENT: **Mirković Ana** MENTOR: **Doc. dr. sc. Neno Torić**

SADRŽAJ: PLAN POZICIJA KONSTRUKCIJE MJEŠKO: 1:100

DATUM: **srpanj 2015.** PRILOG: **1**

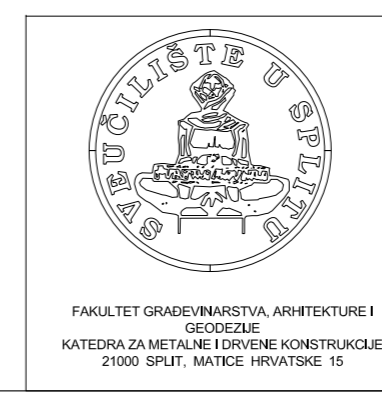
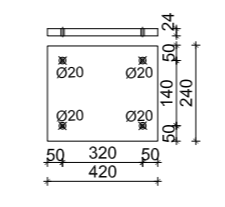
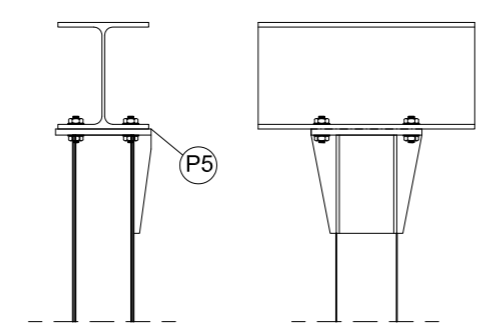
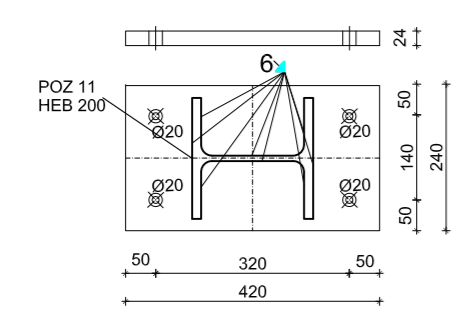
### RADIONIČKI NACRT MONTAŽNOG STUPA MJ 1:50



| ISKAZ MATERIJALA                                 |                |      |       |                  |             |
|--|----------------|------|-------|------------------|-------------|
| POZ  | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED. MASA (kg/m) | UKUPNO (kg) |
| S1   | HEB 200        | 1    | 7,310 | 61,30            | 448,10      |
| S2   | HEB 200        | 1    | 7,910 | 61,30            | 484,88      |
| S3   | HEB 200        | 1    | 7,410 | 61,30            | 454,23      |
| S4   | HEB 200        | 1    | 6,910 | 61,30            | 423,58      |
| S5   | HEB 200        | 1    | 6,900 | 61,30            | 422,97      |
| Σ  |                |      |       |                  | 2233,76     |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSVA I DODATNI MATERIJAL 2% |                |      |       |                  | 44,68       |
| UKUPNA MASA Σ                                    |                |      |       |                  | 2278,44     |

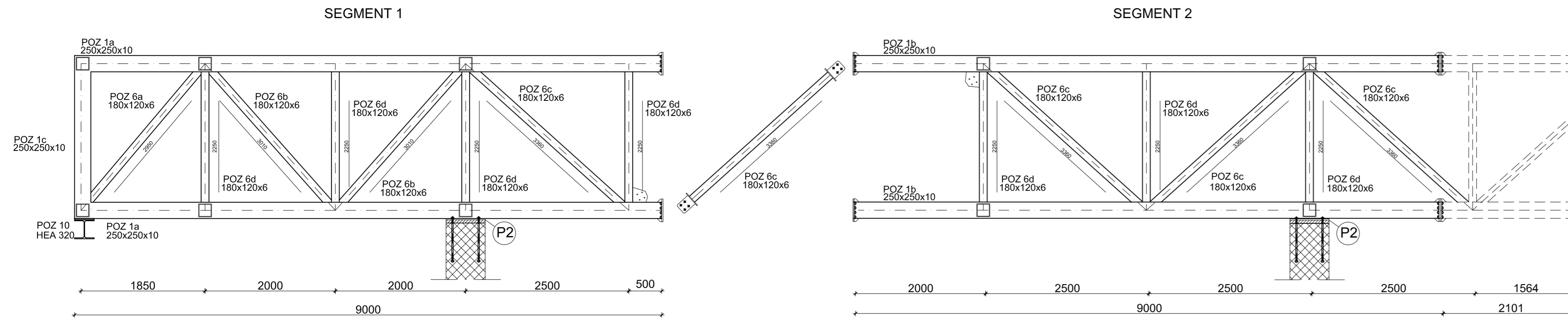
(P1) 420/240/24 S-275 kom. 1 po stupu

(P5) 630/730/24 S-275 kom. 1 po stupu

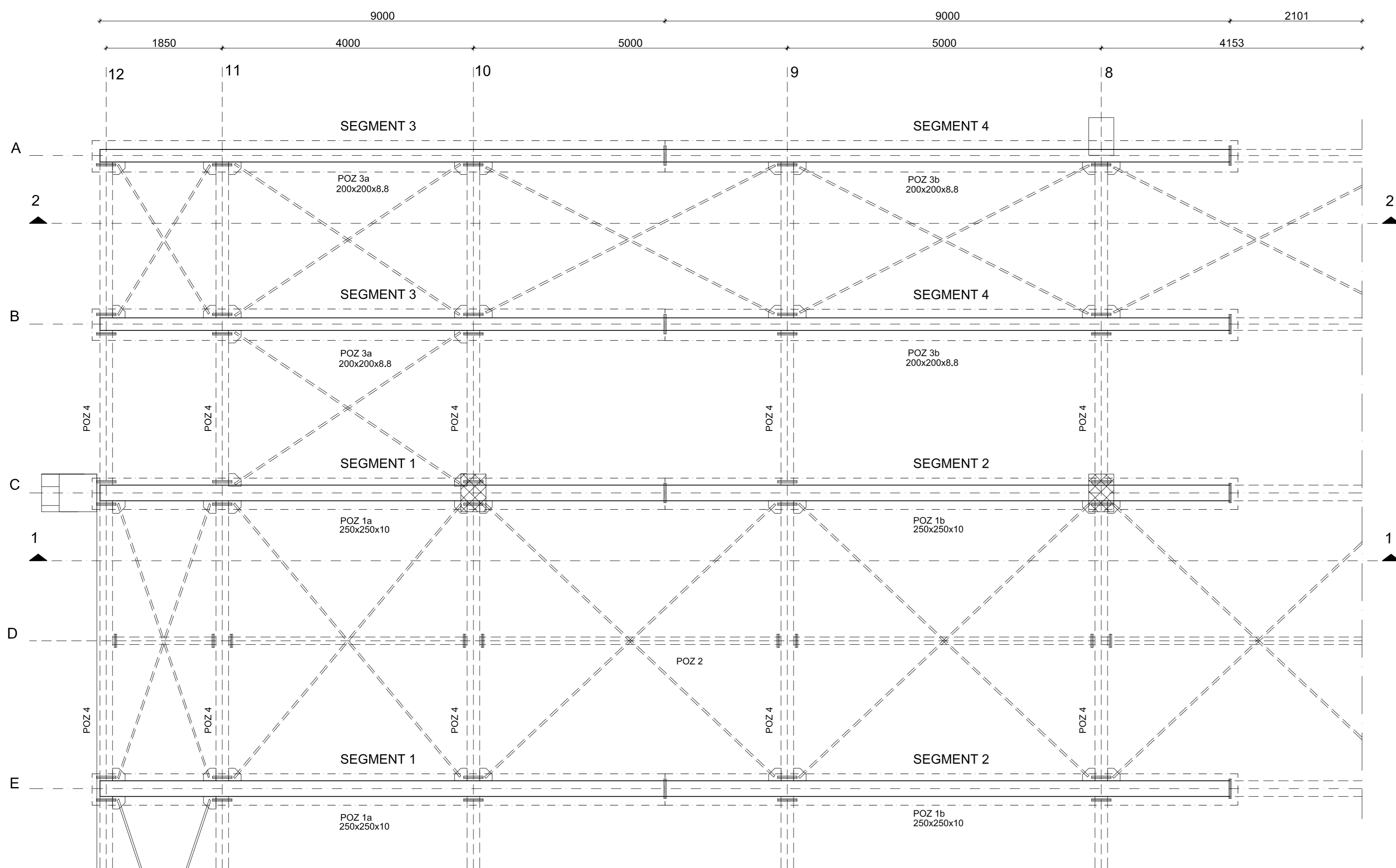
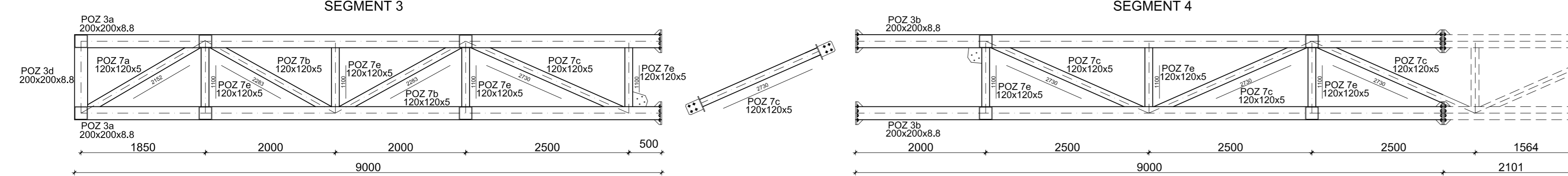


| DIPLOMSKI RAD  |                                    |  |
|--|------------------------------------|--|
| ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D" SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |                                    |  |
| STUDENT:<br><b>Mrkonjić Ana</b>  | MENTOR:<br>Doc. dr. sc. Neno Torić |  |
| SADRŽAJ: RADIONIČKI NACRT STUPA  | MJERILO: 1:50                      |  |
| DATUM: srpanj 2015.  | PRILOG: 2                          |  |

POGLED 1-1

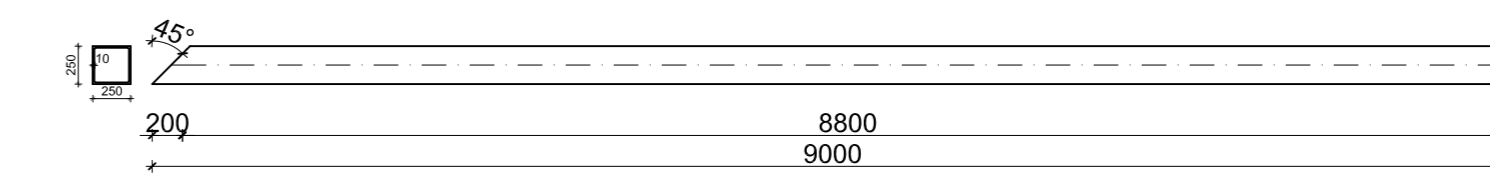


POGLED 2-2

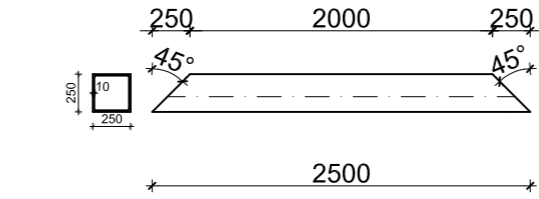


SEGMENT 1

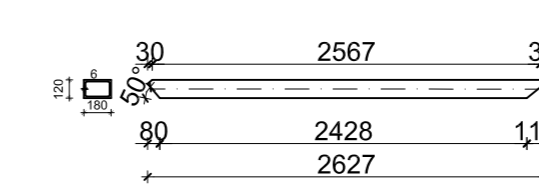
POZ 1a 250x250x10, L= 9000 mm, kom 2



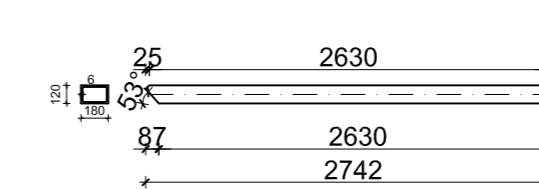
POZ 1c 250x250x10, L= 2500 mm, kom 1



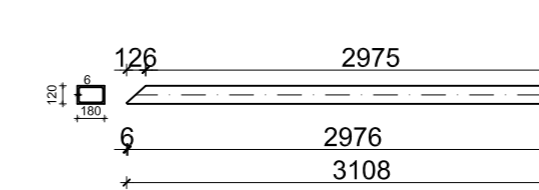
POZ 6a 180x120x6, L= 2627 mm, kom 1



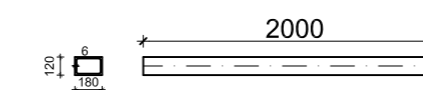
POZ 6b 180x120x6, L= 2742 mm, kom 2



POZ 6c 180x120x6, L= 3108 mm, kom 1

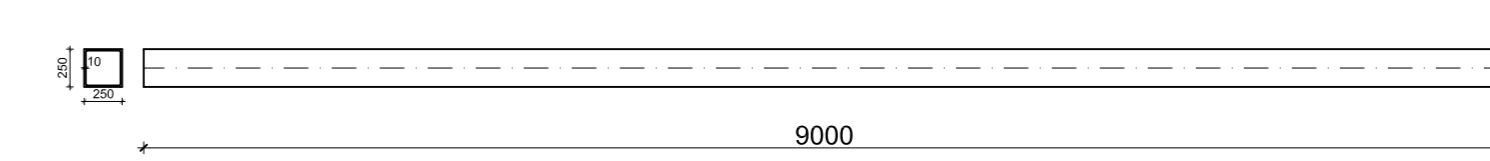


POZ 6d 180x120x6, L= 2000 mm, kom 4

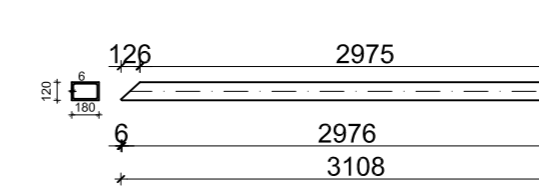


SEGMENT 2

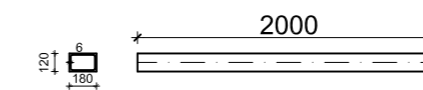
POZ 1b 250x250x10, L= 9000 mm, kom 2



POZ 6c 180x120x6, L= 3108 mm, kom 4

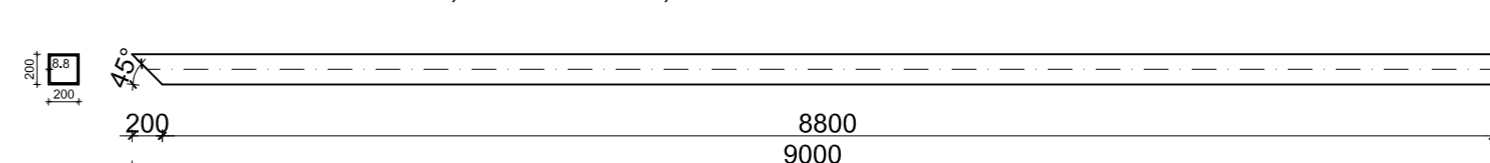


POZ 6d 180x120x6, L= 2000 mm, kom 3

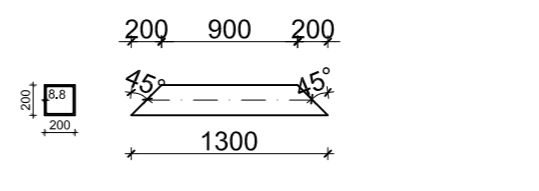


SEGMENT 3

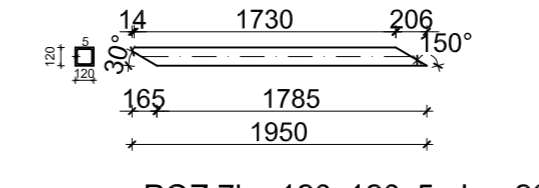
POZ 3a 200x200x8.8, L= 9000 mm, kom 2



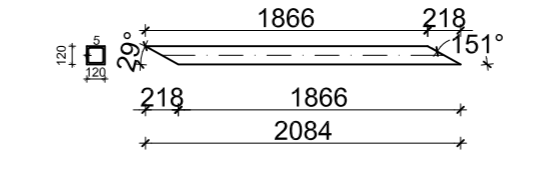
POZ 3d 200x200x8.8, L= 1300 mm, kom 1



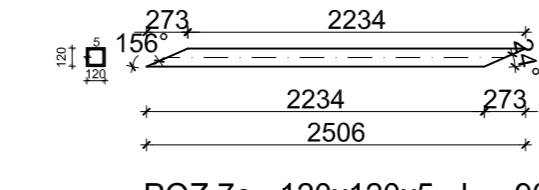
POZ 7a 120x120x5, L= 1950 mm, kom 1



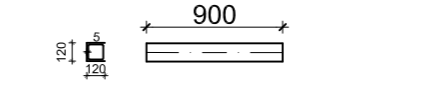
POZ 7b 120x120x5, L= 2084 mm, kom 2



POZ 7c 120x120x5, L= 2506 mm, kom 1

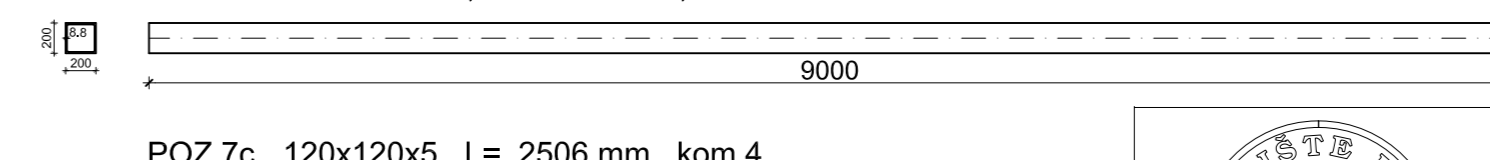


POZ 7e 120x120x5, L= 900 mm, kom 4

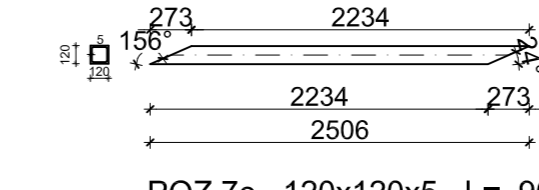


SEGMENT 4

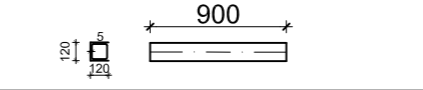
POZ 3b 200x200x8.8, L= 9000 mm, kom 2



POZ 7c 120x120x5, L= 2506 mm, kom 4



POZ 7e 120x120x5, L= 900 mm, kom 3



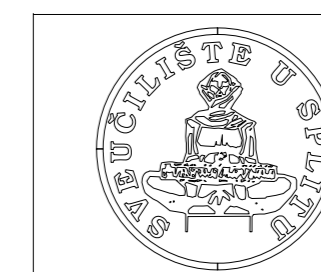
| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 1 |                |      |       |                 |             |
|-------------------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| POZICIJE                      | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED.MASA (kg/m) | UKUPNO (kg) |
| 1a                            | 250x250x10     | 2    | 9,000 | 72,70           | 1308,60     |
| 1c                            | 250x250x10     | 1    | 2,500 | 72,70           | 181,75      |
| 6a                            | 180x120x6      | 1    | 2,627 | 26,40           | 69,35       |
| 6b                            | 180x120x6      | 2    | 2,742 | 26,40           | 144,78      |
| 6c                            | 180x120x6      | 1    | 3,108 | 26,40           | 82,05       |
| 6d                            | 180x120x6      | 4    | 2,000 | 26,40           | 211,20      |
| UKUPNO                        |                |      |       |                 | 1997,73     |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2% |                |      |       |                 | 39,95       |
| UKUPNA MASA                   |                |      |       |                 | 2037,69     |
| SEGMENT 1 KOM.14              |                |      |       |                 | 28527,61    |

| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 2 |                |      |       |                 |             |
|-------------------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| POZICIJE                      | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED.MASA (kg/m) | UKUPNO (kg) |
| 1a                            | 250x250x10     | 2    | 9,000 | 72,70           | 1308,60     |
| 6c                            | 180x120x6      | 4    | 3,108 | 26,40           | 328,20      |
| 6d                            | 180x120x6      | 3    | 2,000 | 26,40           | 158,40      |
| UKUPNO                        |                |      |       |                 | 1795,208    |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2% |                |      |       |                 | 35,90       |
| UKUPNA MASA                   |                |      |       |                 | 1831,11     |
| SEGMENT 2 KOM.14              |                |      |       |                 | 25635,52    |

| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 3 |                |      |       |                 |             |
|-------------------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| POZICIJE                      | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED.MASA (kg/m) | UKUPNO (kg) |
| 3a                            | 200x200x8.8    | 2    | 9,000 | 50,70           | 912,60      |
| 3d                            | 200x200x8.8    | 1    | 1,300 | 50,70           | 65,91       |
| 7a                            | 120x120x5      | 1    | 1,950 | 17,50           | 34,13       |
| 7b                            | 120x120x5      | 2    | 2,084 | 17,50           | 72,94       |
| 7c                            | 120x120x5      | 1    | 2,506 | 17,50           | 43,86       |
| 7e                            | 120x120x5      | 4    | 0,900 | 17,50           | 63,00       |
| UKUPNO                        |                |      |       |                 | 1192,43     |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2% |                |      |       |                 | 23,85       |
| UKUPNA MASA                   |                |      |       |                 | 1216,28     |
| SEGMENT 3 KOM.4               |                |      |       |                 | 4865,11     |

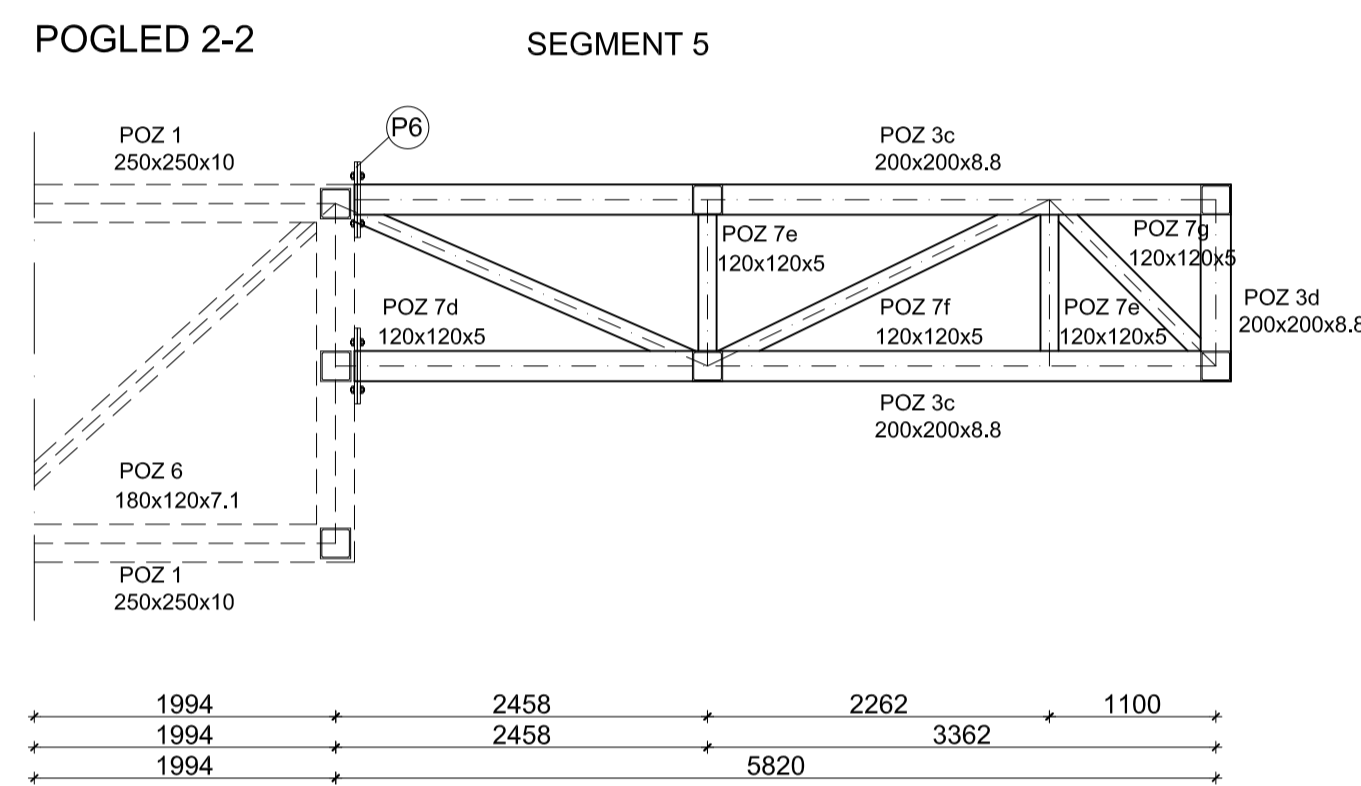
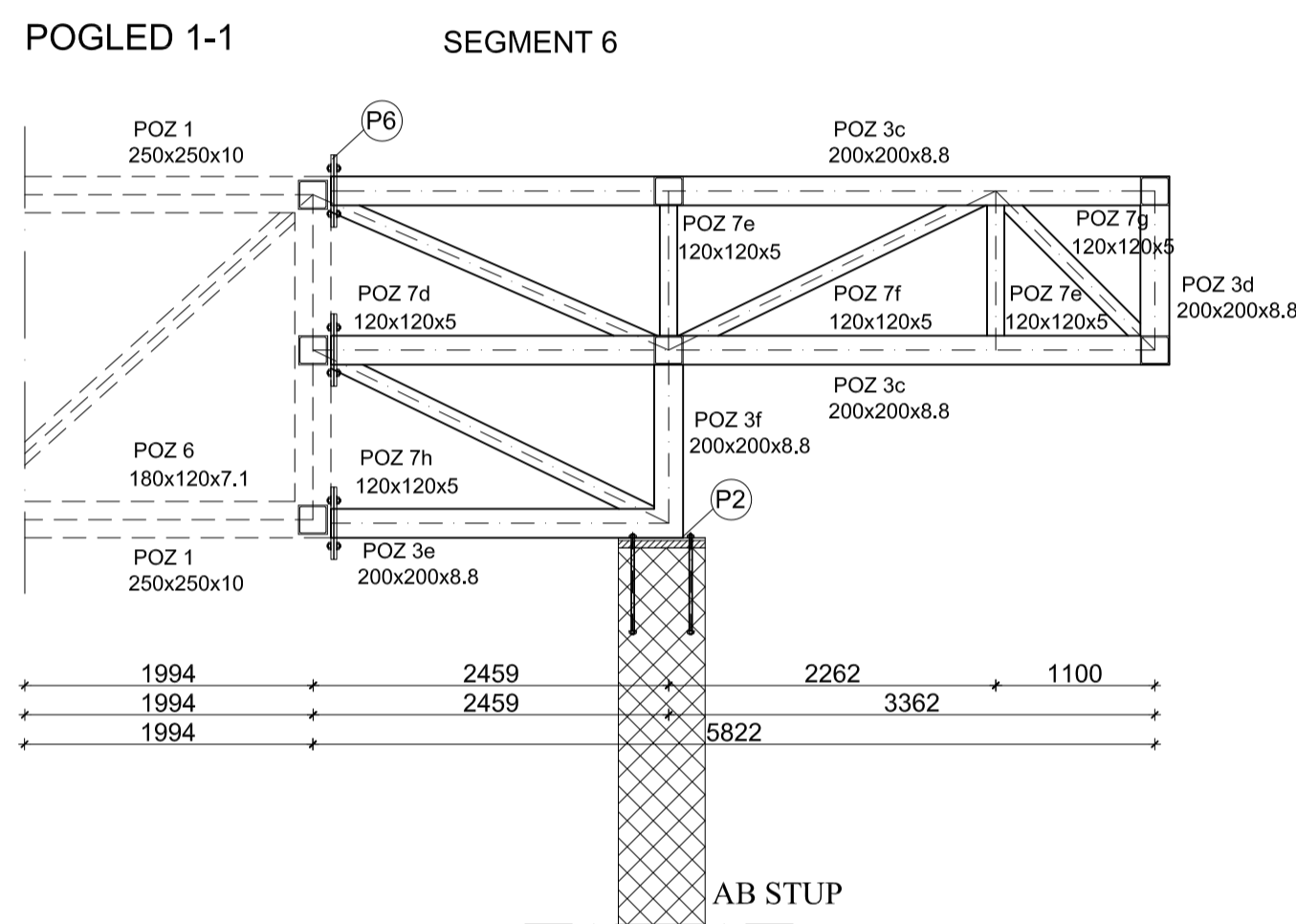
| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 4 |                |      |       |                 |             |
|-------------------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| POZICIJE                      | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED.MASA (kg/m) | UKUPNO (kg) |
| 3b                            | 200x200x8.8    | 2    | 9,000 | 50,70           | 912,60      |
| 7c                            | 120x120x5      | 4    | 2,506 | 17,50           | 175,42      |
| 7e                            | 120x120x5      | 3    | 0,900 | 17,50           | 47,25       |
| UKUPNO                        |                |      |       |                 | 1135,27     |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2% |                |      |       |                 | 22,71       |
| UKUPNA MASA                   |                |      |       |                 | 1157,98     |
| SEGMENT 4 KOM.4               |                |      |       |                 | 4631,90     |

