

# Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale

---

**Klarić, Dolores**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:790738>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-06**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

**ZAVRŠNI RAD**

---

Dolores Klarić

Split, 2015.

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

Dolores Klarić

**Proračun čelične konstrukcije  
proizvodne hale**

Završni rad

Split, 2015.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

**STUDIJ: PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT:** Dolores Klarić

**BROJ INDEKSA:** 4036

**KATEDRA: Katedra za metalne i drvene konstrukcije**  
**PREDMET:** Osnove metalnih konstrukcija

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Opis zadatka: Na temelju zadanih podataka čelične hale potrebno je dimenzionirati glavnu nosivu konstrukciju, sekundarne nosače te spregove konstrukcije.

Način izvedbe: montažno

Materijal konstrukcije: Fe-360 (S325)

Objekt se nalazi na području Rijeke

Razmak okvira: 6,1 (m)

U Splitu, 2. travnja 2015.

Voditelj Završnog rada:

Prof.dr.sc. Boko Ivica

## SADRŽAJ:

|   |    |
|---|----|
| 1. Tehnički opis.....                                       | 1  |
| 2. Analiza opterećenja.....                                 | 4  |
| 2.1. Glavna nosiva konstrukcija .....                       | 4  |
| 2.1.1. Stalno opterećenje – krovna ploha .....              | 4  |
| 2.1.2. Promjenjivo opterećenje - djelovanje snijega .....   | 5  |
| 2.1.3. Promjenjivo opterećenje - djelovanje vjetra.....     | 6  |
| 2.2. Sekundarna konstrukcija .....                          | 11 |
| 2.2.1. Krovne podrožnice .....                              | 11 |
| 2.2.2. Krovni vjetrovni spreg.....                          | 11 |
| 2.2.3. Bočne podrožnice .....                               | 12 |
| 2.2.4. Bočni (zidni) vjetrovni spreg.....                   | 12 |
| 3. Dijagrami unutrašnjih sila za pojedina djelovanja .....  | 13 |
| 3.1. Vlastita težina konstrukcije .....                     | 13 |
| 3.2. Stalno djelovanje .....                                | 14 |
| 3.3. Opterećenje snijegom – S .....                         | 16 |
| 3.4. Opterećenje vjetrom – W1.....                          | 17 |
| 3.5. Opterećenje vjetrom – W2.....                          | 19 |
| 4. Kontrola progiba (GSU) .....                             | 21 |
| 4.1. Vertikalni progib u sredini donjeg pojasa rešetke..... | 21 |
| 4.2. Horizontalni pomak vrha stupa .....                    | 22 |
| 5. Granično stanje nosivosti.....                           | 23 |
| 5.1. Glavna konstrukcija.....                               | 23 |
| 5.1.1. Maksimalne rezne sile u stupu .....                  | 23 |
| 5.1.2. Maksimalne rezne sile u rešetki .....                | 27 |
| 5.2. Sekundarna konstrukcija .....                          | 30 |
| 5.2.1. Krovne podrožnice .....                              | 30 |
| 5.2.2. Bočne podrožnice .....                               | 31 |
| 5.2.3. Krovni spregovi .....                                | 32 |
| 5.2.4. Bočni spregovi.....                                  | 32 |
| 6. Dimenzioniranje konstruktivnog sustava .....             | 33 |
| 6.1. Dimenzioniranje glavne konstrukcije.....               | 33 |
| 6.1.1. Dimenzioniranje rešetke konstruktivnog sustava.....  | 33 |
| 6.1.1.1. Gornji pojas (GP).....                             | 33 |
| 6.1.1.2. Donji pojas (DP) .....                             | 36 |
| 6.1.1.3. Ispuna – vertikalni štapovi (V) .....              | 38 |
| 6.1.1.4. Ispuna – dijagonalni štapovi (D).....              | 41 |
| 6.1.2. Dimenzioniranje stupova (S).....                     | 43 |