RADIONIČKI NACRT REŠETKE MJ 1:50



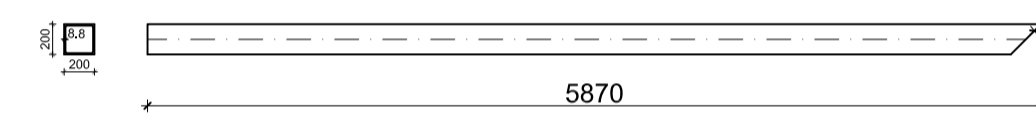
| DIPLOMSKI RAD                    |   |         |                         |
|----------------------------------|---|---------|-------------------------|
| ZADATAK:                         | PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D" SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |         |                         |
| STUDENT:                         | Mrkonjić Ana  | MENTOR: | Doc. dr. sc. Neno Torić |
| SADRŽAJ RADIONIČKI NACRT REŠETKE | MJERILO   | 1:50    |                         |
| DATUM                            | srpanj 2015.  | PRILOG  | 3                       |

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I LEPNE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

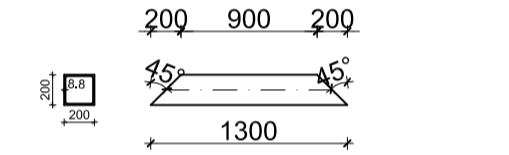


**SEGMENT 6**

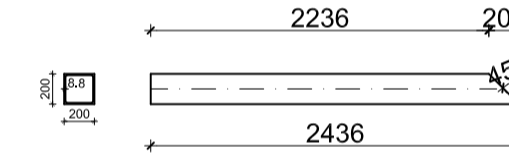
POZ 3c 200x200x8.8, L= 5870 mm, kom 2



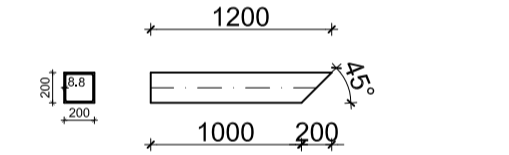
POZ 3d 200x200x8.8, L= 1300 mm, kom 1



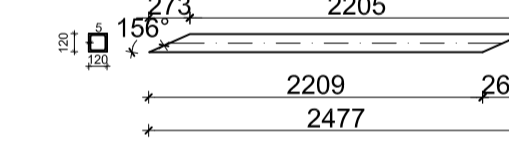
POZ 3e 200x200x8.8, L= 2436 mm, kom 1



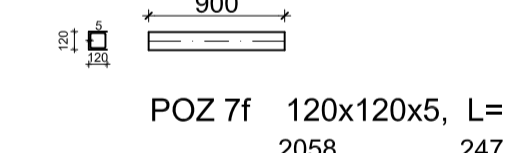
POZ 3f 200x200x8.8, L= 1200 mm, kom 1



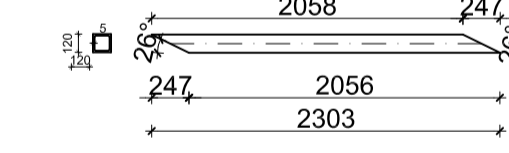
POZ 7d 120x120x5, L= 2477 mm, kom 1



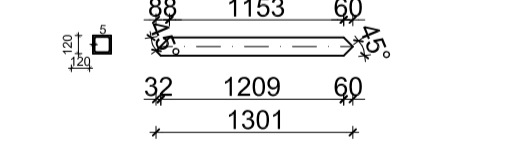
POZ 7e 120x120x5, L= 900 mm, kom 2



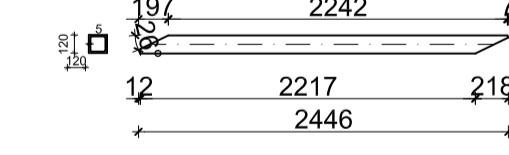
POZ 7f 120x120x5, L= 2303 mm, kom 1



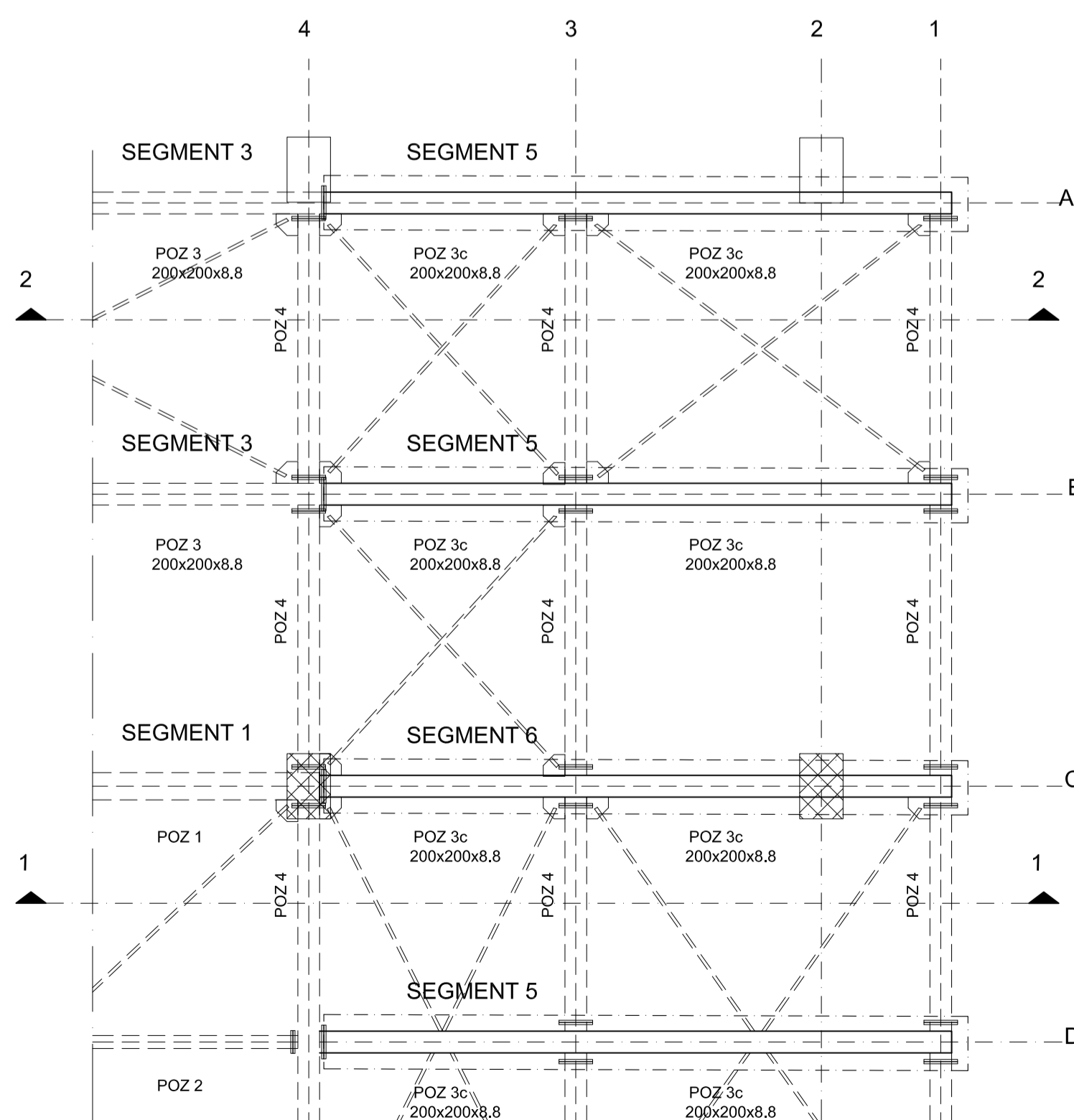
POZ 7g 120x120x5, L= 1301 mm, kom 1



POZ 7h 120x120x5, L= 2446 mm, kom 1

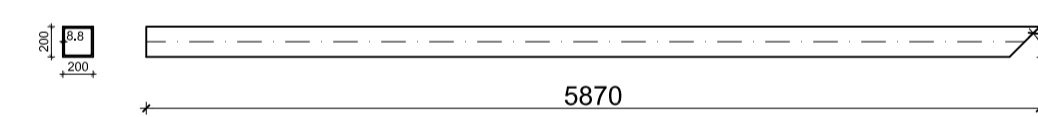


| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 6 |                |      |       |                 |             |
|-------------------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| POZICIJE                      | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED.MASA (kg/m) | UKUPNO (kg) |
| 3c                            | 200x200x8.8    | 2    | 5,870 | 50,70           | 595,22      |
| 3d                            | 200x200x8.8    | 1    | 1,300 | 50,70           | 65,91       |
| 3e                            | 200x200x8.8    | 1    | 2,436 | 50,70           | 123,51      |
| 3f                            | 200x200x8.8    | 1    | 1,200 | 50,70           | 60,84       |
| 7d                            | 120x120x5      | 1    | 2,477 | 17,50           | 43,35       |
| 7e                            | 120x120x5      | 2    | 0,900 | 17,50           | 31,50       |
| 7f                            | 120x120x5      | 1    | 2,303 | 17,50           | 40,30       |
| 7g                            | 120x120x5      | 1    | 1,301 | 17,50           | 22,77       |
| 7h                            | 120x120x5      | 1    | 2,446 | 17,50           | 42,81       |
| UKUPNO                        |                |      |       |                 | 1026,20     |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2% |                |      |       |                 | 20,52       |
| UKUPNA MASA                   |                |      |       |                 | 1046,72     |
| SEGMENT 6 KOM.5               |                |      |       |                 | 5233,60     |

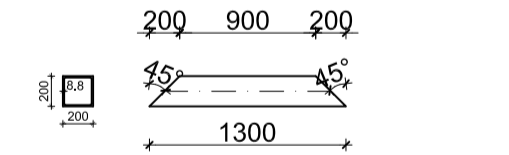


**SEGMENT 5**

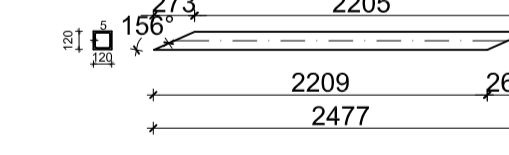
POZ 3c 200x200x8.8, L= 5870 mm, kom 2



POZ 3d 200x200x8.8, L= 1300 mm, kom 1



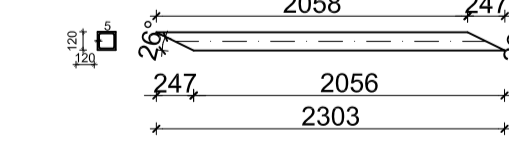
POZ 7d 120x120x5, L= 2477 mm, kom 1



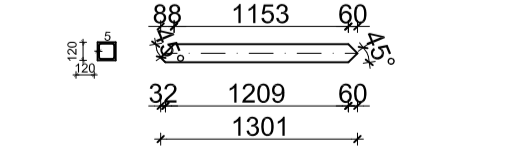
POZ 7e 120x120x5, L= 900 mm, kom 2



POZ 7f 120x120x5, L= 2303 mm, kom 1



POZ 7g 120x120x5, L= 1301 mm, kom 1



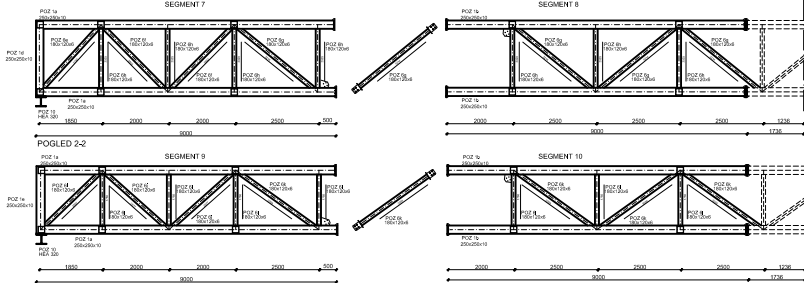
| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 5 |                |      |       |                 |             |
|-------------------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| POZICIJE                      | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED.MASA (kg/m) | UKUPNO (kg) |
| 3c                            | 200x200x8.8    | 2    | 5,870 | 50,70           | 595,22      |
| 3d                            | 200x200x8.8    | 1    | 1,300 | 50,70           | 65,91       |
| 7d                            | 120x120x5      | 1    | 2,477 | 17,50           | 43,35       |
| 7e                            | 120x120x5      | 2    | 0,900 | 17,50           | 31,50       |
| 7f                            | 120x120x5      | 1    | 2,303 | 17,50           | 40,30       |
| 7g                            | 120x120x5      | 1    | 1,301 | 17,50           | 22,77       |
| UKUPNO                        |                |      |       |                 | 799,05      |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2% |                |      |       |                 | 15,98       |
| UKUPNA MASA                   |                |      |       |                 | 815,03      |
| SEGMENT 5 KOM.14              |                |      |       |                 | 11410,42    |

**RADIONIČKI NACRT REŠETKE MJ 1:50**

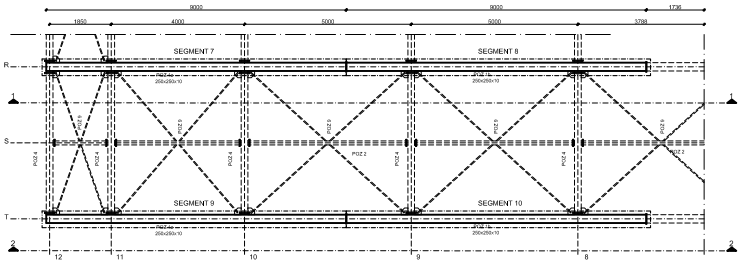
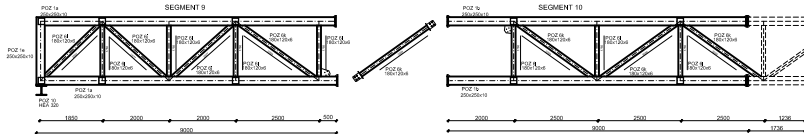


| DIPLOMSKI RAD  |                          |         |                         |
|--|--------------------------|---------|-------------------------|
| ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D" SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |                          |         |                         |
| STUDENT:   | Mrkonjić Ana             | MENTOR: | Doc. dr. sc. Neno Torić |
| SADRŽAJ  | RADIONIČKI NACRT REŠETKE | MJERILO | 1:50                    |
| DATUM  | srpanj 2015.             | PRILOG  | 4                       |

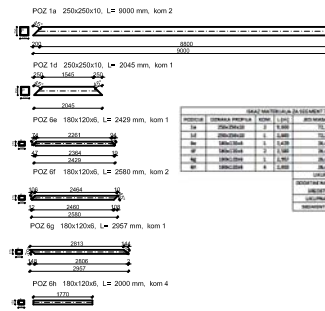
POGLED 1-1



POGLED 2-2

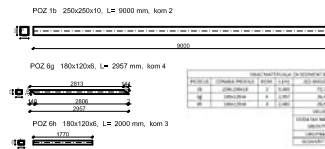


SEGMENT 7



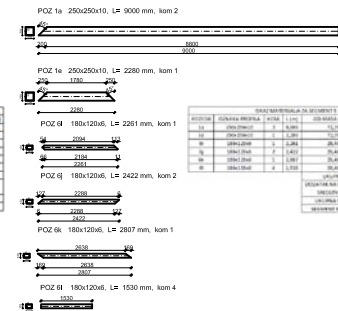
| OPŠTI NAZIVANJA ZA SEGMENT 7 |            |            |                 |
|------------------------------|------------|------------|-----------------|
| OPŠTI NAZIVANJE              | ŠIFRA      | PROJEKCIJA | OPŠTI NAZIVANJE |
| 1a                           | 250x250x10 | L= 9000    | 1d              |
| 6a                           | 180x120x6  | L= 2429    | 6b              |
| 6c                           | 180x120x6  | L= 2580    | 6d              |
| 6e                           | 180x120x6  | L= 2667    | 6f              |
| 6g                           | 180x120x6  | L= 2000    | 6h              |

SEGMENT 8



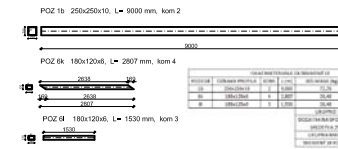
| OPŠTI NAZIVANJA ZA SEGMENT 8 |            |            |                 |
|------------------------------|------------|------------|-----------------|
| OPŠTI NAZIVANJE              | ŠIFRA      | PROJEKCIJA | OPŠTI NAZIVANJE |
| 1b                           | 250x250x10 | L= 9000    | 6g              |
| 6g                           | 180x120x6  | L= 2957    | 6h              |

SEGMENT 9



| OPŠTI NAZIVANJA ZA SEGMENT 9 |            |            |                 |            |            |
|------------------------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|
| OPŠTI NAZIVANJE              | ŠIFRA      | PROJEKCIJA | OPŠTI NAZIVANJE | ŠIFRA      | PROJEKCIJA |
| 1c                           | 250x250x10 | L= 9000    | 1e              | 220x250x10 | L= 2280    |
| 7a                           | 180x120x6  | L= 2281    | 7b              | 180x120x6  | L= 2422    |
| 7c                           | 180x120x6  | L= 2807    | 7d              | 180x120x6  | L= 1530    |
| 7e                           | 180x120x6  | L= 2807    | 7f              | 180x120x6  | L= 1530    |

SEGMENT 10



| OPŠTI NAZIVANJA ZA SEGMENT 10 |            |            |                 |           |            |
|-------------------------------|------------|------------|-----------------|-----------|------------|
| OPŠTI NAZIVANJE               | ŠIFRA      | PROJEKCIJA | OPŠTI NAZIVANJE | ŠIFRA     | PROJEKCIJA |
| 1f                            | 250x250x10 | L= 9000    | 6i              | 180x120x6 | L= 2807    |
| 6i                            | 180x120x6  | L= 2807    | 6j              | 180x120x6 | L= 1530    |

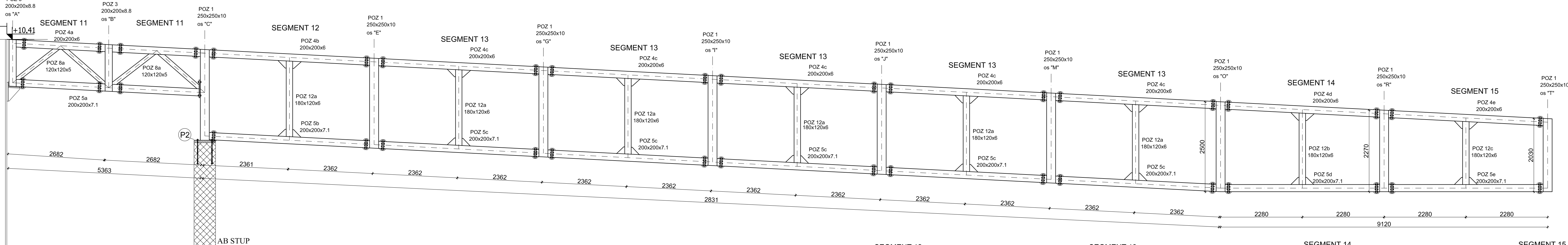
RADIONIČKI NACRT REŠETKE MJ 1:50



| DIPLOMSKI RAD  |                 |             |                          |
|--|-----------------|-------------|--------------------------|
| NAZIV PROJEKTA KONSTRUKCIJE DELATAČIJE "OO" SPORTSKOG CENTRA "DODOPOLJE" |                 |             |                          |
| STUDIJ:  | Mikro: Ana      | GRUPA:      | Doc. dr. sc. Nenad Tobić |
| NAZIV RAZRAČUNSKOG REŠETKA:  | OPŠTI           | ŠIFRA:      | 150                      |
| DATUM:   | septembar 2015. | PROJEKTANT: | AN                       |

POGLED 1-1

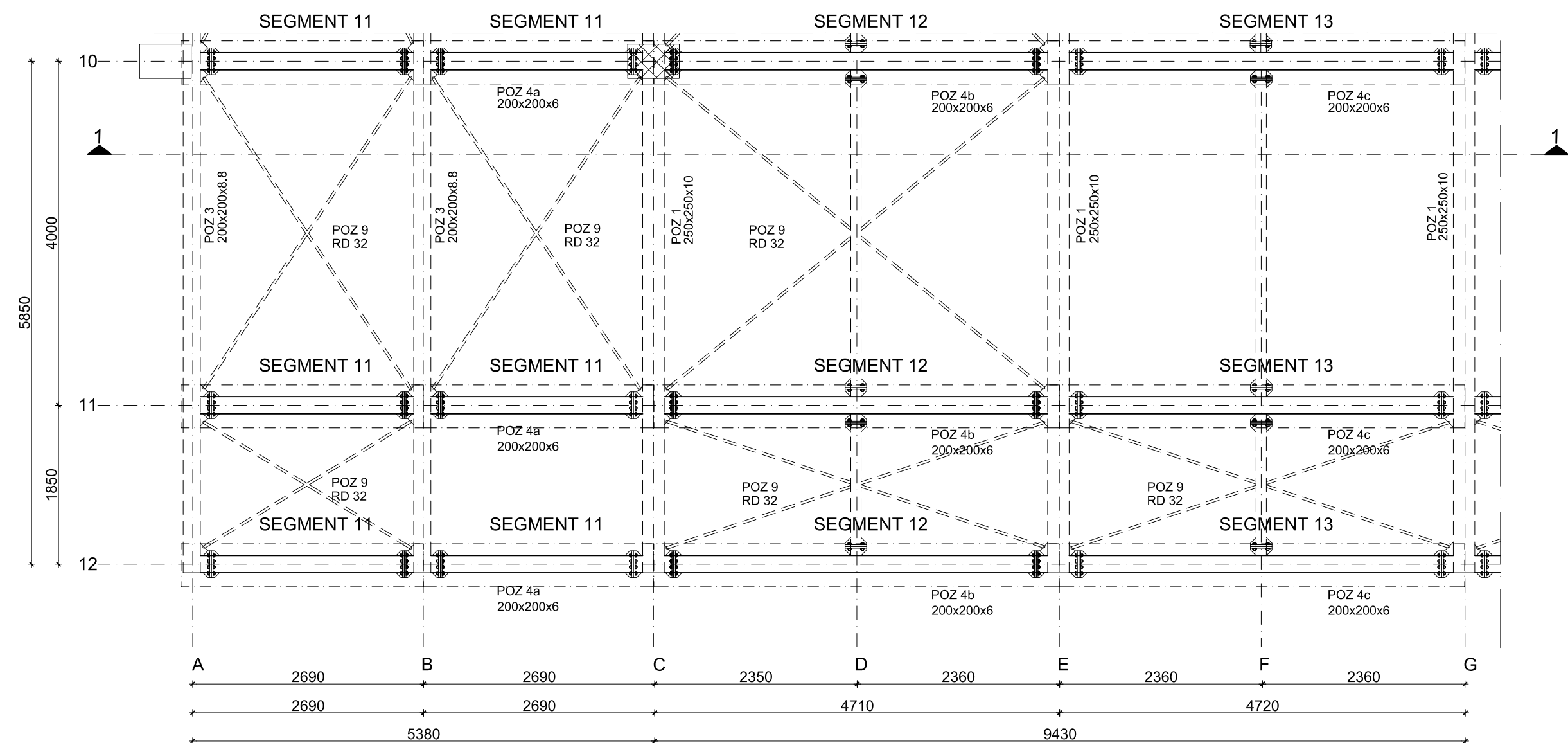
POSTOJEĆA KROVNA REŠETKA  
NAD TRIBINAMA  
STADIONA "DUGOPOLJE"



POSTOJEĆI ČELIČNI STUP NA KOJI SE  
NASLANJA KROVNA REŠETKA STADIONA  
"DUGOPOLJE"

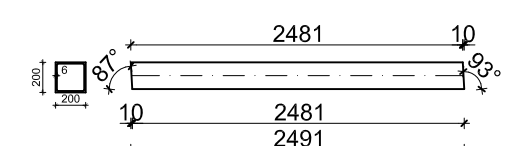
P2

AB STUP

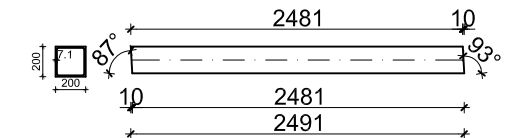


SEGMENT 11

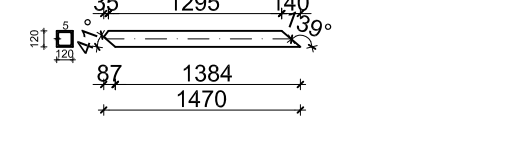
POZ 4a 200x200x6, L= 2491 mm, kom 1



POZ 5a 200x200x7.1, L= 2491 mm, kom 1



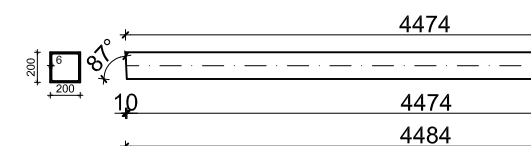
POZ 8a 120x120x5, L= 1470 mm, kom 2



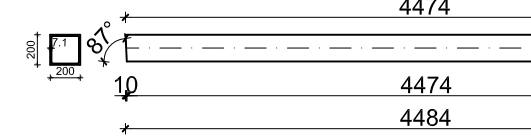
| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 11 |                |              |                  |             |
|--------------------------------|----------------|--------------|------------------|-------------|
| POZICJE                        | OZNAKA PROFILA | KOM. I [kom] | JED. MASA [kg/m] | UKUPNO [kg] |
| 4a                             | 200x200x6      | 1            | 2,491            | 35,80       |
| 5a                             | 200x200x7.1    | 1            | 2,491            | 41,60       |
| 8a                             | 120x120x5      | 2            | 1,470            | 29,40       |
| UKUPNO                         |                |              |                  | 106,80      |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2%  |                |              |                  | 4,89        |
| UKUPNA MASA                    |                |              |                  | 111,69      |
| SEGMENT 11 KOM. 1B             |                |              |                  | 448,53      |

SEGMENT 12

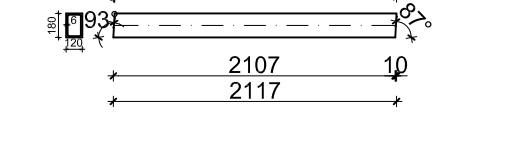
POZ 4b 200x200x6, L= 4484 mm, kom 1



POZ 5b 200x200x7.1, L= 4484 mm, kom 1



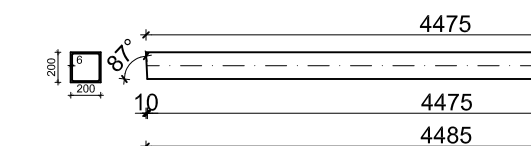
POZ 12a 180x120x6, L= 2117 mm, kom 1



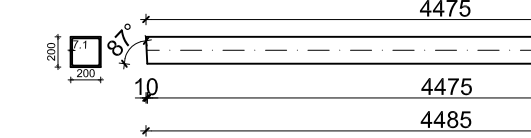
| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 12 |                |              |                  |             |
|--------------------------------|----------------|--------------|------------------|-------------|
| POZICJE                        | OZNAKA PROFILA | KOM. I [kom] | JED. MASA [kg/m] | UKUPNO [kg] |
| 4b                             | 200x200x6      | 1            | 4,484            | 35,80       |
| 5b                             | 200x200x7.1    | 1            | 4,484            | 41,60       |
| 12a                            | 180x120x6      | 1            | 2,117            | 26,60       |
| UKUPNO                         |                |              |                  | 104,00      |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2%  |                |              |                  | 8,06        |
| UKUPNA MASA                    |                |              |                  | 112,06      |
| SEGMENT 12 KOM. 4D             |                |              |                  | 3496,38     |

SEGMENT 13

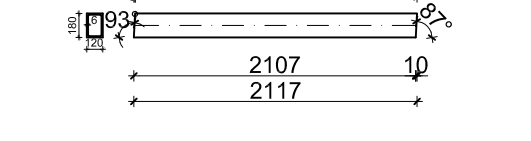
POZ 4c 200x200x6, L= 4485 mm, kom 1



POZ 5c 200x200x7.1, L= 4485 mm, kom 1



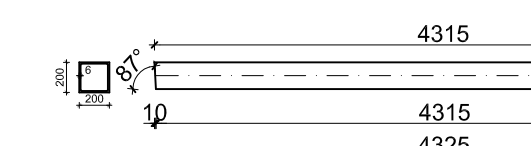
POZ 12a 180x120x6, L= 2117 mm, kom 1



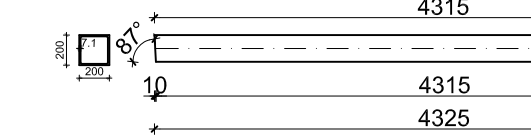
| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 13 |                |              |                  |             |
|--------------------------------|----------------|--------------|------------------|-------------|
| POZICJE                        | OZNAKA PROFILA | KOM. I [kom] | JED. MASA [kg/m] | UKUPNO [kg] |
| 4c                             | 200x200x6      | 1            | 4,485            | 35,80       |
| 5c                             | 200x200x7.1    | 1            | 4,485            | 41,60       |
| 12a                            | 180x120x6      | 1            | 2,117            | 26,60       |
| UKUPNO                         |                |              |                  | 104,00      |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2%  |                |              |                  | 8,06        |
| UKUPNA MASA                    |                |              |                  | 112,06      |
| SEGMENT 13 KOM. 4D             |                |              |                  | 3496,38     |

SEGMENT 14

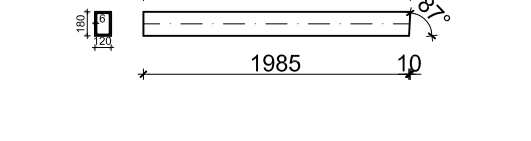
POZ 4d 200x200x6, L= 4325 mm, kom 1



POZ 5d 200x200x7.1, L= 4325 mm, kom 1



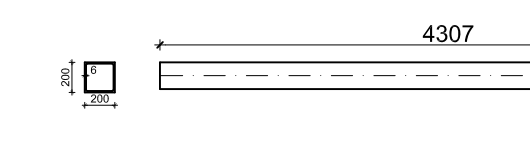
POZ 12b 180x120x6, L= 1995 mm, kom 1



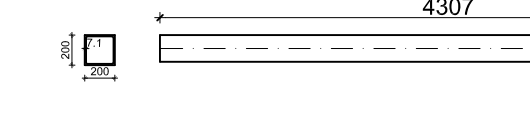
| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 14 |                |              |                  |             |
|--------------------------------|----------------|--------------|------------------|-------------|
| POZICJE                        | OZNAKA PROFILA | KOM. I [kom] | JED. MASA [kg/m] | UKUPNO [kg] |
| 4d                             | 200x200x6      | 1            | 4,325            | 35,80       |
| 5d                             | 200x200x7.1    | 1            | 4,325            | 41,60       |
| 12b                            | 180x120x6      | 1            | 1,995            | 24,80       |
| UKUPNO                         |                |              |                  | 102,20      |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2%  |                |              |                  | 7,75        |
| UKUPNA MASA                    |                |              |                  | 110,05      |
| SEGMENT 14 KOM. 9              |                |              |                  | 3556,53     |

SEGMENT 15

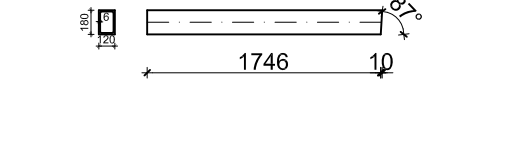
POZ 4e 200x200x6, L= 4307 mm, kom 1



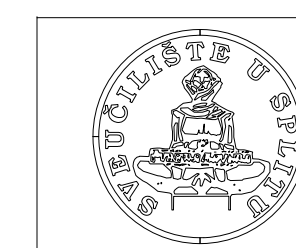
POZ 5e 200x200x7.1, L= 4307 mm, kom 1



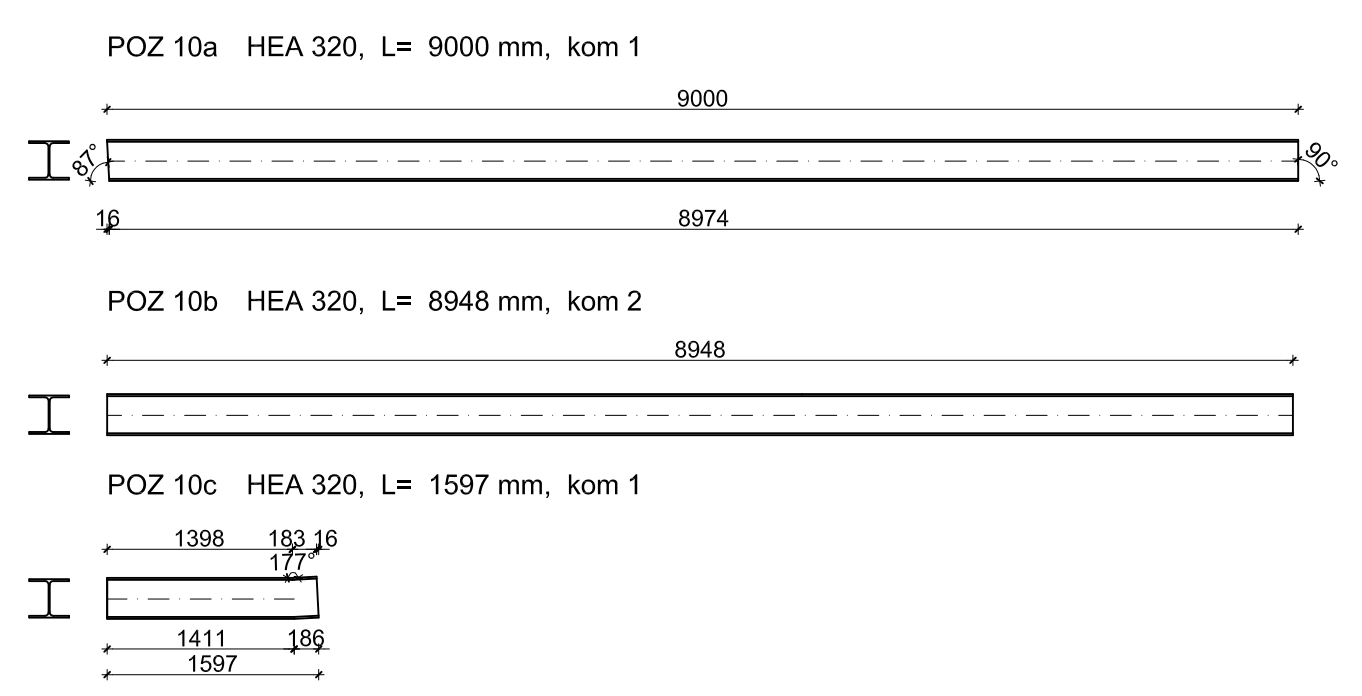
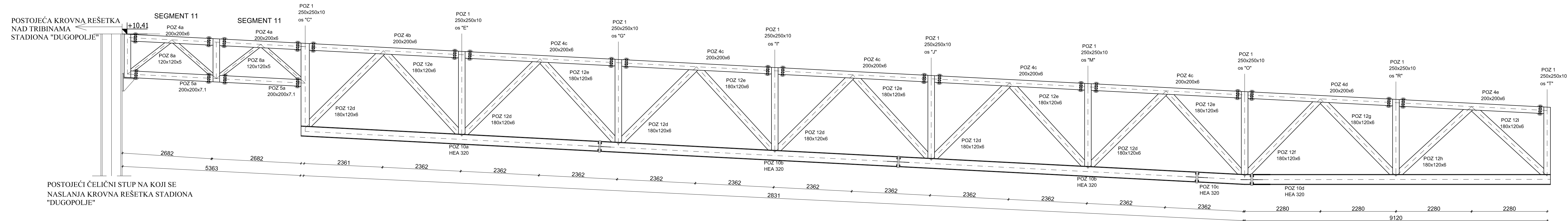
POZ 12c 180x120x6, L= 1756 mm, kom 1



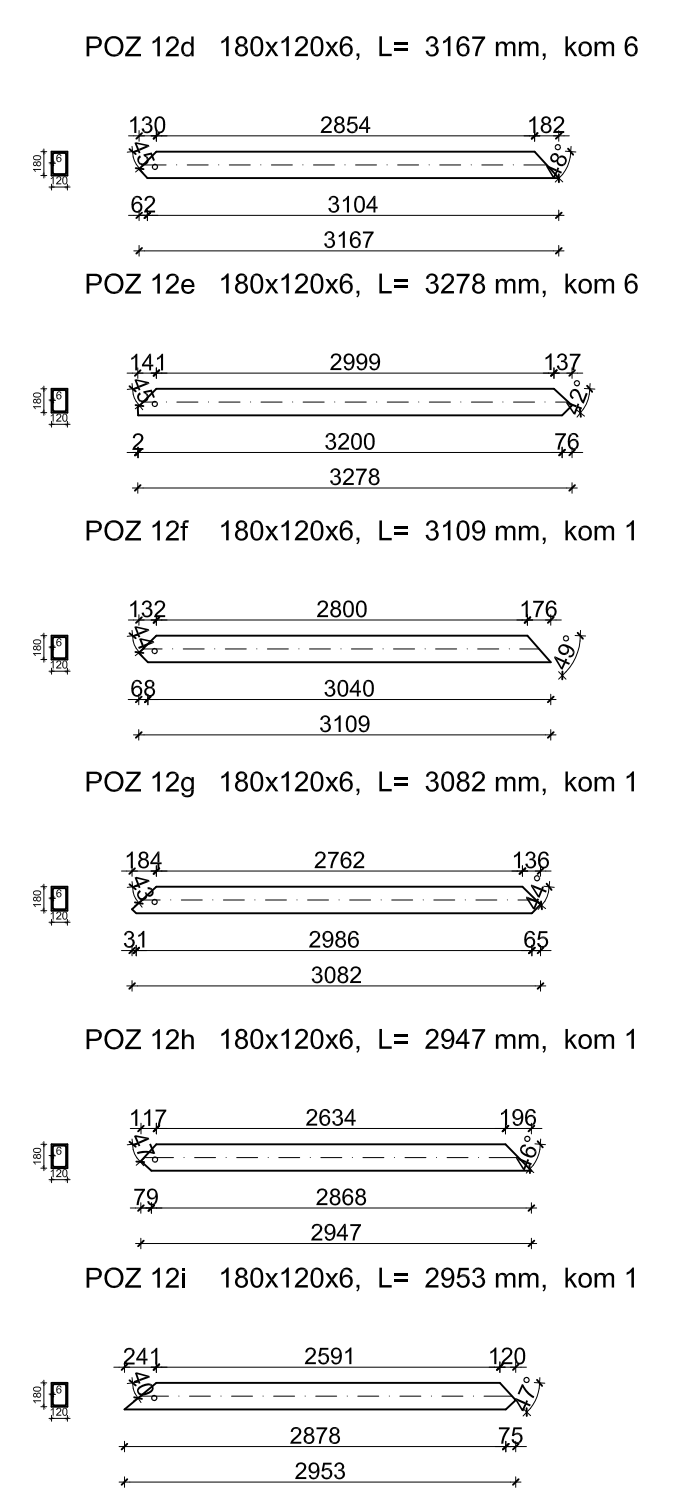
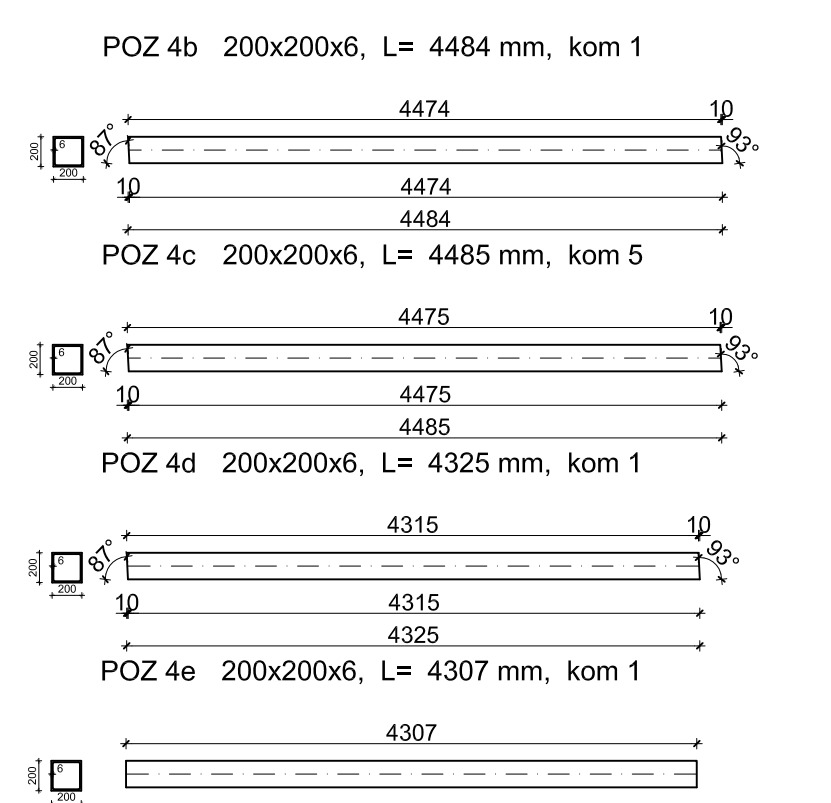
| ISKAZ MATERIJALA ZA SEGMENT 15 |                |              |                  |             |
|--------------------------------|----------------|--------------|------------------|-------------|
| POZICJE                        | OZNAKA PROFILA | KOM. I [kom] | JED. MASA [kg/m] | UKUPNO [kg] |
| 4e                             | 200x200x6      | 1            | 4,307            | 35,80       |
| 5e                             | 200x200x7.1    | 1            | 4,307            | 41,60       |
| 12c                            | 180x120x6      | 1            | 1,756            | 21,60       |
| UKUPNO                         |                |              |                  | 103,00      |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2%  |                |              |                  | 7,59        |
| UKUPNA MASA                    |                |              |                  | 110,59      |
| SEGMENT 15 KOM. 9              |                |              |                  | 3485,83     |



| DIPLOMSKI RAD                    |   |              |                            |
|----------------------------------|---|--------------|----------------------------|
| ZADATAK:                         | PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D" SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |              |                            |
| STUDENT:                         | Mrkonjić Ana  | MENTOR:      | Doc. dr. sc. Neno Torić    |
| BASISNA RADIONIČKI NACRT REŠETKE | DATUM:  | srpanj 2015. | MJERILO: 1:50<br>PRILOG: 6 |



| ISKAZ MATERIJALA |                |      |       |  |             |
|------------------|----------------|------|-------|--|-------------|
| POZ              | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED. MASA (kg/m)                                 | UKUPNO (kg) |
| 10a              | HEA 320        | 1    | 9,000 | 97,30  | 875,70      |
| 10b              | HEA 320        | 2    | 8,948 | 97,30  | 1741,28     |
| 10c              | HEA 320        | 1    | 1,597 | 97,30  | 155,38      |
|                  |                |      |       | Σ  | 2772,36     |
|                  |                |      |       | DODATAK NA SPOJNA SREDSVA I DODATNI MATERIJAL 2% | 55,45       |
|                  |                |      |       | UKUPNA MASA Σ                                    | 2827,81     |

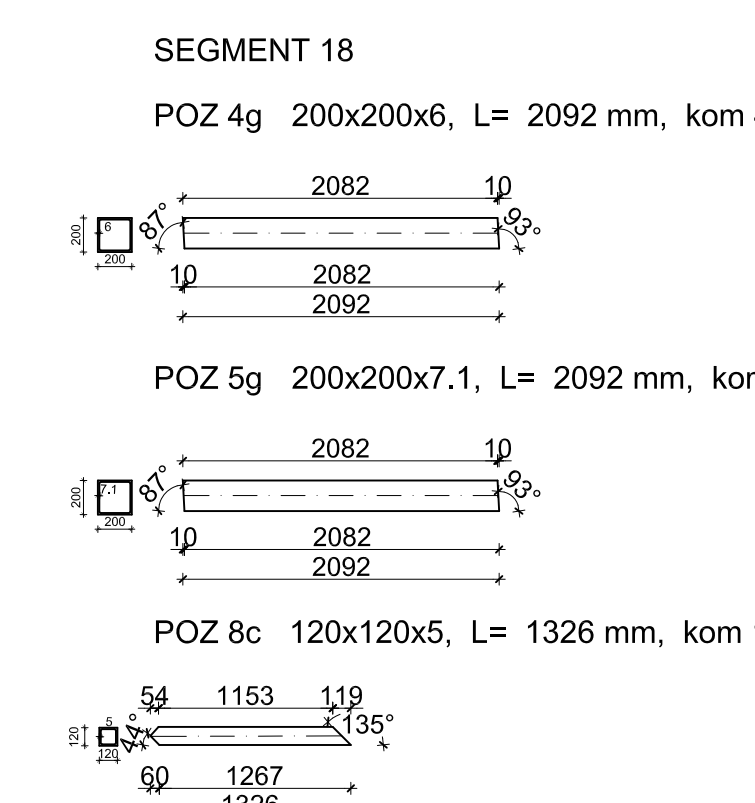
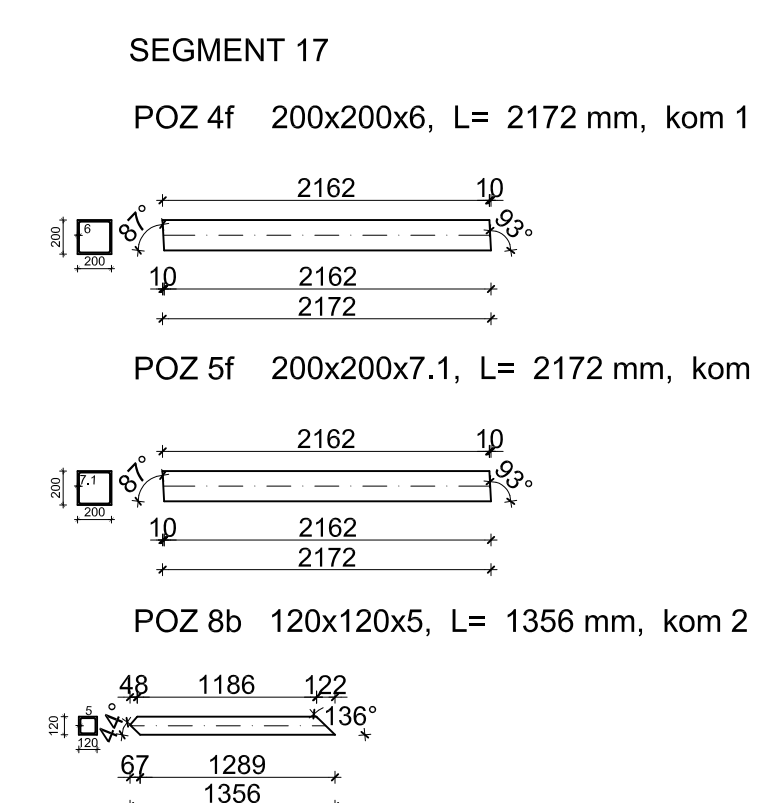
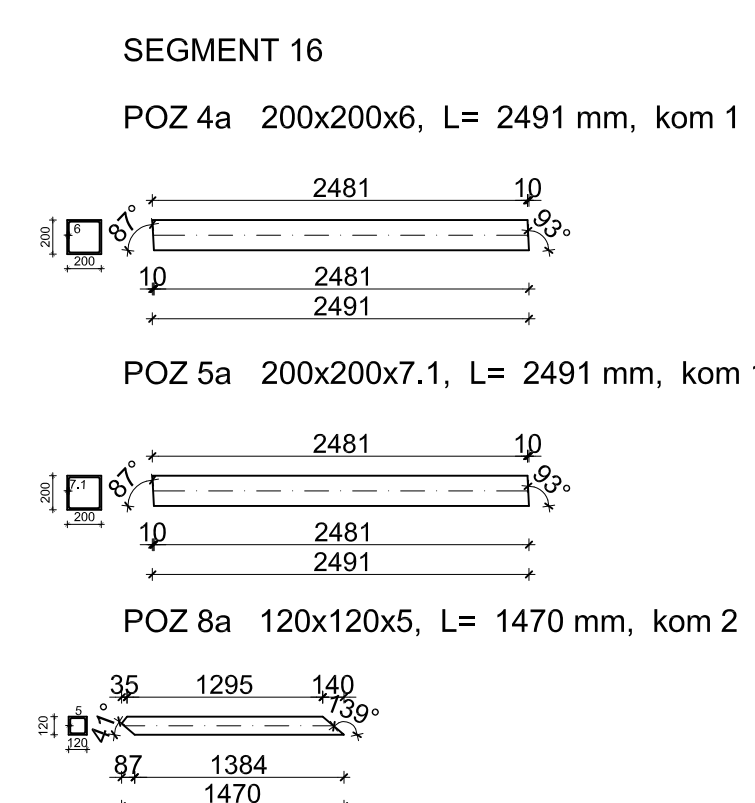
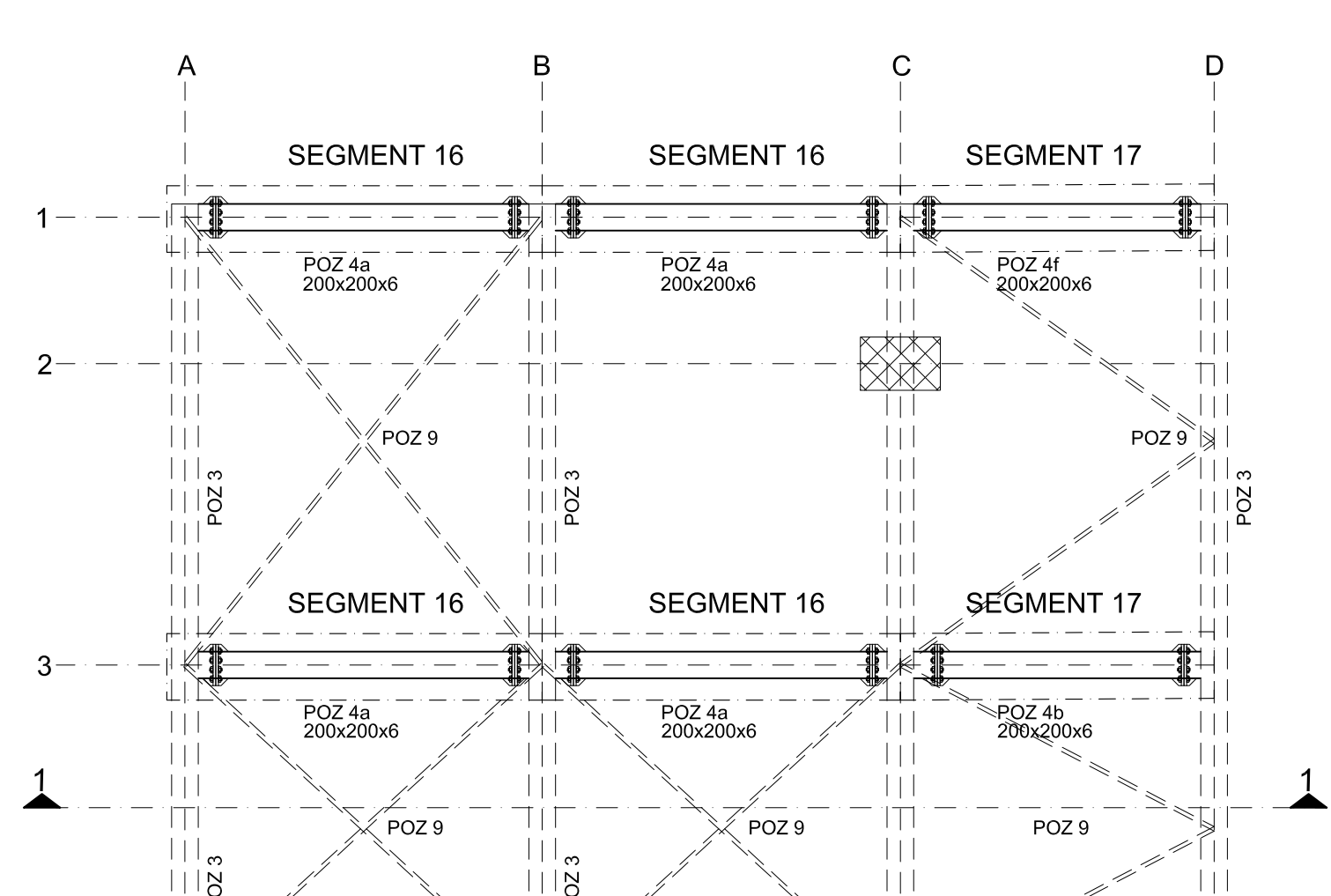
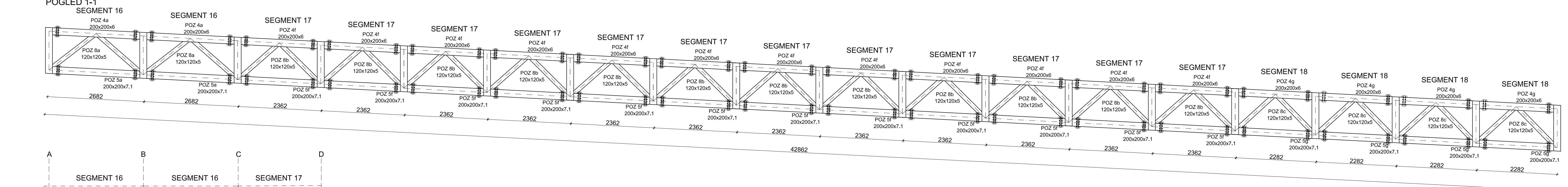


| ISKAZ MATERIJALA |                |      |       |  |             |
|------------------|----------------|------|-------|--|-------------|
| POZ              | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED. MASA (kg/m)                                 | UKUPNO (kg) |
| 4b               | 200X200X6      | 1    | 4,484 | 35,80  | 160,53      |
| 4c               | 200X200X6      | 5    | 4,485 | 35,80  | 802,81      |
| 4d               | 200X200X6      | 1    | 4,325 | 35,80  | 154,84      |
| 4e               | 200X200X6      | 1    | 4,307 | 35,80  | 154,19      |
| 12d              | 180X120X6      | 6    | 3,167 | 26,40  | 501,65      |
| 12e              | 180X120X6      | 6    | 3,278 | 26,40  | 519,24      |
| 12f              | 180X120X6      | 1    | 3,109 | 26,40  | 82,08       |
| 12g              | 180X120X6      | 1    | 3,082 | 26,40  | 81,36       |
| 12h              | 180X120X6      | 1    | 2,947 | 26,40  | 77,80       |
| 12i              | 180X120X6      | 1    | 2,953 | 26,40  | 77,96       |
|                  |                |      |       | Σ  | 2612,45     |
|                  |                |      |       | DODATAK NA SPOJNA SREDSVA I DODATNI MATERIJAL 2% | 52,25       |
|                  |                |      |       | UKUPNA MASA Σ                                    | 2664,71     |

RADIONIČKI NACRT SEKUNDARNEREŠETKE MJ 1:50

|                                  |  |                                  |
|----------------------------------|--|----------------------------------|
|                                  | DIPLOMSKI RAD  |                                  |
|                                  | ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D" SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |                                  |
| STUDENT:                         | Mrkonjić Ana   | MENTOR: Doc. dr. sc. Neno Tortić |
| SADRŽAJ RADIONIČKI NACRT REŠETKE | SKEMA  | 1:50                             |
| DATAUM: srpanj 2015.             | PRILOG   | 7                                |

POGLED 1-1



| POZICIJE          | OZNAKA PROFILA | KOM. | L [m] | JED.MASA [kg/m] | UKUPNO [kg] |
|-------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| 4a                | 200x200x6      | 1    | 2,491 | 35,80           | 89,18       |
| 5a                | 200x200x7.1    | 1    | 2,491 | 41,60           | 103,63      |
| 8a                | 120x120x5      | 2    | 1,470 | 17,50           | 51,45       |
| UKUPNO            |                |      |       |                 | 244,26      |
| DODATAK NA SPONNA |                |      |       |                 | 4,98        |
| SREDSTVA 2%       |                |      |       |                 | 4,98        |
| UKUPNA MASA       |                |      |       |                 | 254,22      |
| SEGMENT 16 KOM.4  |                |      |       |                 | 996,55      |

| POZICIJE          | OZNAKA PROFILA | KOM. | L [m] | JED.MASA [kg/m] | UKUPNO [kg] |
|-------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| 4f                | 200x200x6      | 1    | 2,172 | 35,80           | 77,76       |
| 5f                | 200x200x7.1    | 1    | 2,172 | 41,60           | 90,36       |
| 8b                | 120x120x5      | 2    | 1,356 | 17,50           | 47,46       |
| UKUPNO            |                |      |       |                 | 215,57      |
| DODATAK NA SPONNA |                |      |       |                 | 4,31        |
| SREDSTVA 2%       |                |      |       |                 | 4,31        |
| UKUPNA MASA       |                |      |       |                 | 224,19      |
| SEGMENT 17 KOM.21 |                |      |       |                 | 5277,22     |

| POZICIJE          | OZNAKA PROFILA | KOM. | L [m] | JED.MASA [kg/m] | UKUPNO [kg] |
|-------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| 4g                | 200x200x6      | 1    | 2,092 | 35,80           | 74,89       |
| 5g                | 200x200x7.1    | 1    | 2,092 | 41,60           | 87,98       |
| 8c                | 120x120x5      | 2    | 1,326 | 17,50           | 46,41       |
| UKUPNO            |                |      |       |                 | 209,28      |
| DODATAK NA SPONNA |                |      |       |                 | 4,17        |
| SREDSTVA 2%       |                |      |       |                 | 4,17        |
| UKUPNA MASA       |                |      |       |                 | 217,52      |
| SEGMENT 18 KOM.8  |                |      |       |                 | 1699,58     |

RADIONIČKI NACRT SEKUNDARNEREŠETKE MJ 1:50

FAKULTET ARHITEKTURE I URBANISTIČKOG  
 INŽINJERSTVA GRAĐEVINARSTVA  
 KATEDRA ZA VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE  
 POMOĆNO VEŠTAČENJE I PROJEKTOVANJE

**DIPLOMSKI RAD**

ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"  
 SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"

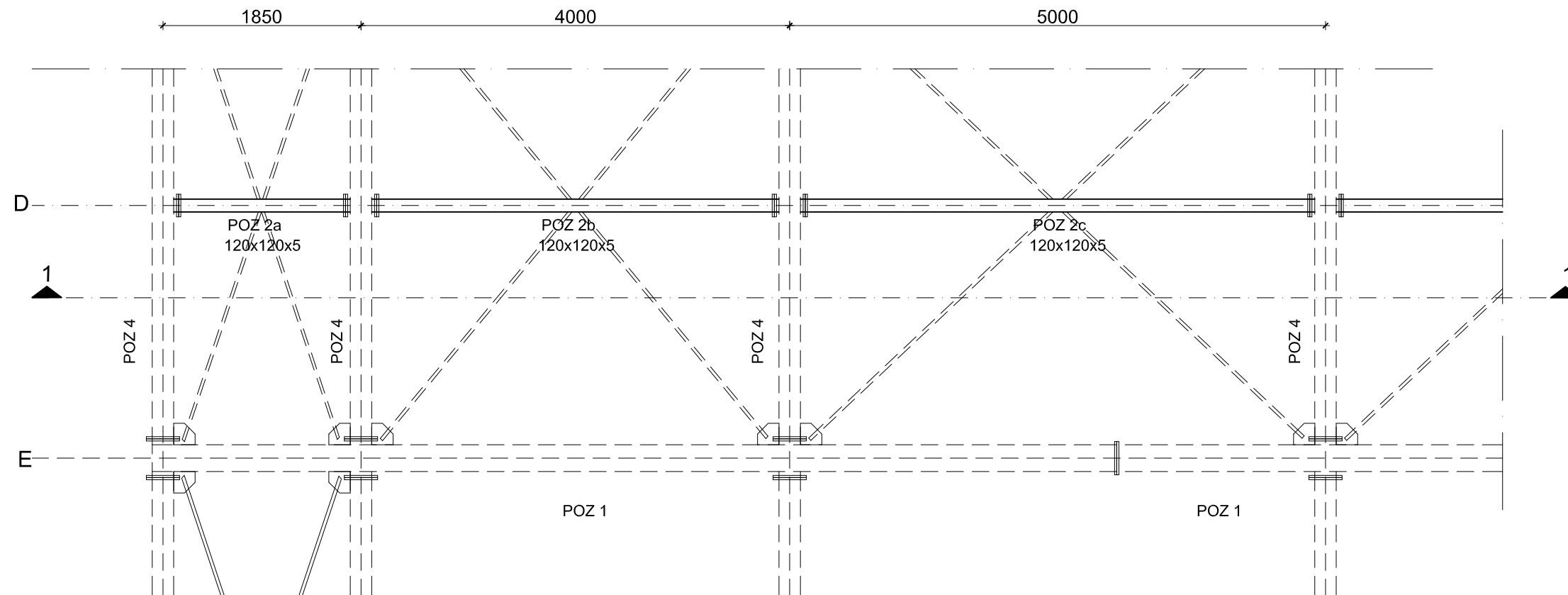
STUDENT: Mrkonjić Ana

MENTOR: Doc. dr. sc. Neno Torić

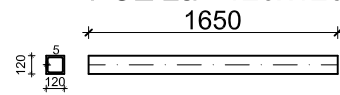
SADRŽAJ: RADIONIČKI NACRT REŠETKE MIERILO 1:50

DATUM: srpanj 2015. PRILOG 8

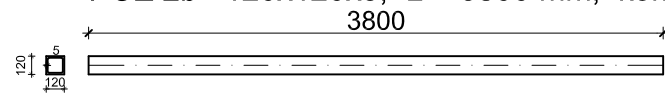




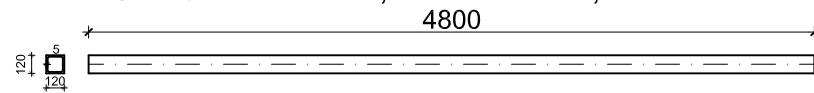
POZ 2a 120x120x5, L= 1650 mm, kom 8



POZ 2b 120x120x5, L= 3800 mm, kom 8

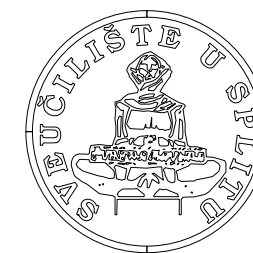


POZ 2c 120x120x5, L= 4800 mm, kom 30



| ISKAZ MATERIJALA ZA GORNJU PODROŽNICU |                |      |       |                 |             |
|---------------------------------------|----------------|------|-------|-----------------|-------------|
| POZICIJE                              | OZNAKA PROFILA | KOM. | L (m) | JED.MASA (kg/m) | UKUPNO (kg) |
| 2a                                    | 120x120x5      | 8    | 1,650 | 17,50           | 231,00      |
| 2b                                    | 120x120x5      | 8    | 3,800 | 17,50           | 532,00      |
| 2c                                    | 120x120x5      | 30   | 4,800 | 17,50           | 2520,00     |
| UKUPNO                                |                |      |       |                 | 3283,00     |
| DODATAK NA SPOJNA SREDSTVA 2%         |                |      |       |                 | 65,66       |
| UKUPNA MASA                           |                |      |       |                 | 3348,66     |

## RADIONIČKI NACRT GORNJE PODROŽNICE MJ 1:50



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

### DIPLOMSKI RAD

ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"  
SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"

STUDENT:

Mrkonjić Ana

MENTOR

Doc. dr. sc. Neno Torić

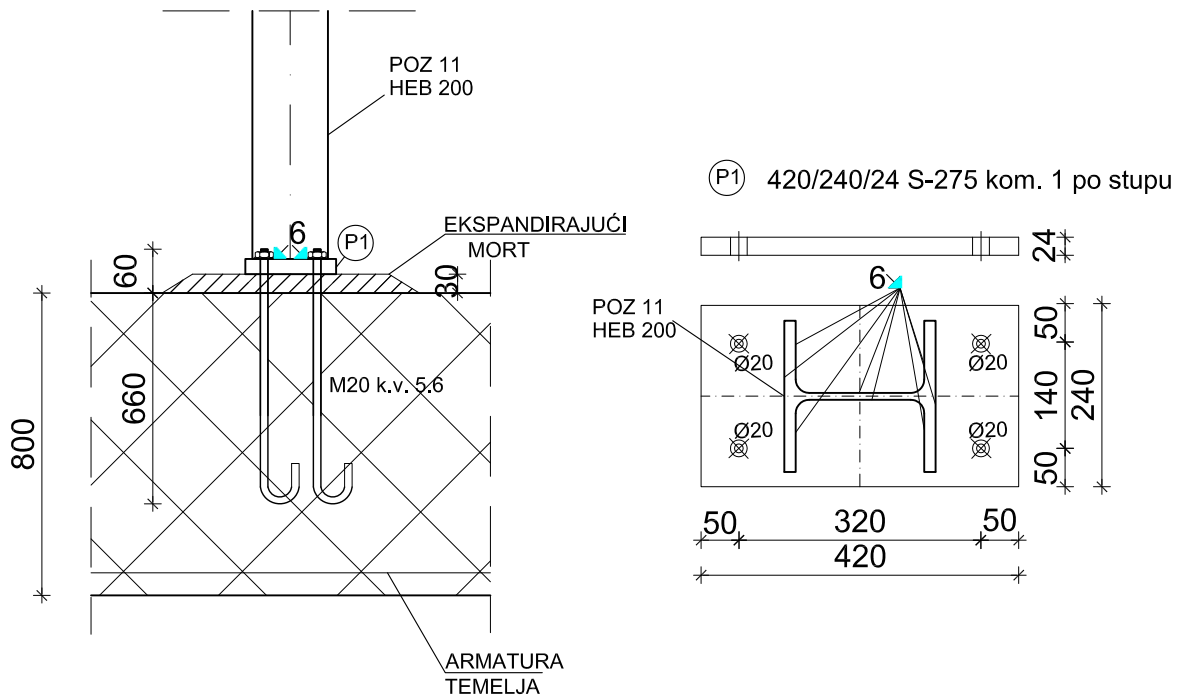
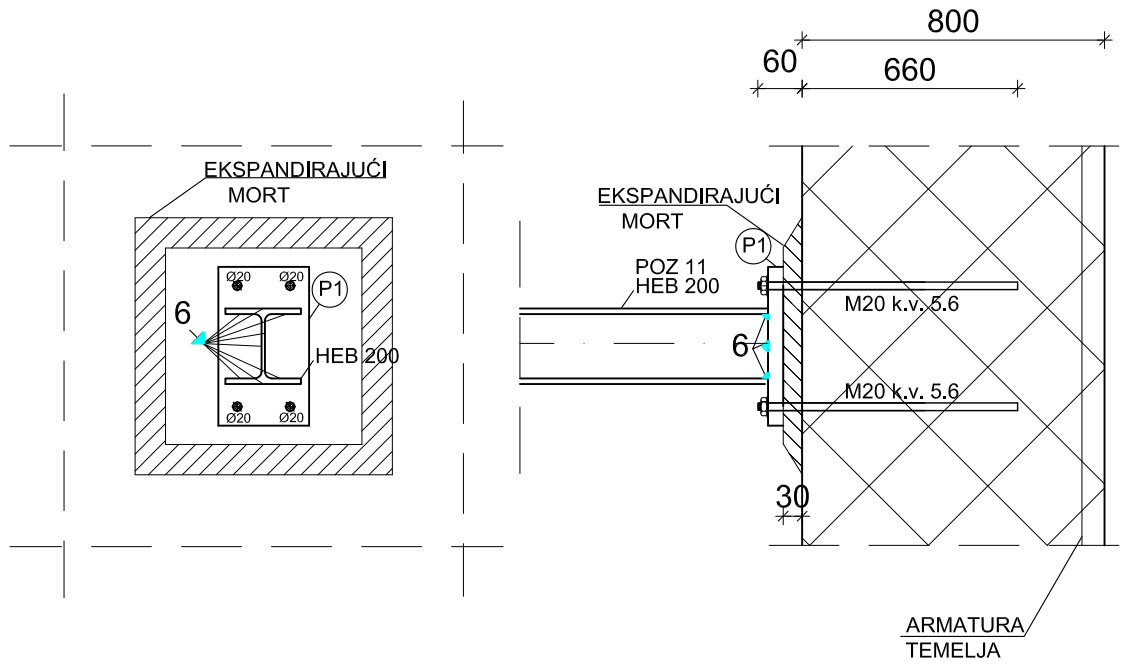
SADRŽAJ RADIONIČKI NACRT POZ 2

MJERILO 1:50

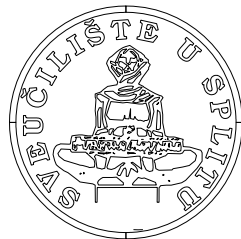
DATUM srpanj 2015.

PRILOG 9

# SPOJ STUP-TEMELJ



**DETALJ "A"**  
MJ 1:20



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
 GEODEZIJE  
 KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

## DIPLOMSKI RAD

ZADATAK: **PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"  
SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"**

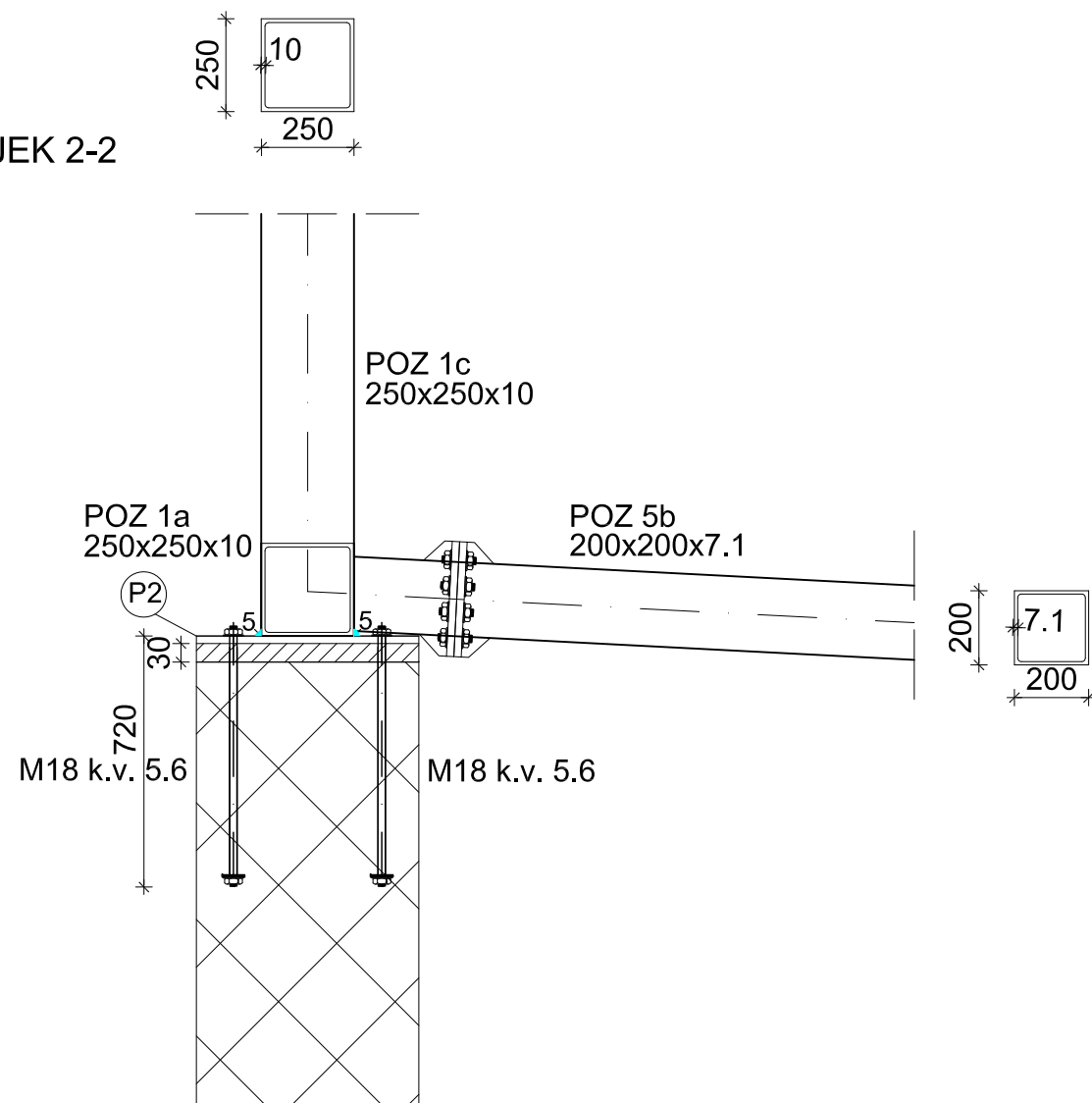
STUDENT: **Mrkonjić Ana** MENTOR: **Doc. dr. sc. Neno Torić**

SADRŽAJ: **DETALJ "A"** MJERILO: **1:20**

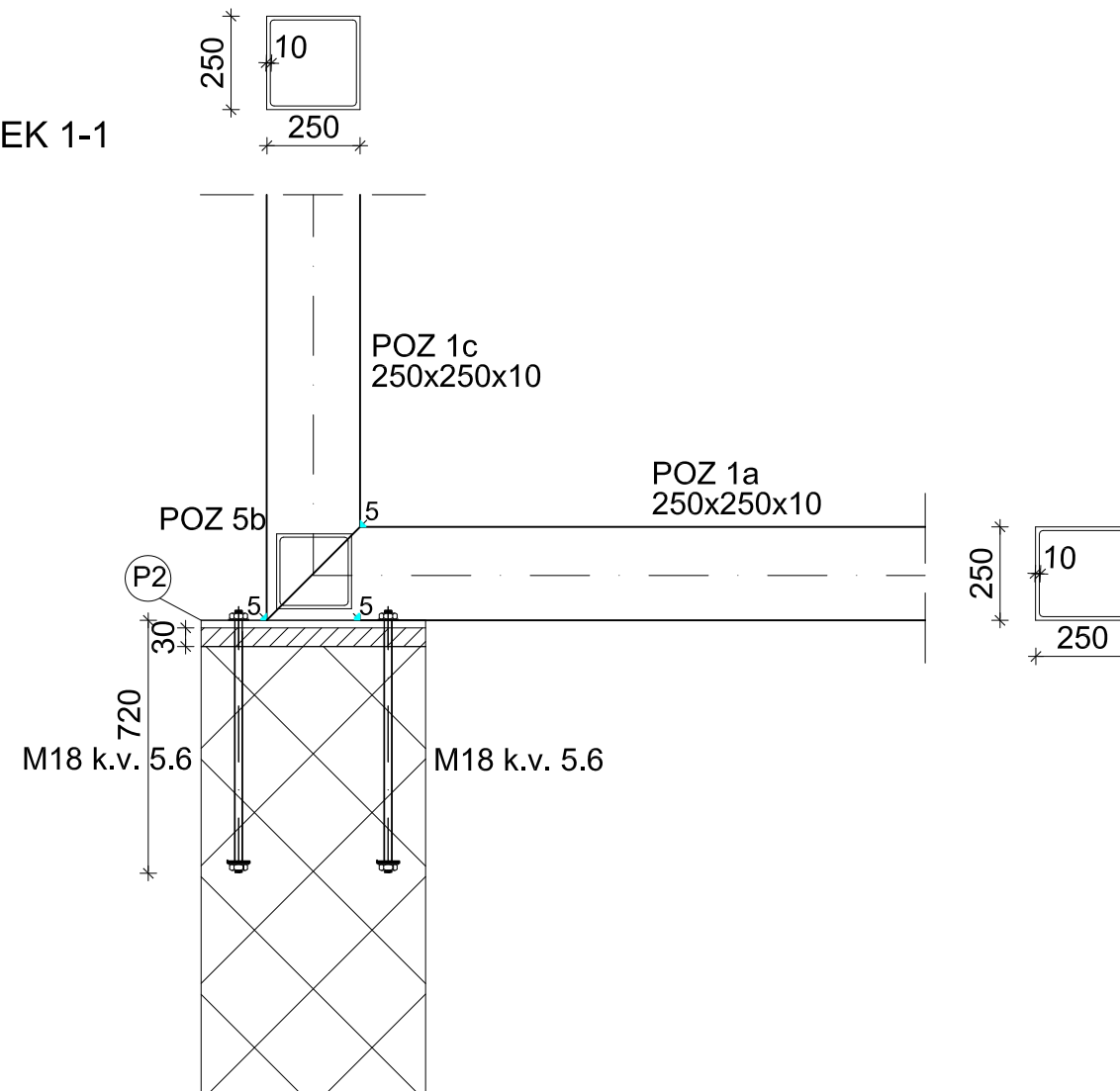
DATUM: **srpanj 2015.** PRILOG: **10**

# SPOJ REŠETKE S BETONSKIM STUPOM 1

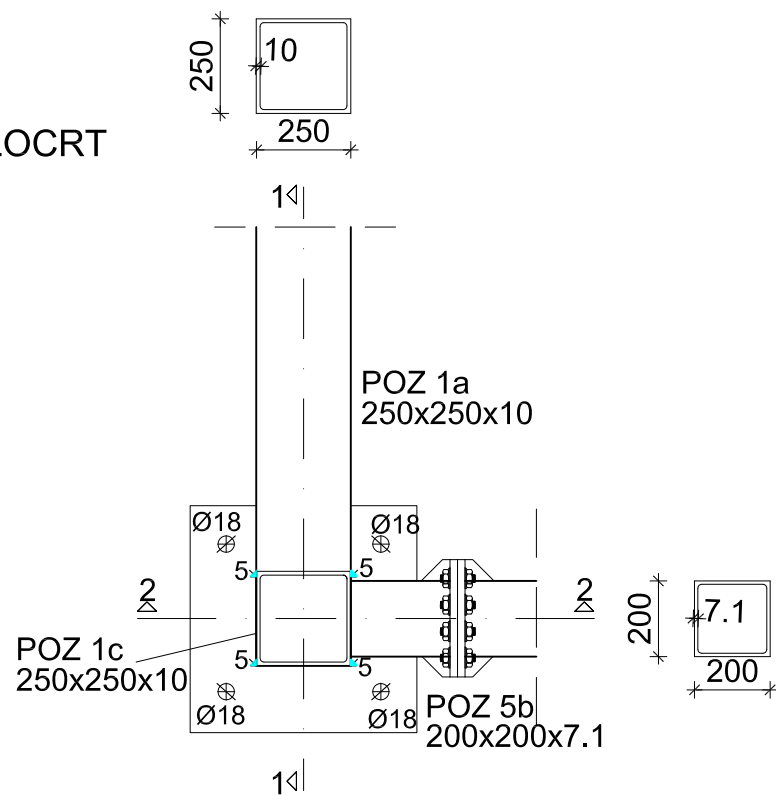
PRESJEK 2-2



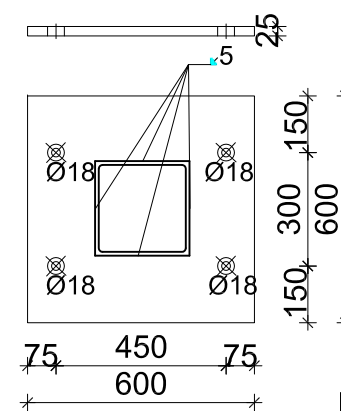
PRESJEK 1-1



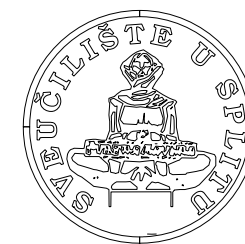
TLOCRT



Ⓟ 600/600/25 S-275



DETALJ "B"  
MJ 1:20



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

## DIPLOMSKI RAD

ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"  
SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"

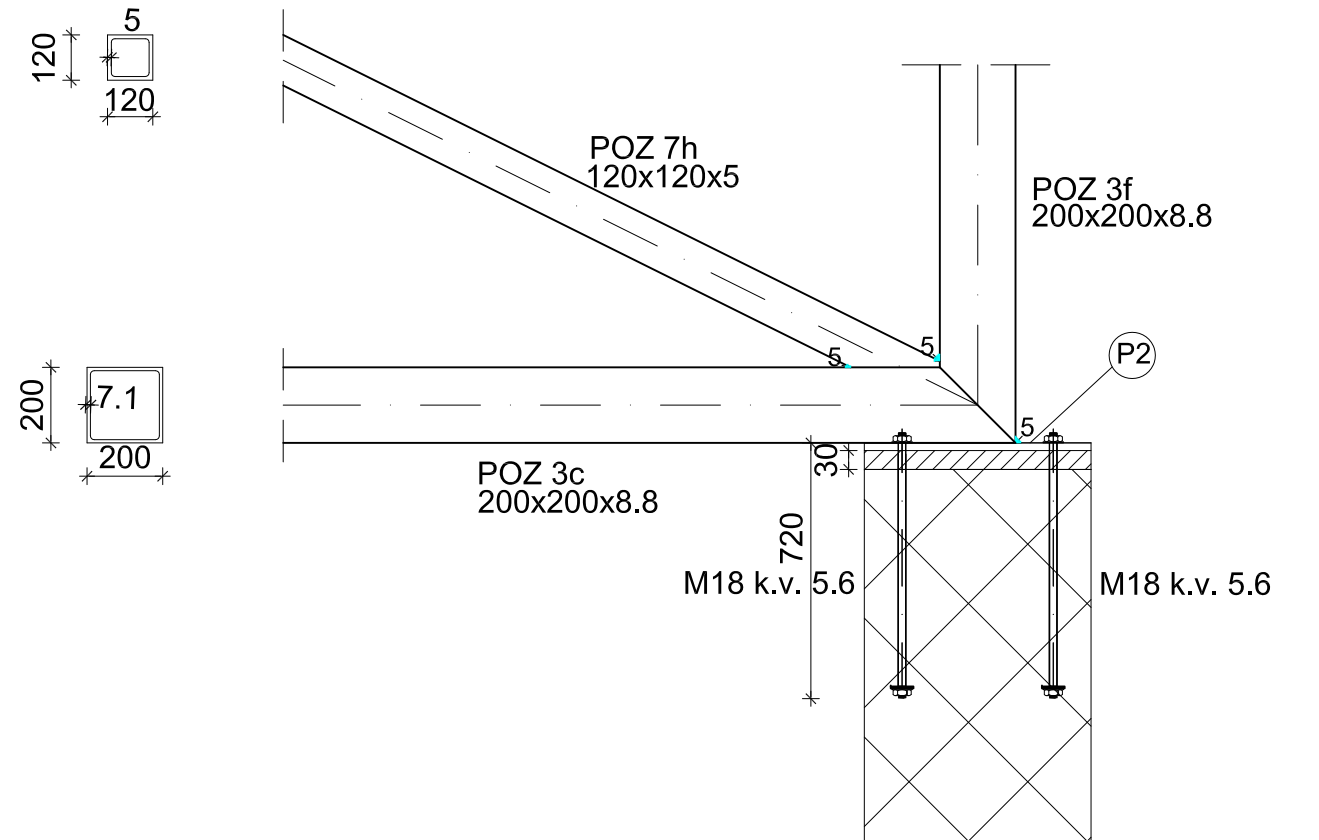
STUDENT: Mrkonjić Ana  
MENTOR: Doc. dr. sc. Neno Torić

SADRŽAJ: DETALJ "B" MJERILO: 1:20

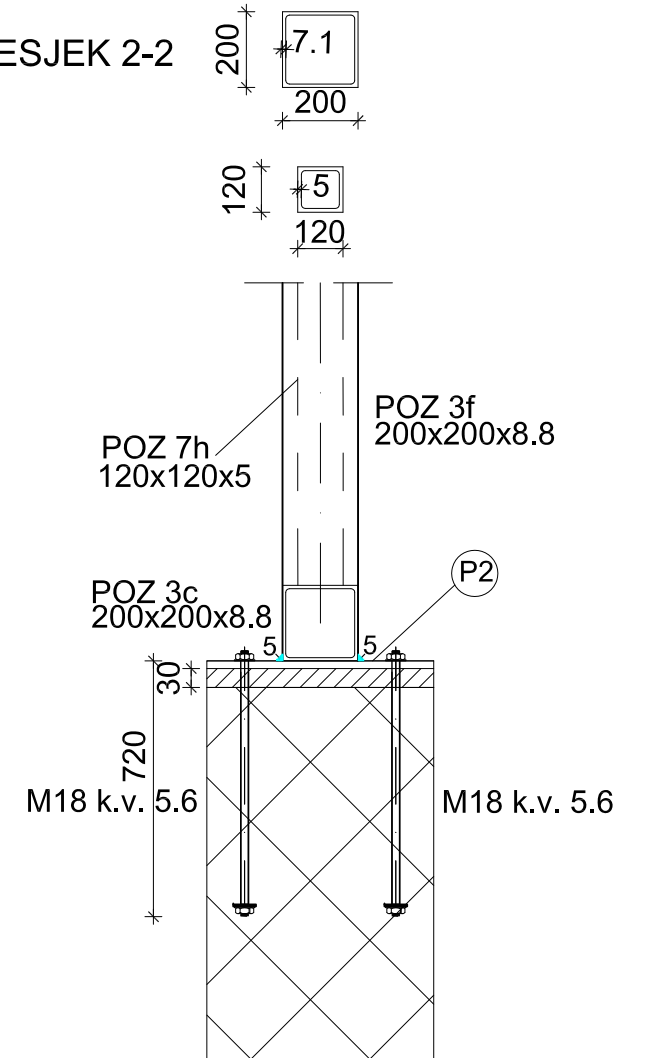
DATUM: srpanj 2015. PRILOG: 11

# SPOJ REŠETKE S BETONSKIM STUPOM 2

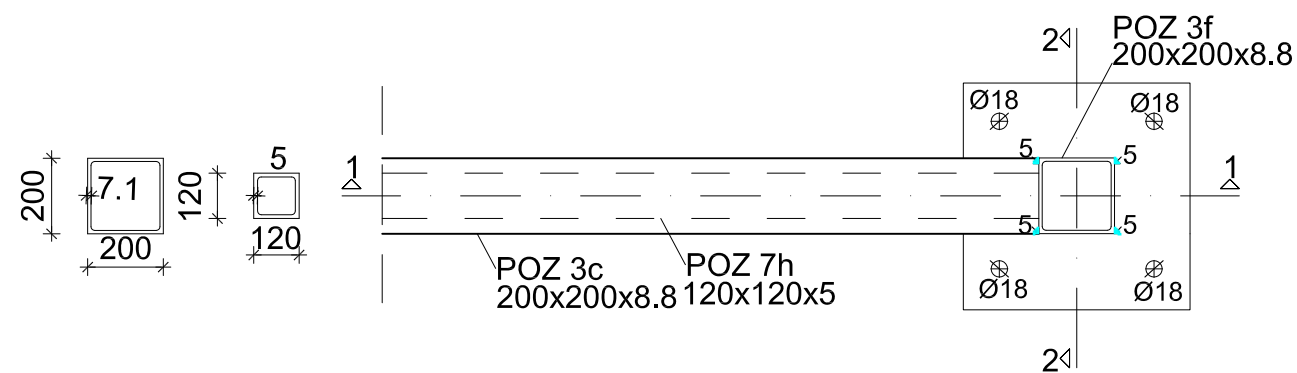
PRESJEK 1-1



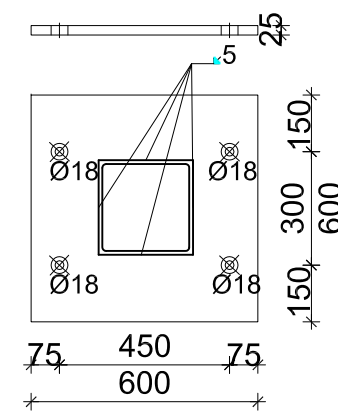
PRESJEK 2-2



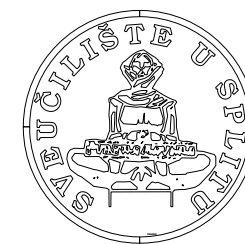
TLOCRT



P2 600/600/25 S-275



DETALJ "C"  
MJ 1:20

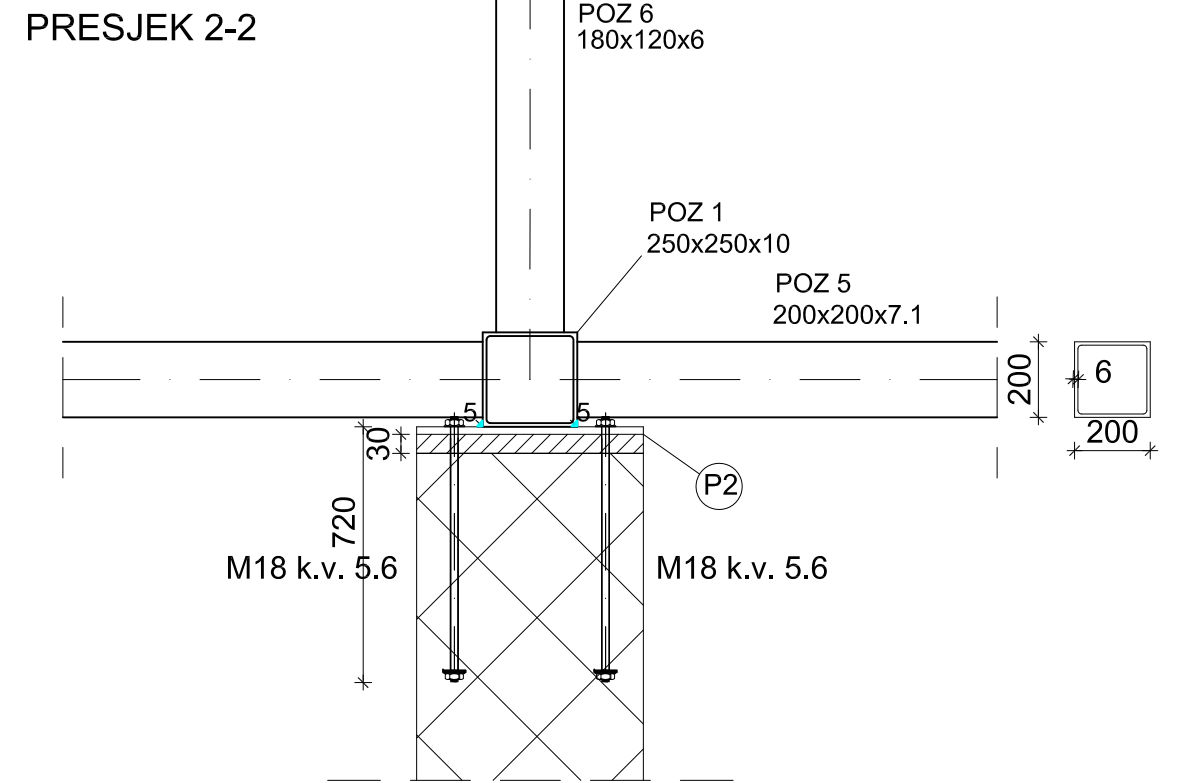
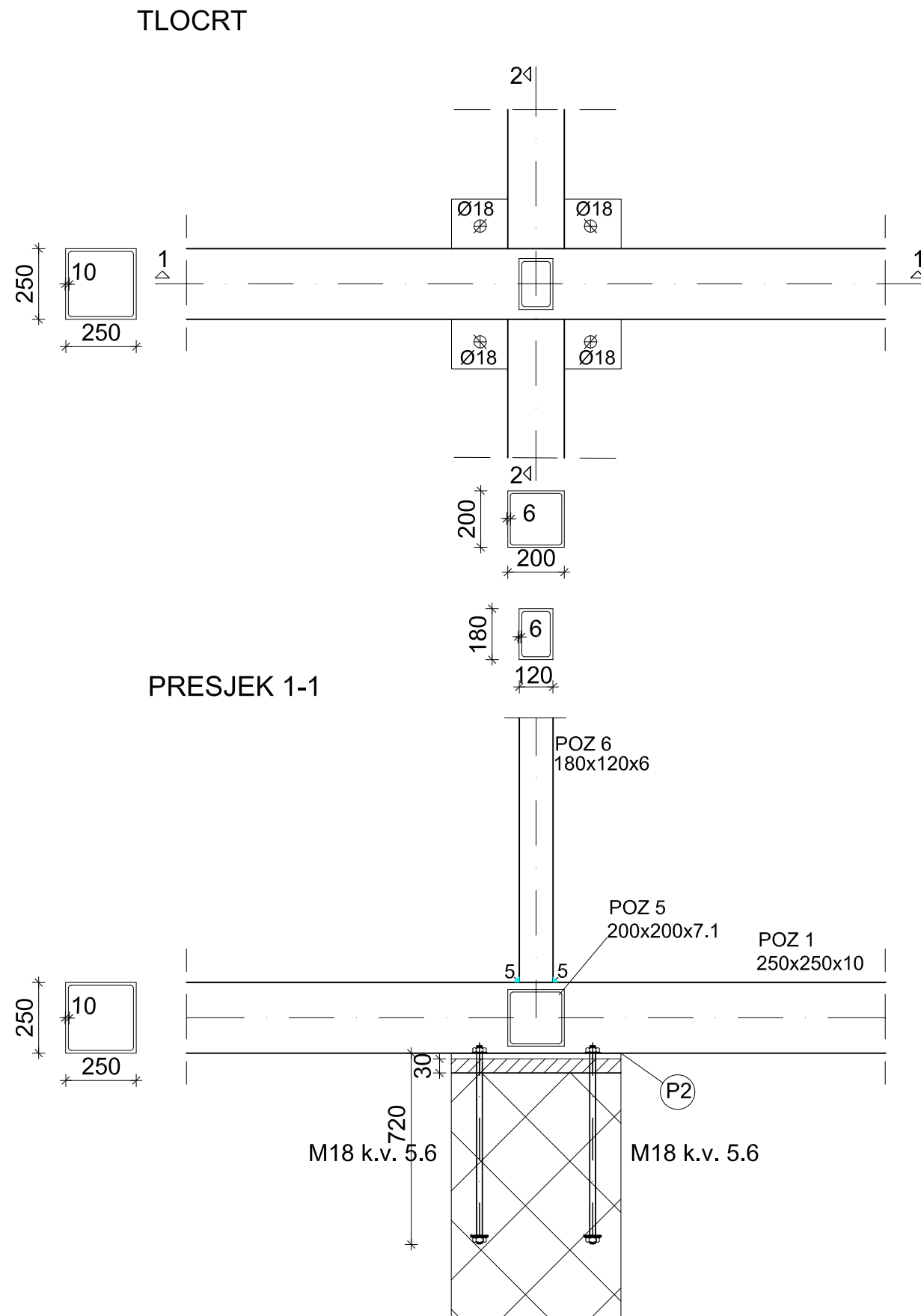


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

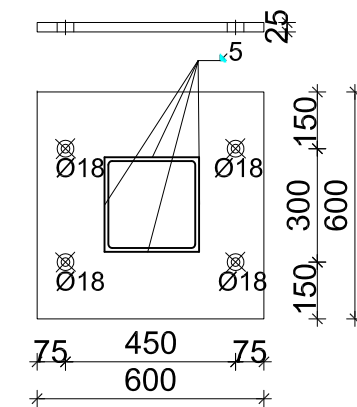
## DIPLOMSKI RAD

|          |  |          |                         |
|----------|--|----------|-------------------------|
| ZADATAK: | PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |          |                         |
| STUDENT: | Mrkonjić Ana   | MENTOR:  | Doc. dr. sc. Neno Torić |
| SADRŽAJ: | DETALJ "C"   | MJERILO: | 1:20                    |
| DATUM:   | srpanj 2015.   | PRILOG:  | 12                      |

# SPOJ REŠETKE S BETONSKIM STUPOM 3



(P2) ≠ 600/600/25 S-275

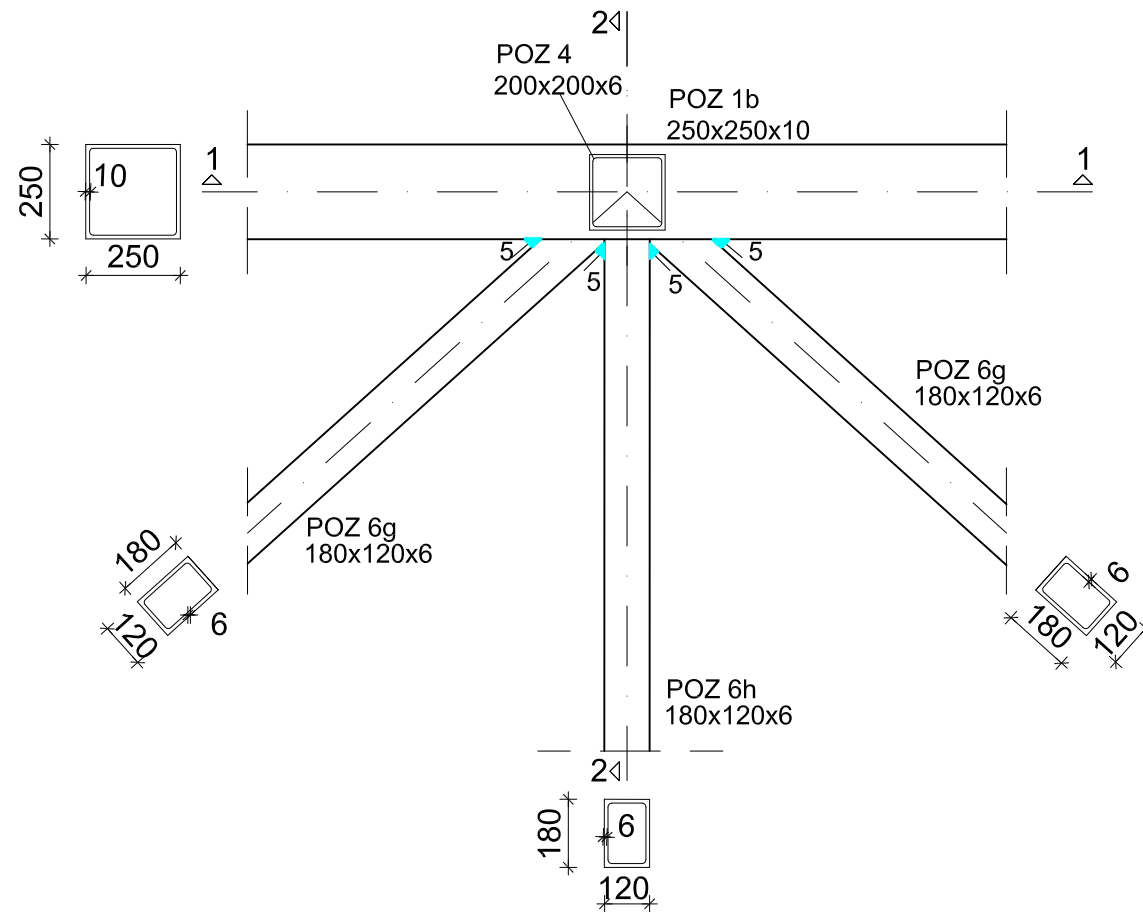


**DETALJ "D"**  
MJ 1:20

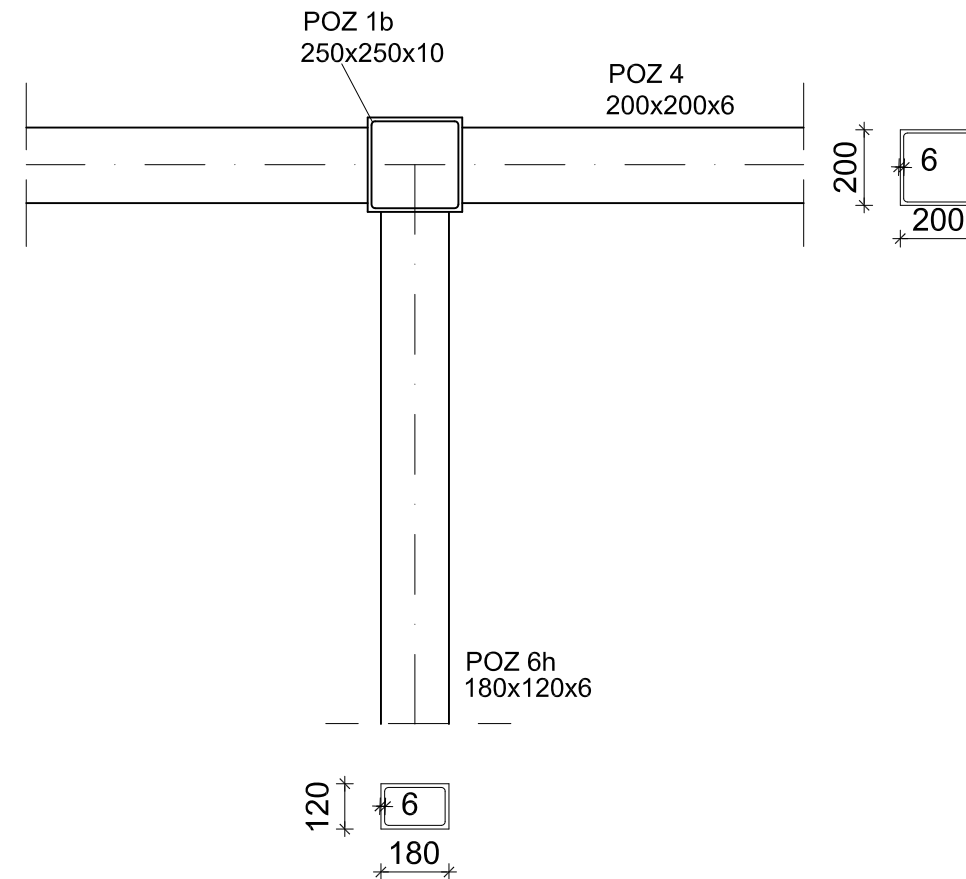
|  |  |                                 |  |
|--|--|---------------------------------|--|
|  | <b>DIPLOMSKI RAD</b>   |                                 |  |
|  | ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D" SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |                                 |  |
|  | STUDENT: Mrkonjić Ana  | MENTOR: Doc. dr. sc. Neno Torić |  |
|  | SADRŽAJ: DETALJ "D"  | MJERILO: 1:20                   |  |
|  | DATUM: srpanj 2015.  | PRILOG: 13                      |  |

# KT SPOJ GORNJEG POJASA VELIKE REŠETKE

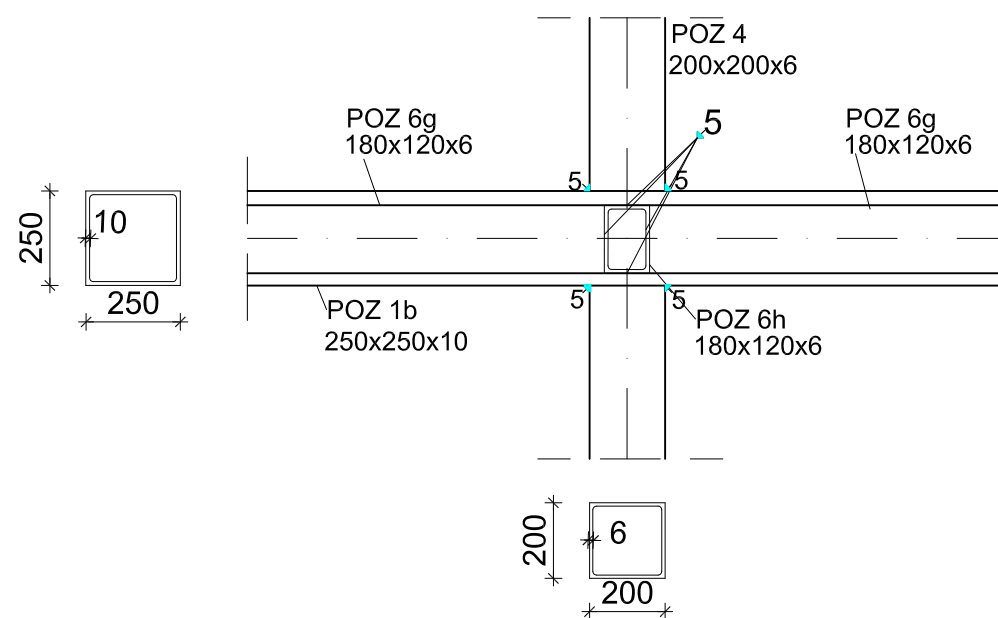
POGLED



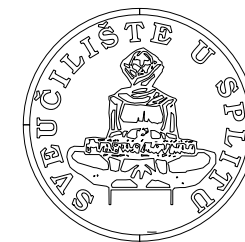
PRESJEK 2-2



PRESJEK 1-1



## DETALJ "E" MJ 1:20

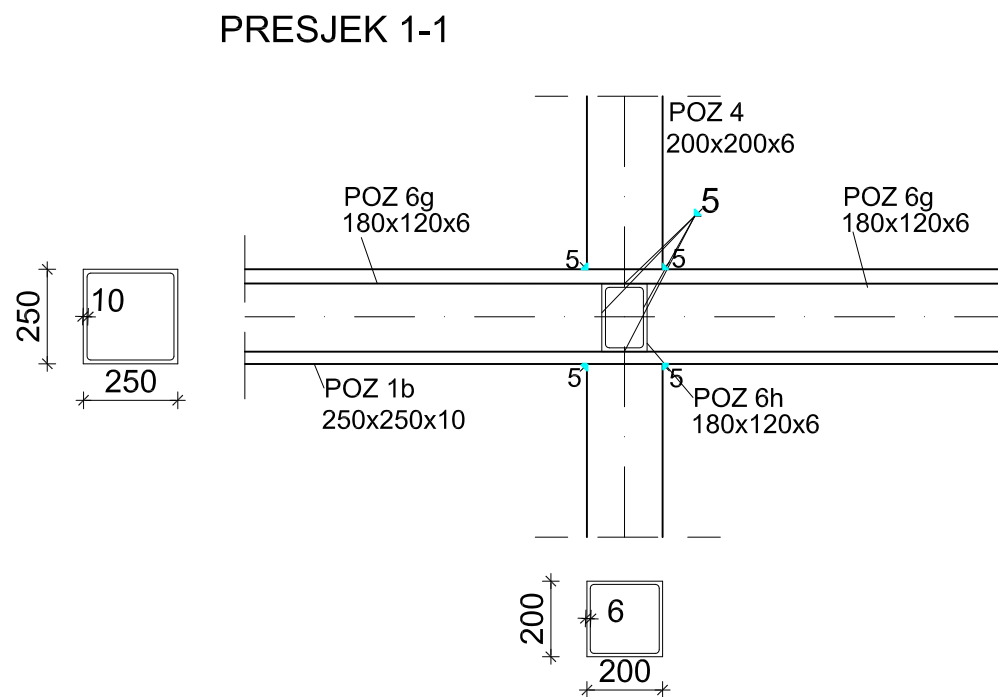
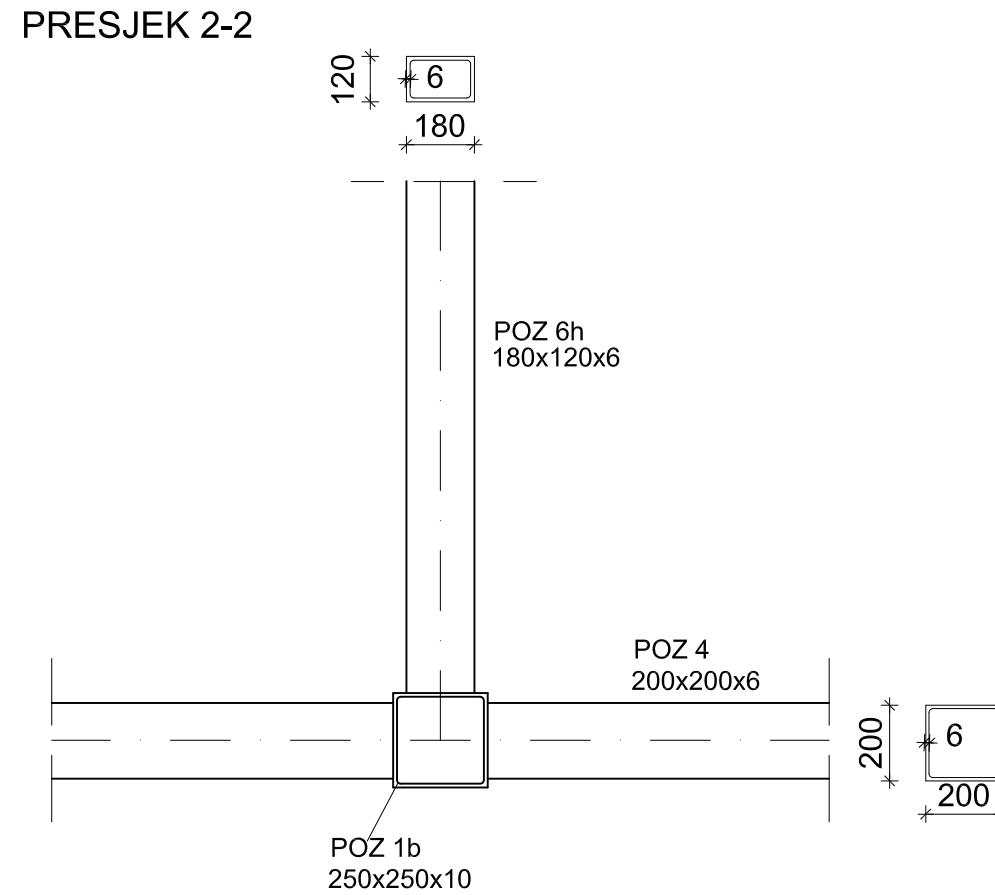
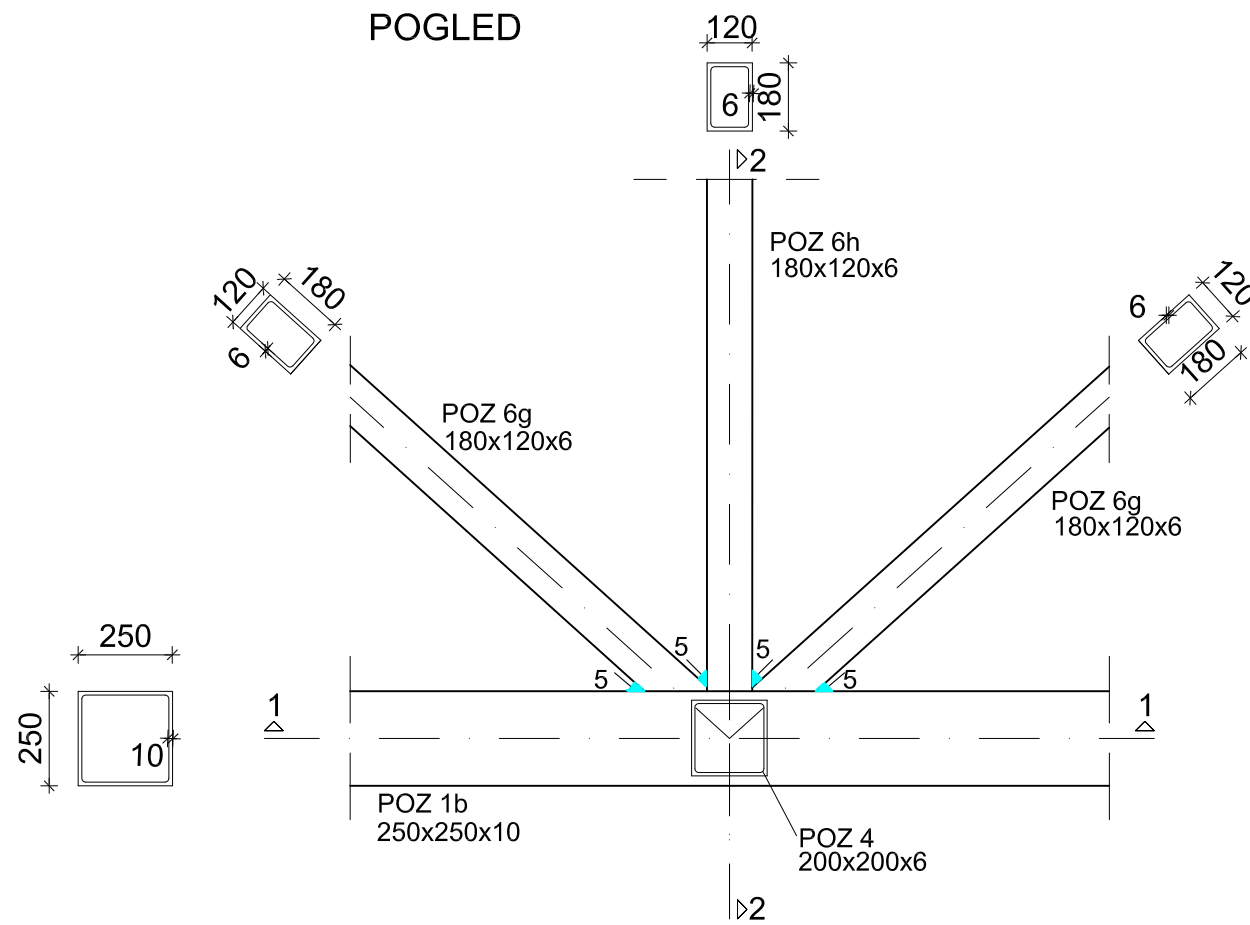


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

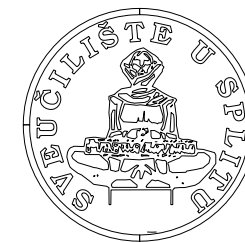
### DIPLOMSKI RAD

|          |  |          |                         |
|----------|--|----------|-------------------------|
| ZADATAK: | PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |          |                         |
| STUDENT: | Mrkonjić Ana   | MENTOR:  | Doc. dr. sc. Neno Torić |
| SADRŽAJ: | DETALJ "E"   | MJERILO: | 1:20                    |
| DATUM:   | srpanj 2015.   | PRILOG:  | 14                      |

# KT SPOJ DONJEG POJASA VELIKE REŠETKE



**DETALJ "F"**  
MJ 1:20

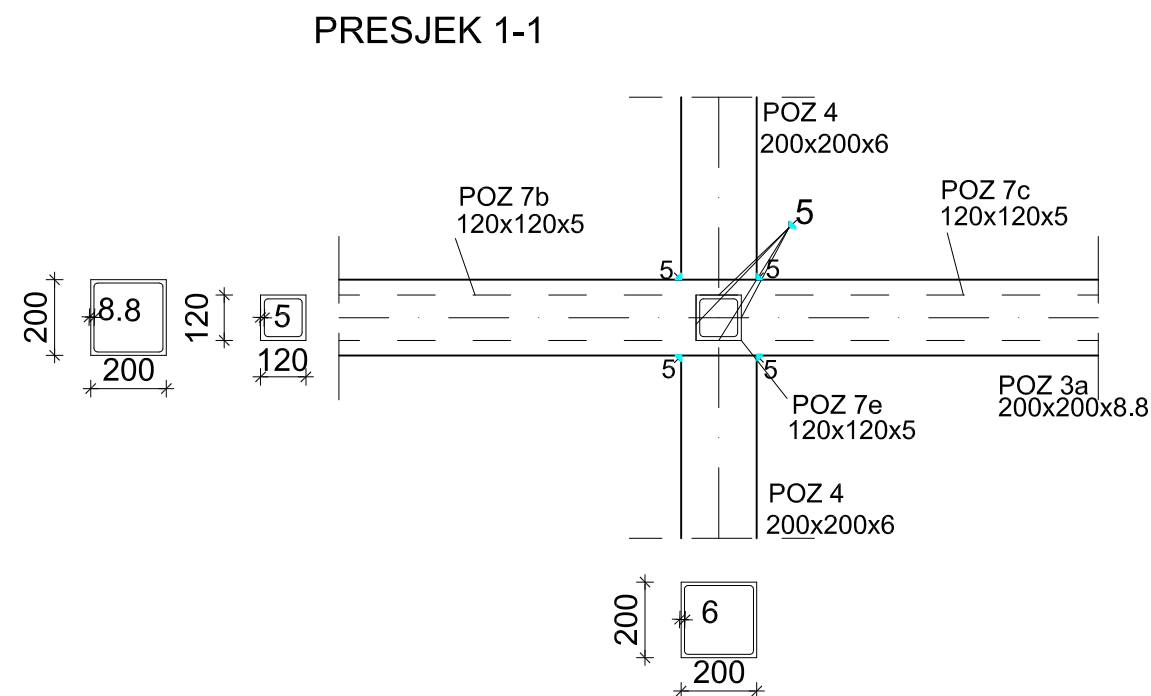
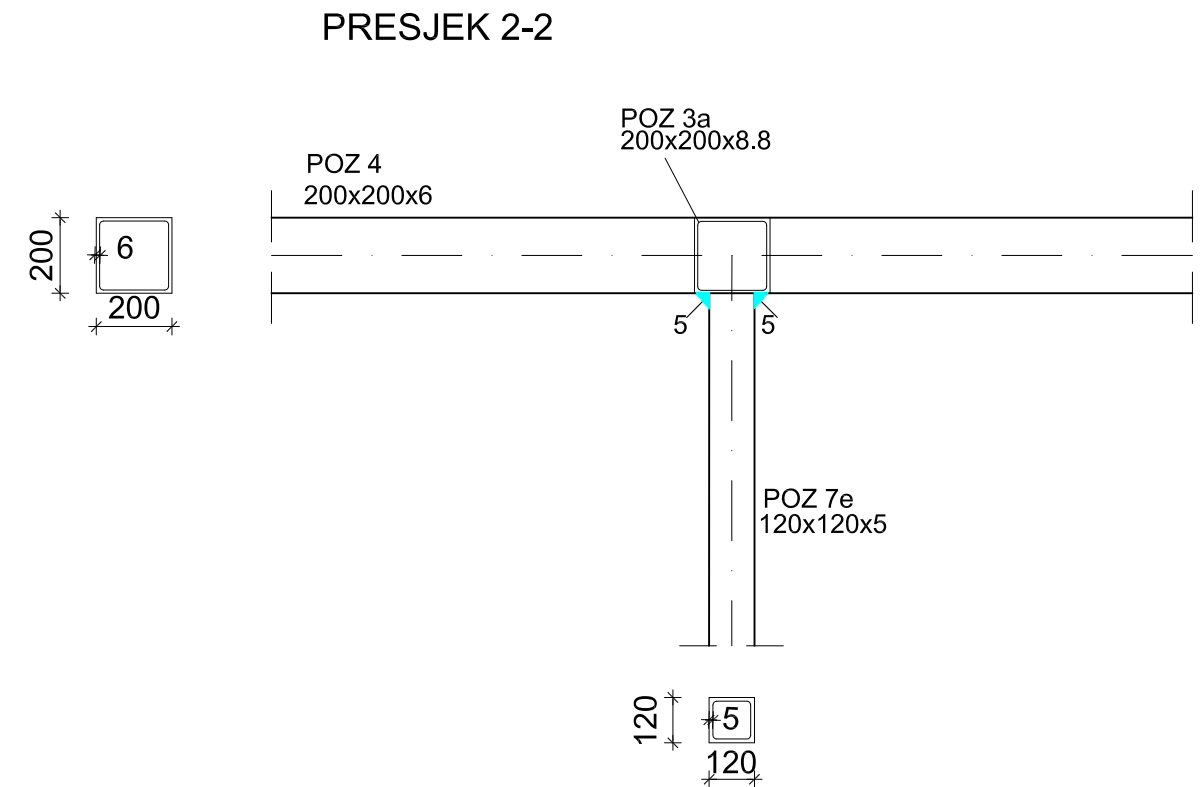
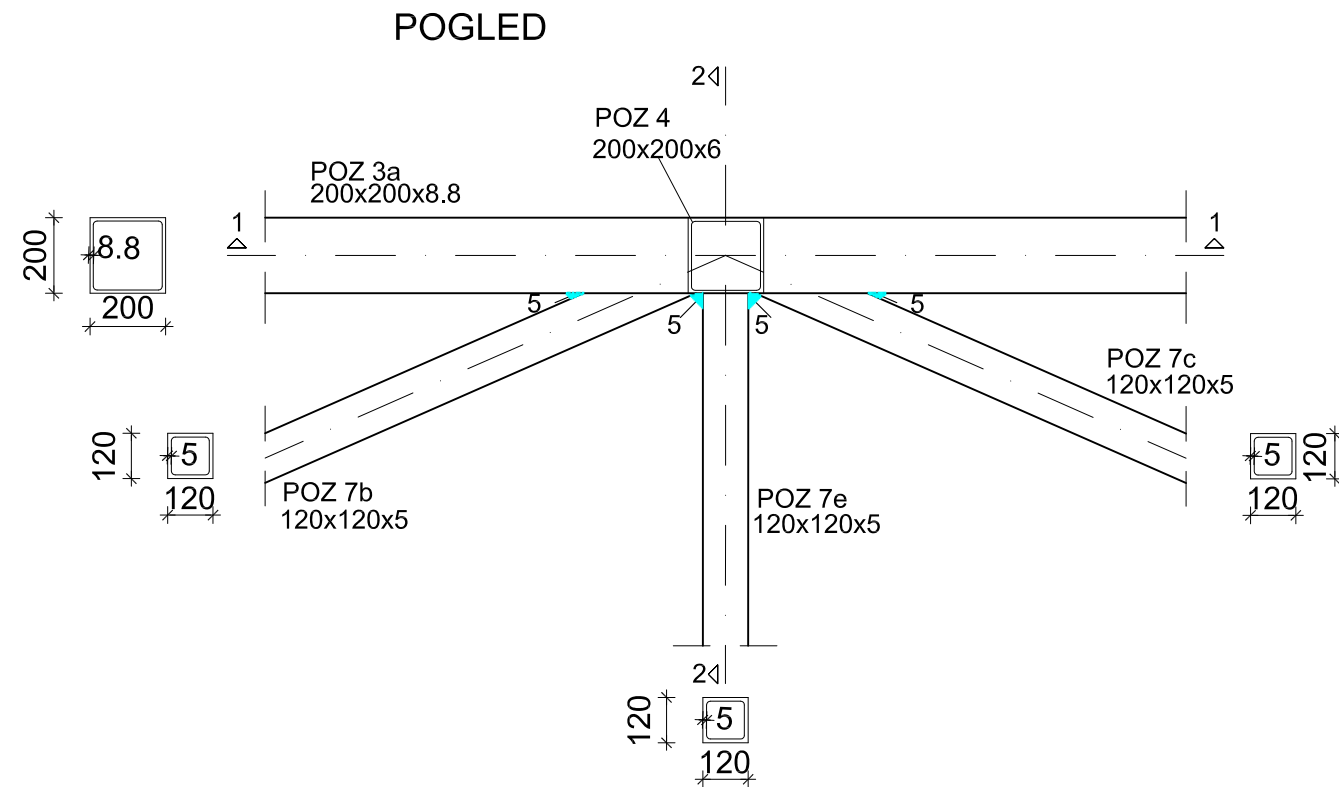


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

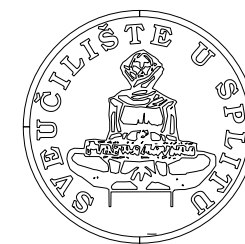
**DIPLOMSKI RAD**

|          |  |          |                         |
|----------|--|----------|-------------------------|
| ZADATAK: | PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |          |                         |
| STUDENT: | Mrkonjić Ana   | MENTOR:  | Doc. dr. sc. Neno Torić |
| SADRŽAJ: | DETALJ "F"   | MJERILO: | 1:20                    |
| DATUM:   | srpanj 2015.   | PRILOG:  | 15                      |

# KT SPOJ GORNJEG POJASA MALE REŠETKE



## DETALJ "G" MJ 1:20



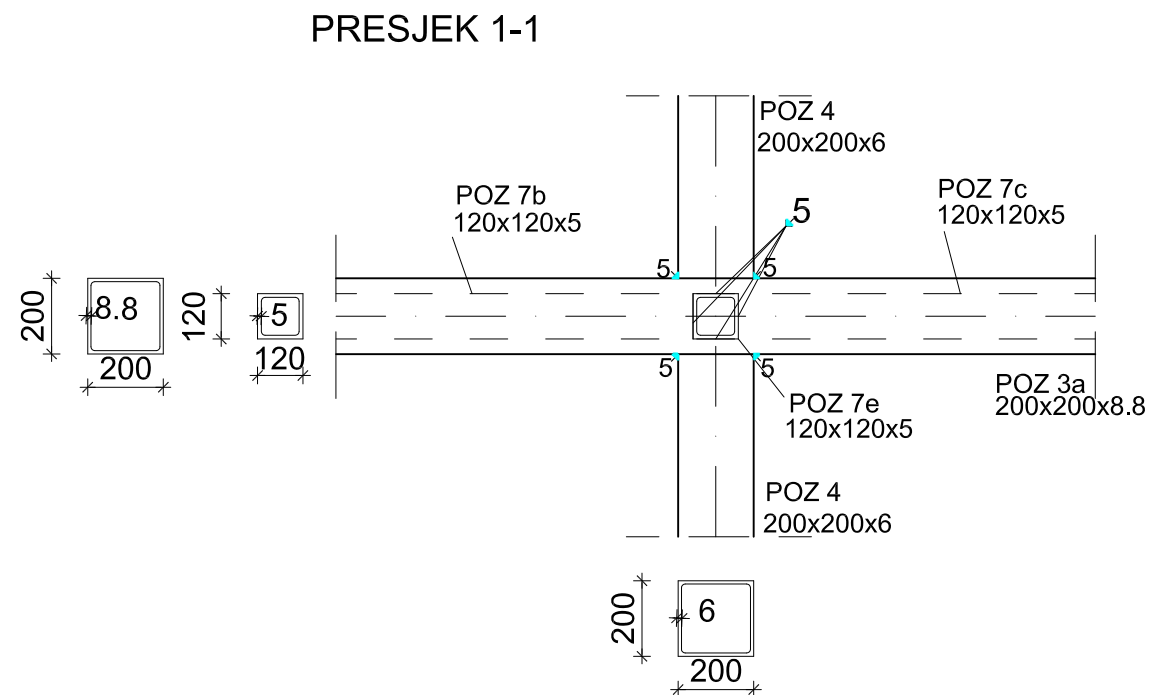
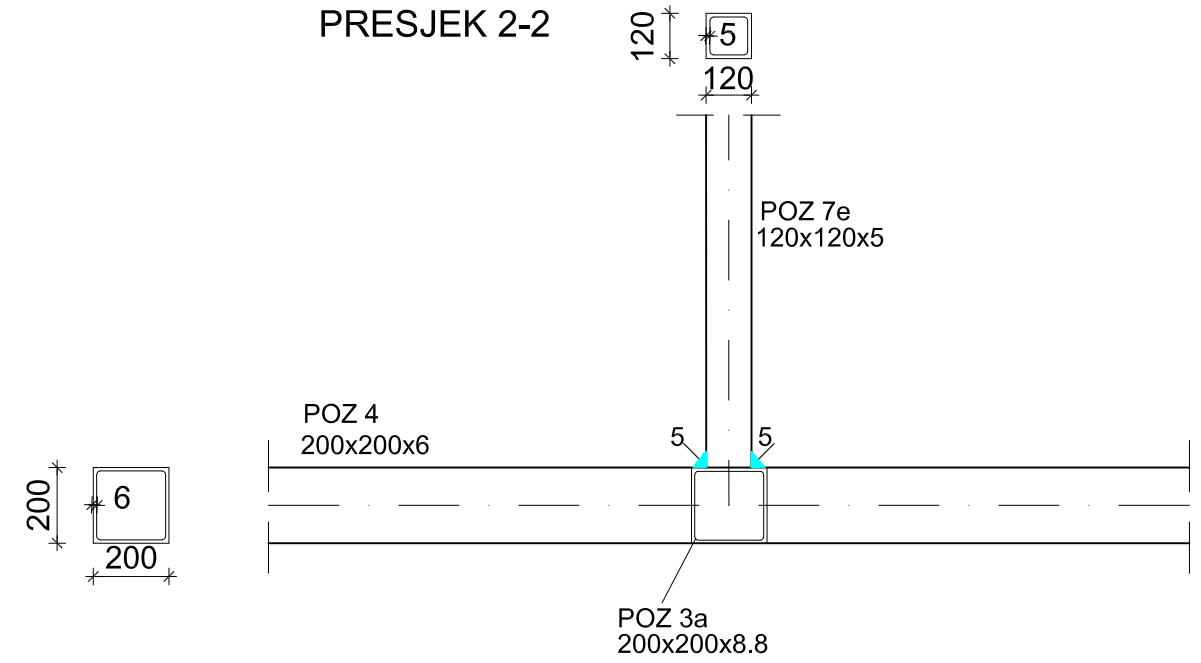
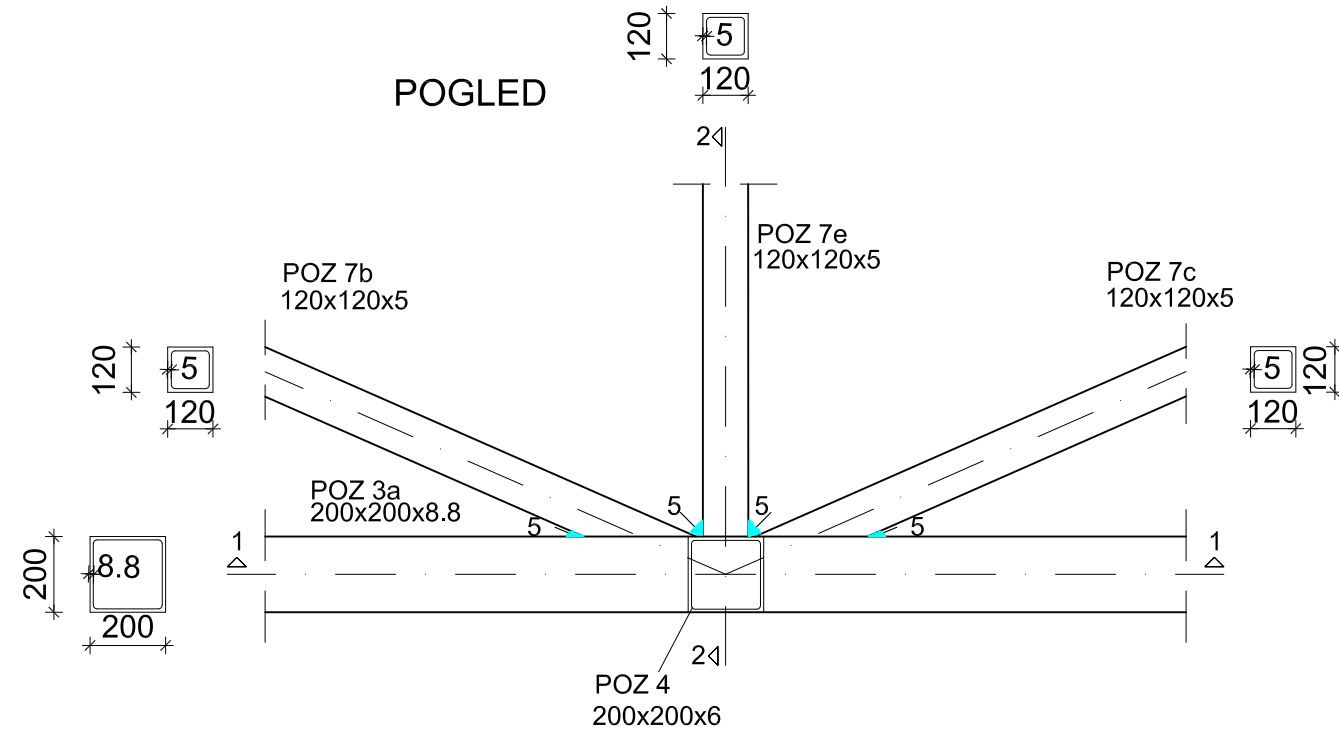
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

### DIPLOMSKI RAD

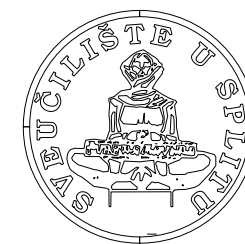
|          |  |          |                         |
|----------|--|----------|-------------------------|
| ZADATAK: | PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |          |                         |
| STUDENT: | Mrkonjić Ana   | MENTOR:  | Doc. dr. sc. Neno Torić |
| SADRŽAJ: | DETALJ "G"   | MJERILO: | 1:20                    |
| DATUM:   | srpanj 2015.   | PRILOG:  | 16                      |



# KT SPOJ DONJEG POJASA MALE REŠETKE



## DETALJ "H" MJ 1:20

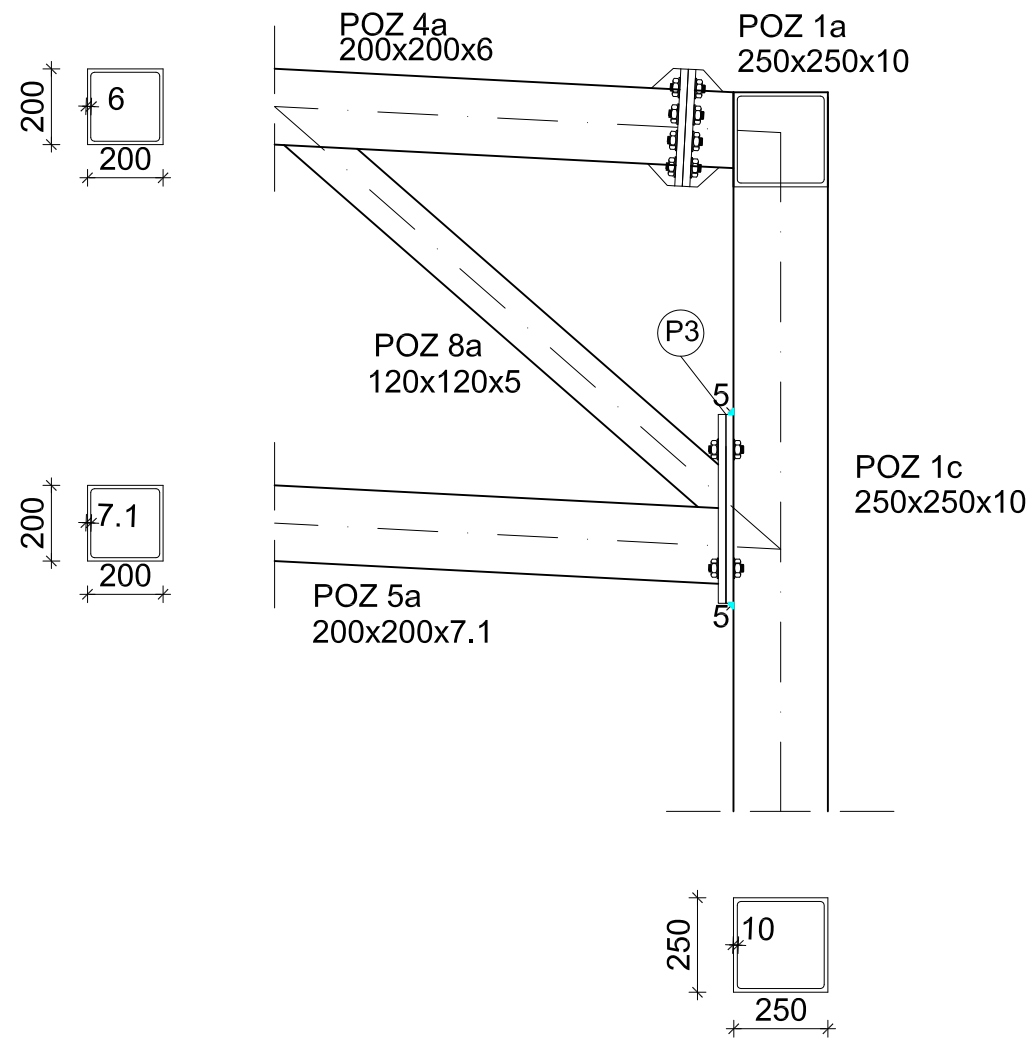


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

### DIPLOMSKI RAD

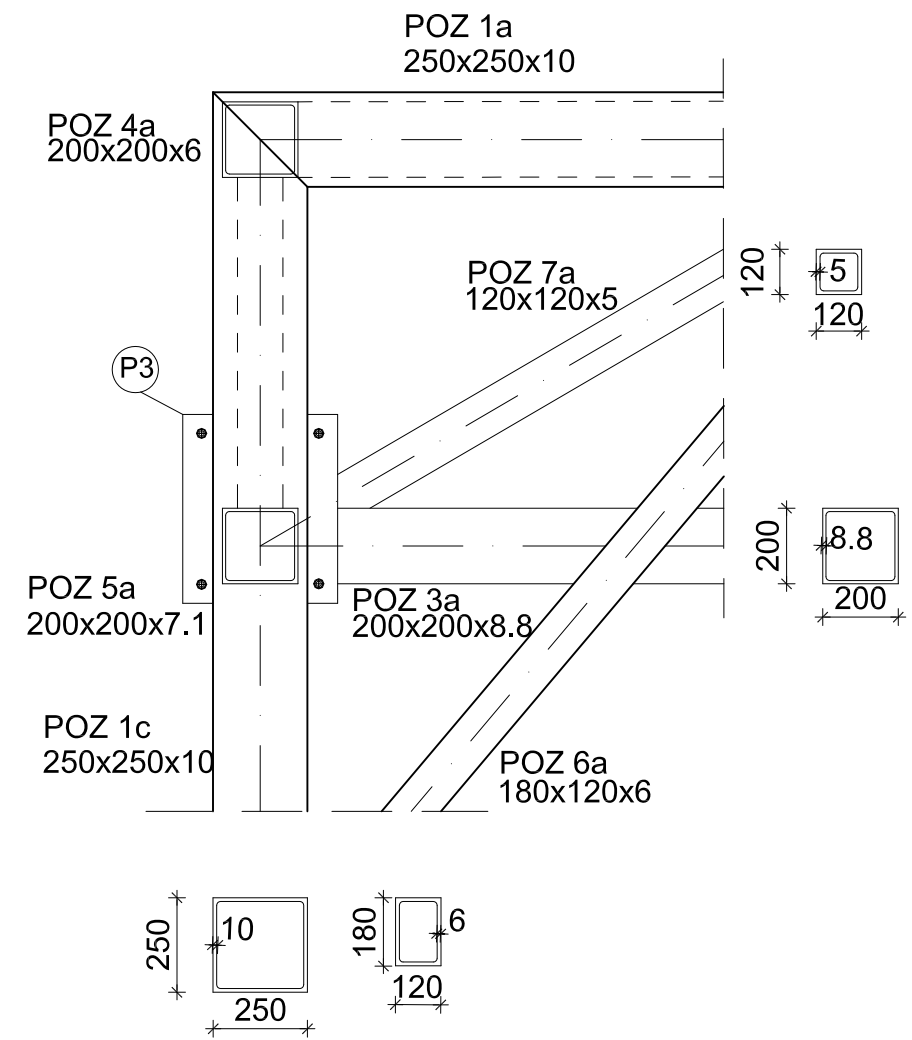
|          |  |          |                         |
|----------|--|----------|-------------------------|
| ZADATAK: | PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |          |                         |
| STUDENT: | Mrkonjić Ana   | MENTOR:  | Doc. dr. sc. Neno Torić |
| SADRŽAJ: | DETALJ "H"   | MJERILO: | 1:20                    |
| DATUM:   | srpanj 2015.   | PRILOG:  | 17                      |

PRESJEK 1-1

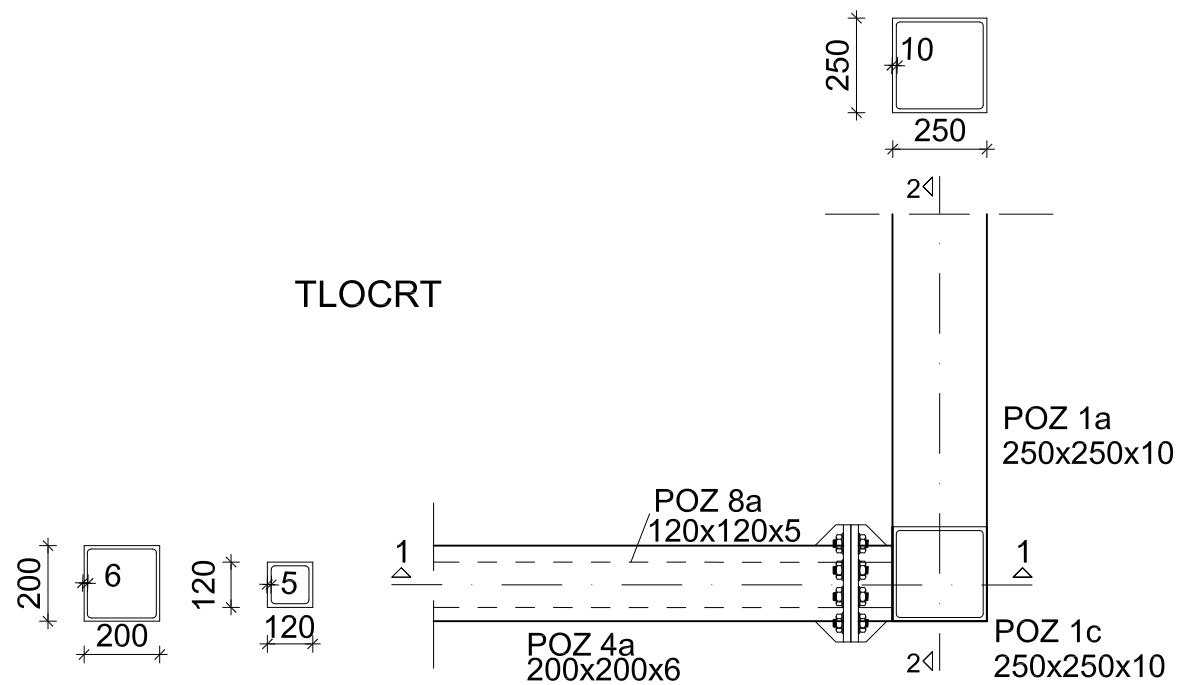


PRESJEK 2-2

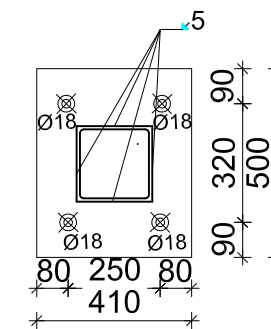
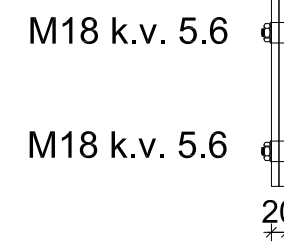
SPOJ MALE REŠETKE  
S VELIKOM REŠETKE



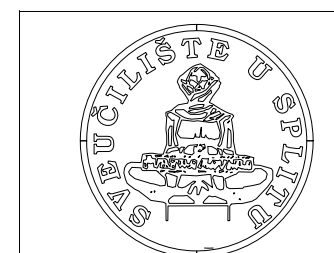
TLOCRT



Ⓟ 410/500/20 S-275



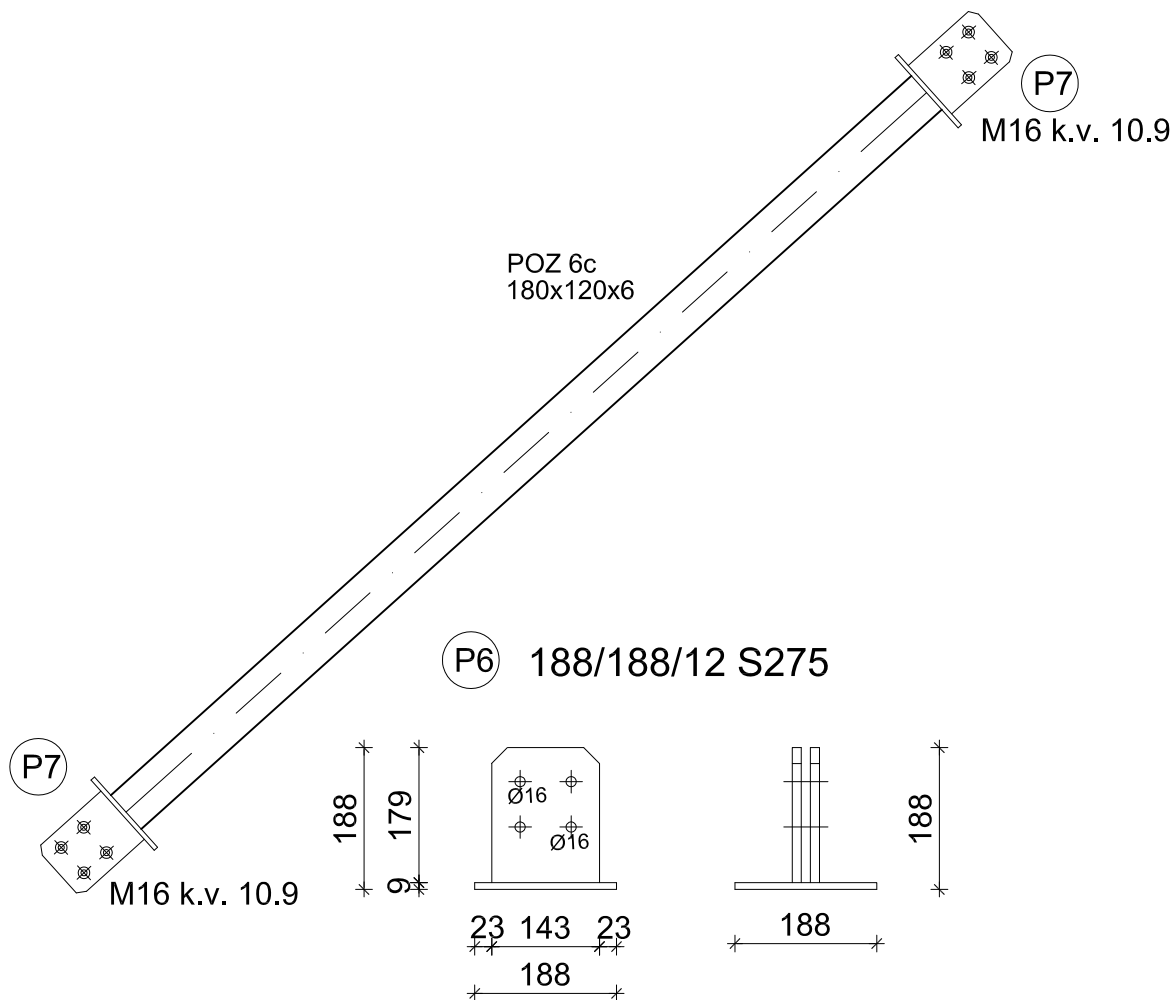
DETALJ "I"  
MJ 1:20



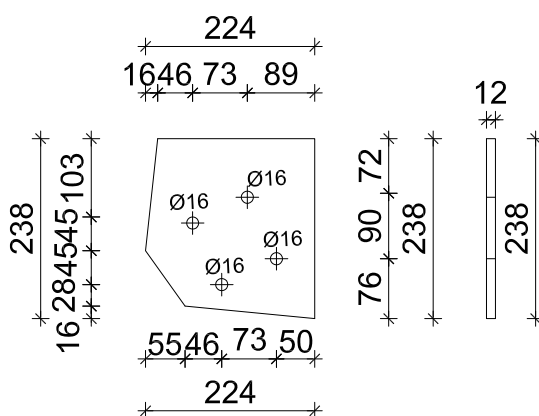
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

| DIPLOMSKI RAD |  |          |                         |
|---------------|--|----------|-------------------------|
| ZADATAK:      | PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |          |                         |
| STUDENT:      | Mrkonjić Ana   | MENTOR:  | Doc. dr. sc. Neno Torić |
| SADRŽAJ:      | DETALJ "I"   | MJERILO: | 1:20                    |
| DATUM:        | srpanj 2015.   | PRILOG:  | 18                      |

# MONTAŽNI NASTAVAK ISPUNE VELIKE REŠETKE



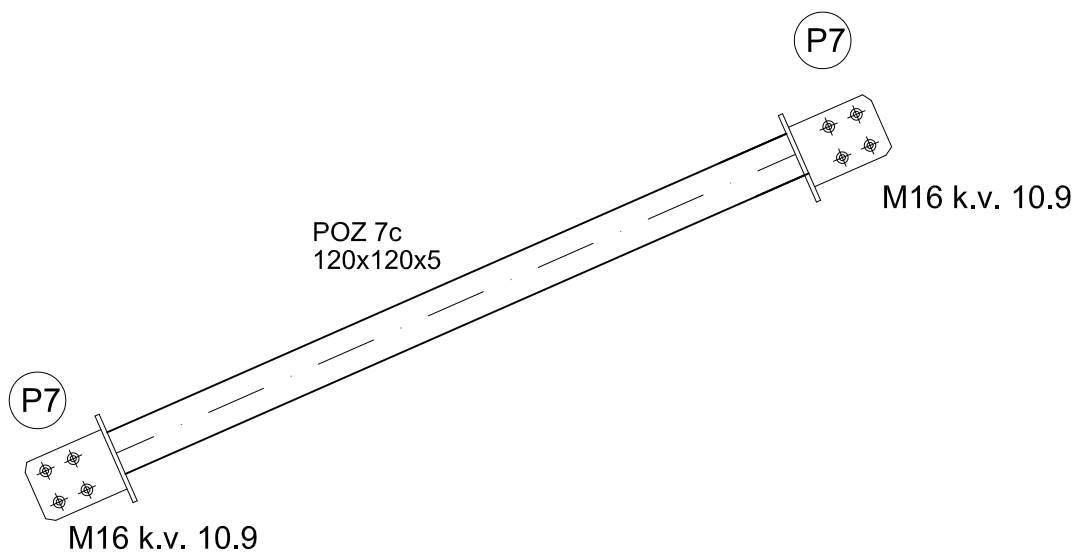
P7 224/238/12 S275



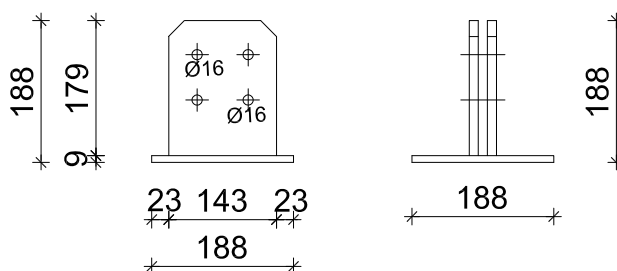
**DETALJ "J"**  
**MJ 1:20**

|  |   |                      |                                |
|--|---|----------------------|--------------------------------|
|  <p>FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE<br/>KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE<br/>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | <b>DIPLOMSKI RAD</b>  |                      |                                |
|  | ZADATAK: <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br/>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"</b> |                      |                                |
|  | STUDENT:<br><b>Mrkonjić Ana</b>   | MENTOR:              | <b>Doc. dr. sc. Neno Torić</b> |
|  | SADRŽAJ: <b>DETALJ "J"</b>  | MJERILO: <b>1:20</b> | PRILOG: <b>19</b>              |
| DATUM: <b>srpanj 2015.</b>   |   |                      |                                |

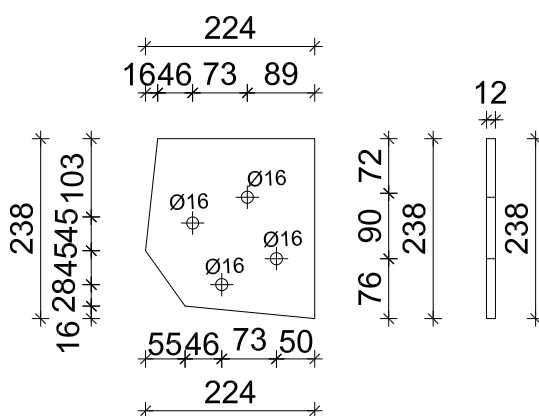
# MONTAŽNI NASTAVAK ISPUNE MALE REŠETKE



**P6** 188/188/12 S275



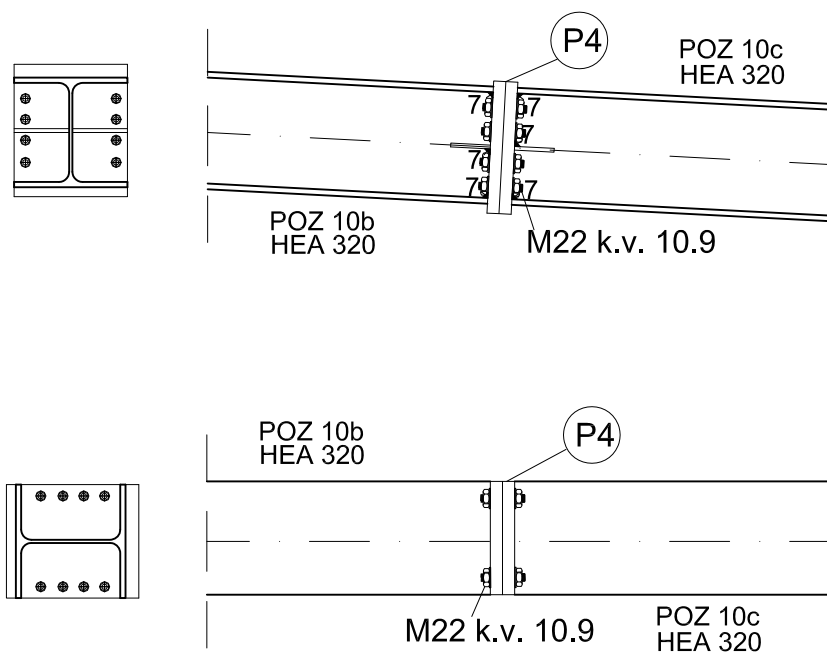
**P7** 224/238/12 S275



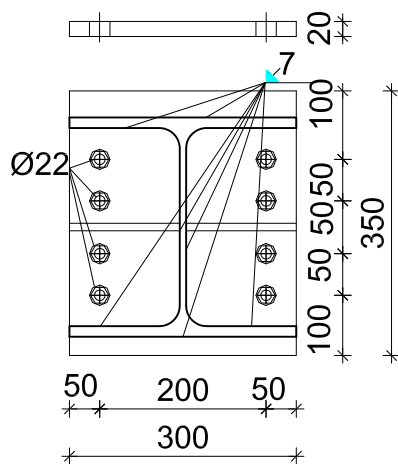
**DETALJ "K"**  
**MJ 1:20**

|  |   |   |
|--|---|---|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE<br/>KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE<br/>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | <b>DIPLOMSKI RAD</b>  |   |
|  | ZADATAK: <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br/>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"</b> |   |
|  | STUDENT:<br><b>Mrkonjić Ana</b>   | MENTOR:<br><b>Doc. dr. sc. Neno Torić</b> |
|  | SADRŽAJ<br><b>DETALJ "K"</b>  | MJERILO<br><b>1:20</b>                    |
| DATUM<br><b>srpanj 2015.</b>   | PRILOG<br><b>20</b>   |   |

# MONTAŽNI NASTAVAK GREDE POZ 100



**P4** 350/300/20 S-275

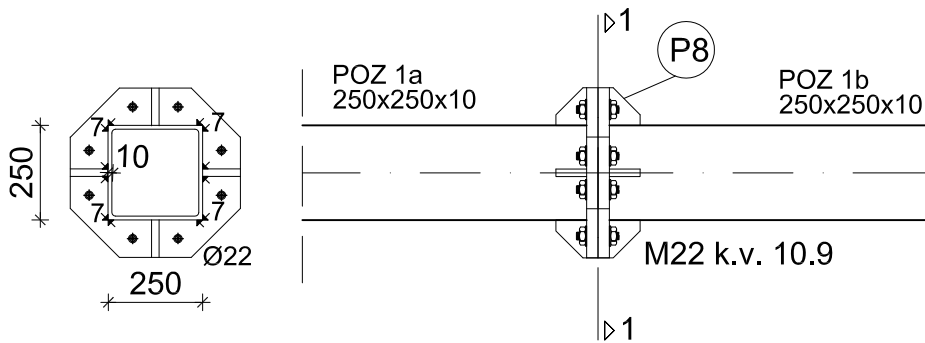


**DETALJ "L"**  
**MJ 1:20**

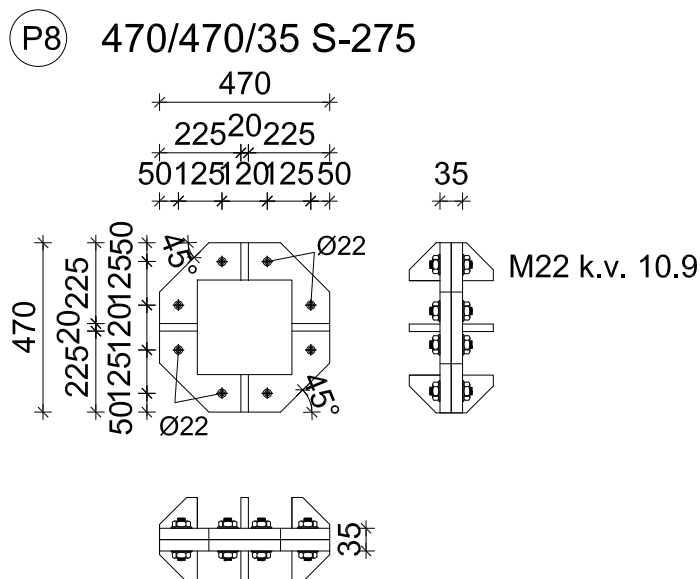
|  |   |            |                         |
|--|---|------------|-------------------------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE<br/>KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE<br/>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | <b>DIPLOMSKI RAD</b>  |            |                         |
|  | ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |            |                         |
|  | STUDENT:<br><br>Mrkonjić Ana  | MENTOR     | Doc. dr. sc. Neno Torić |
|  | SADRŽAJ   | DETALJ "L" | MJERILO 1:20            |
| DATUM  | srpanj 2015.  | PRILOG     | <b>21</b>               |

# MONTAŽNI NASTAVAK NOSAČA VELIKE REŠETKE

## TLOCRT



## PRESJEK 1-1

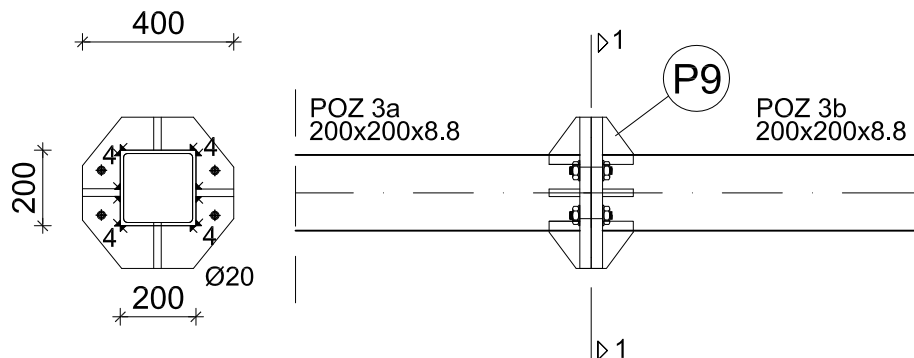


## DETALJ "M" MJ 1:20

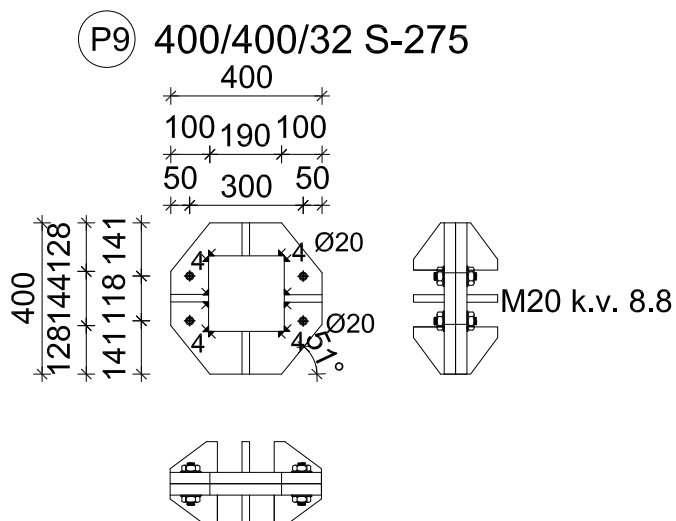
|  |   |            |                         |
|--|---|------------|-------------------------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE<br/>KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE<br/>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | <b>DIPLOMSKI RAD</b>  |            |                         |
|  | ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |            |                         |
|  | STUDENT:<br><br>Mrkonjić Ana  | MENTOR     | Doc. dr. sc. Neno Torić |
|  | SADRŽAJ   | DETALJ "M" | MJERILO 1:20            |
| DATUM  | srpanj 2015.  | PRILOG     | <b>22</b>               |

# MONTAŽNI NASTAVAK NOSAČA MALE REŠETKE

## TLOCRT

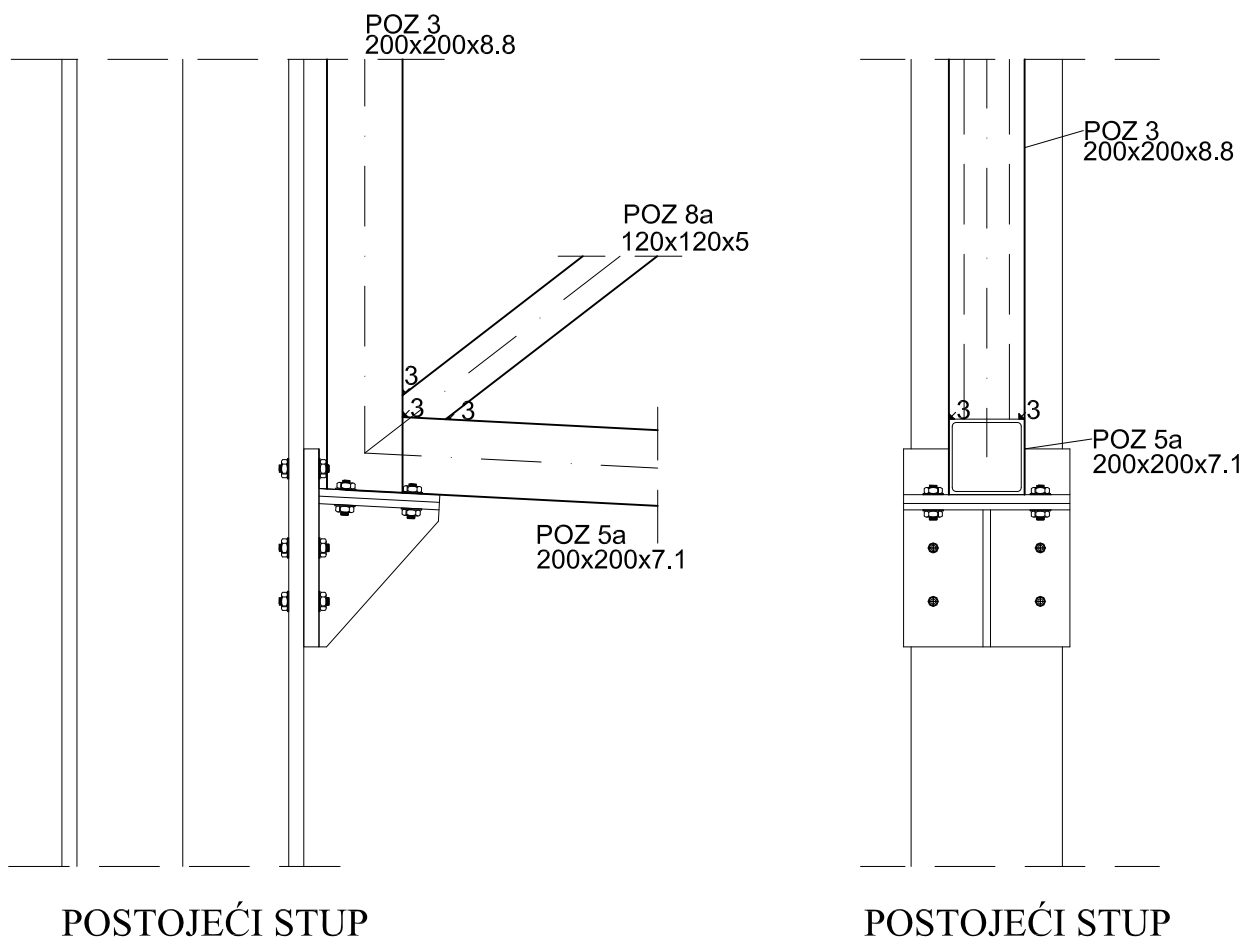


## PRESJEK 1-1



## DETALJ "N" MJ 1:20

|  |   |  |              |
|--|---|--|--------------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE<br/>KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE<br/>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | <b>DIPLOMSKI RAD</b>  |  |              |
|  | ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C-D"<br>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE" |  |              |
|  | STUDENT:<br><br>Mrkonjić Ana  | MENTOR:<br><br>Doc. dr. sc. Neno Torić |              |
|  | SADRŽAJ   | DETALJ "N"                             | MJERILO 1:20 |
| DATUM  | srpanj 2015.  | PRILOG                                 | <b>23</b>    |



## DETALJ "O"

### MJ 1:20

|   |   |                   |                                |
|---|---|-------------------|--------------------------------|
|  <p style="font-size: small; text-align: center;">             FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>             GEODEZIJE<br/>             KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE<br/>             21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15         </p> | <b>DIPLOMSKI RAD</b>  |                   |                                |
|   | ZADATAK: <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C"<br/>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"</b> |                   |                                |
|   | STUDENT:<br><br><b>Mrkonjić Ana</b>   | MENTOR            | <b>Doc. dr. sc. Neno Torić</b> |
|   | SADRŽAJ   | <b>DETALJ "O"</b> | MJERILO <b>1:20</b>            |
| DATUM   | <b>srpanj 2015.</b>   | PRIOLOG <b>24</b> |                                |



POZ 10b  
HEA 320

POZ 10b  
HEA 320

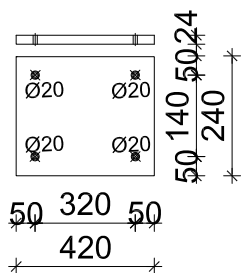
M20 k.v. 8.8

P5

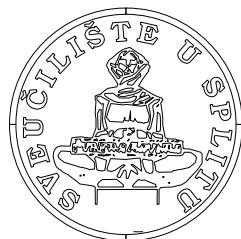
POZ 11  
HEB 200

POZ 11  
HEB 200

P5 630/730/24 S-275



DETALJ "P"  
MJ 1:20



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

### DIPLOMSKI RAD

ZADATAK: PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C"  
SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"

STUDENT:

Mrkonjić Ana

MENTOR

Doc. dr. sc. Neno Torić

SADRŽAJ

DETALJ "P"

MJERILO 1:20

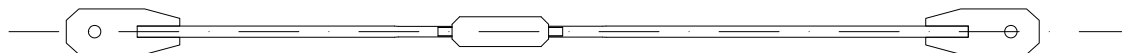
DATUM

srpanj 2015.

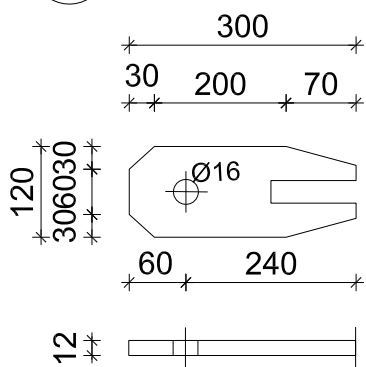
PRILOG

25

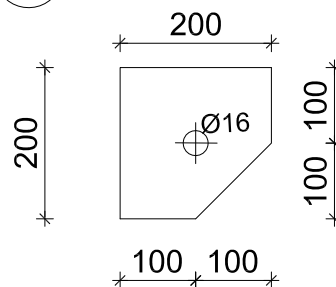
# MONTAŽNI NASTAVAK SPREGA



P10 300/120/12 S275



P11 200/200/12 S275



## DETALJ "R" MJ 1:20

|  |   |                   |                                |
|--|---|-------------------|--------------------------------|
|  <p>FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE<br/>KATEDRA ZA METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE<br/>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | <b>DIPLOMSKI RAD</b>  |                   |                                |
|  | ZADATAK: <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE DILATACIJE "C"<br/>SPORTSKOG CENTARA "DUGOPOLJE"</b> |                   |                                |
|  | STUDENT:<br><br><b>Mrkonjić Ana</b>   | MENTOR            | <b>Doc. dr. sc. Neno Torić</b> |
|  | SADRŽAJ   | <b>DETALJ "R"</b> | MJERILO <b>1:20</b>            |
| DATUM  | <b>srpanj 2015.</b>   | PRILOG <b>26</b>  |                                |

## 11. PRILOZI

### 11.1. Popis tablica

|   |    |
|---|----|
| TABLICA 2.1. KOEFICIJENTI DJELOVANJA TLAKA PO ZONAMA .....                          | 13 |
| TABLICA 2.2. REZULTIRAJUĆE DJELOVANJE TLAKA PO ZONAMA .....                         | 13 |
| TABLICA 2.3. KOEFICIJENTI DJELOVANJA PODTLAKA PO ZONAMA.....                        | 14 |
| TABLICA 2.4. REZULTIRAJUĆE DJELOVANJE PODTLAKA PO ZONAMA.....                       | 14 |
| TABLICA 2.5. KOEFICIJENTI TRENJA .....  | 15 |
| TABLICA 2.6. NAJVIŠE TEMPERATURE ZRAKA U HLADU U OVISNOSTI O NADMORSKOJ VISINI..... | 19 |
| TABLICA 2.7. NAJNIŽE TEMPERATURE ZRAKA U HLADU U OVISNOSTI O NADMORSKOJ VISINI..... | 19 |
| TABLICA 5.1. ISKORISTIVOST ČELIČNIH PROFILA.....                                    | 66 |

### 11.2. Popis slika

|   |    |
|---|----|
| CRTEŽ 1.1. PRIKAZ DILATACIJA OBJEKTA .....  | 3  |
| CRTEŽ 2.1. KARTA PODRUČJA ZA OPTEREĆENJA SNIJEGOM.....  | 10 |
| CRTEŽ 2.2. KARTA PODRUČJA OPTEREĆENJA VJETROM .....   | 12 |
| CRTEŽ 2.3. ZONE DJELOVANJA TLAKA.....   | 13 |
| CRTEŽ 2.4. . ZONE DJELOVANJA PODTLAKA .....   | 14 |
| CRTEŽ 2.5. . REFERENTNA POVRŠINA ZA DJELOVANJE TRENJA OD VJETRA .....   | 15 |
| CRTEŽ 2.6. POZICIJA STUPOVA .....   | 16 |
| CRTEŽ 2.7. KOEF. UMANJENJA VITKOSTI $\Psi_{\lambda}$ U OVISNOSTI O PRORAČUNSKOJ VITKOSTI $\lambda$ I ZA RAZLIČITE STUPNJEVE PUNOĆE $\Phi$ ..... | 17 |
| CRTEŽ 3.1. IZOMETRIJSKI POGLED NA PRORAČUNSKI MODEL .....   | 20 |
| CRTEŽ 3.2. POGLED NA KONSTRUKCIJU IZ X SMJERA.....  | 20 |
| CRTEŽ 3.3. POGLED NA KONSTRUKCIJU IZ Y SMJERA.....  | 21 |
| CRTEŽ 3.4. POGLED NA KONSTRUKCIJU IZ Z SMJERA-ODOZGO.....   | 21 |
| CRTEŽ 3.5. DODATNO STALNO OPTEREĆENJE (POKROV) .....  | 22 |
| CRTEŽ 3.6. DODATNO STALNO OPTEREĆENJE (RASVJETA I OZVUCENJE).....   | 22 |
| CRTEŽ 3.7. OPTEREĆENJE SNIJEGOM PREKO CIJELE KONSTRUKCIJE.....  | 23 |
| CRTEŽ 3.8. OPTEREĆENJE SNIJEGOM PREKO KONZOLE .....   | 23 |
| CRTEŽ 3.9. OPTEREĆENJE VJETROM-TLAK .....   | 24 |
| CRTEŽ 3.10. OPTEREĆENJE VJETROM-PODTLAČNO DJELOVANJE .....  | 24 |
| CRTEŽ 3.11. OPTEREĆENJE VJETROM-TRENJE PO KROVNOJ PLOHI.....  | 25 |
| CRTEŽ 3.12. OPTEREĆENJE VJETROM-DJELOVANJE VJETRA NA STUPOVE .....  | 25 |
| CRTEŽ 3.13. OPTEREĆENJE POZITIVNOM TEMPERATUROM .....   | 26 |
| CRTEŽ 3.14. OPTEREĆENJE NEGATIVNOM TEMPERATUROM .....   | 26 |
| CRTEŽ 4.1. VERTIKALNI POMAK $U_z$ .....   | 30 |
| CRTEŽ 4.2. HORIZONTALNI POMAK $U_x$ .....   | 30 |

|  |           |
|--|-----------|
| CRTEŽ 4.3. REZNE SILE U STUPU .....  | 31        |
| CRTEŽ 4.4. REZNE SILE U GREDI .....  | 31        |
| CRTEŽ 4.5. REZNE SILE U POJASU VELIKE REŠETKE .....  | 32        |
| CRTEŽ 4.6. REZNE SILE ISPUNE VELIKE REŠETKE .....  | 32        |
| CRTEŽ 4.7. REZNE SILE U POJASU MALE REŠETKE .....  | 33        |
| CRTEŽ 4.8. REZNE SILE ISPUNE MALE REŠETKE .....  | 33        |
| CRTEŽ 4.9. REZNE SILE U GORNJOJ PODROŽNICI U SMJERU Y .....  | 34        |
| CRTEŽ 4.10. REZNE SILE U GORNJOJ PODROŽNICI U SMJERU X .....   | 34        |
| CRTEŽ 4.11. REZNE SILE U DONJOJ PODROŽNICI .....   | 35        |
| CRTEŽ 4.12. REZNE SILE U SPREGOVIMA .....  | 35        |
| CRTEŽ 6.1. SPOJ STUP TEMELJ .....  | 67        |
| CRTEŽ 6.2. SPOJ REŠETKE S BETONSKIM STUPOM .....   | 70        |
| CRTEŽ 6.3. KT SPOJ NOSAČA I ISPUNE VELIKE REŠETKE .....  | 75        |
| CRTEŽ 6.4. KT SPOJ NOSAČA I ISPUNE MALE REŠETKE .....  | 80        |
| <b>CRTEŽ 6.5. VLAČNI NASTAVAK POJASA VELIKE REŠETKE .....</b>  | <b>86</b> |
| <b>CRTEŽ 6.6. VLAČNI NASTAVAK ISPUNE MALE REŠETKE .....</b>  | <b>88</b> |
| <b>CRTEŽ 6.7. VLAČNI NASTAVAK POJASA MALE REŠETKE .....</b>  | <b>90</b> |
| CRTEŽ 8.1. DIO KONSTRUKCIJE KOJI JE ZAHVAĆEN POŽAROM .....   | 93        |
| CRTEŽ 8.2. RAZVIJENA TEMPERATURA NE ZAŠTIĆENOG ELEMENTA DONJEG POJASA REŠETKE .....                    | 95        |
| CRTEŽ 8.3. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U NE ZAŠTIĆENOM DONJEM POJASU REŠETKE OD POŽARNE KOMBINACIJE .....  | 96        |
| CRTEŽ 8.4. RAZVIJENA TEMPERATURA ZAŠTIĆENOG ELEMENTA DONJEG POJASA REŠETKE .....                       | 100       |
| CRTEŽ 8.5. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U ZAŠTIĆENOM DONJEM POJASU REŠETKE OD POŽARNE KOMBINACIJE .....     | 100       |
| CRTEŽ 8.6. RAZVIJENA TEMPERATURA NE ZAŠTIĆENOG ELEMENTA GORNJEG POJASA REŠETKE .....                   | 104       |
| CRTEŽ 8.7. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U NE ZAŠTIĆENOM GORNJEM POJASU REŠETKE OD POŽARNE KOMBINACIJE ..... | 105       |
| CRTEŽ 8.8. RAZVIJENA TEMPERATURA ZAŠTIĆENOG ELEMENTA GORNJEG POJASA REŠETKE .....                      | 109       |
| CRTEŽ 8.9. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U ZAŠTIĆENOM GORNJEM POJASU OD POŽARNE KOMBINACIJE .....            | 109       |
| CRTEŽ 8.10. RAZVIJENA TEMPERATURA NE ZAŠTIĆENOG ELEMENTA ISPUNE REŠETKE .....                          | 113       |
| CRTEŽ 8.11. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U NE ZAŠTIĆENOJ ISPUNI REŠETKE OD POŽARNE KOMBINACIJE .....        | 114       |
| CRTEŽ 8.12. RAZVIJENA TEMPERATURA ZAŠTIĆENOG ELEMENTA ISPUNE REŠETKE .....                             | 118       |
| CRTEŽ 8.13. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U ZAŠTIĆENOJ ISPUNI REŠETKE OD POŽARNE KOMBINACIJE .....           | 118       |
| CRTEŽ 8.14. RAZVIJENA TEMPERATURA NE ZAŠTIĆENE PODROŽNICE .....  | 122       |
| CRTEŽ 8.15. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U NE ZAŠTIĆENOJ PODROŽNICI OD POŽARNE KOMBINACIJE .....            | 123       |
| CRTEŽ 8.16. RAZVIJENA TEMPERATURA U ZAŠTIĆENOJ PODROŽNICI .....  | 127       |
| CRTEŽ 8.17. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U ZAŠTIĆENOJ PODROŽNICI OD POŽARNE KOMBINACIJE .....               | 127       |
| CRTEŽ 8.18. RAZVIJENA TEMPERATURA U NE ZAŠTIĆENOM SPREGU .....   | 131       |
| CRTEŽ 8.19. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U NE ZAŠTIĆENOM SPREGU OD POŽARNE KOMBINACIJE .....                | 132       |
| CRTEŽ 8.20. RAZVIJENA TEMPERATURA ZAŠTIĆENOG ELEMENTA .....  | 135       |
| CRTEŽ 8.21. MJERODAVNA UZDUŽNA SILA U ZAŠTIĆENOM SPREGU OD POŽARNE KOMBINACIJE .....                   | 135       |

### **11.3. Literatura**

- [1] HRN EN 1991. – Actions on structure
- [2] HRN EN 1993.- Design of steel structure
- [3] B.Androić, D. Dujmović, Ivica Džeba ;Čelične konstrukcije 1, Zagreb 2009
- [4] Neno Torić, Zapisi s predavanja, Proračun požarne otpornosti čeličnih konstrukcija prema EN 1993-1-2
- [5] Neno Torić, Zapisi s predavanja, Primjeri proračuna požarne otpornosti čeličnih elemenata
- [6] I. Boko, N. Torić, B. Peroš, Analiza proračunskih modela provođenja topline iz EN 1993-1-2, Građevinar 64 (2012)4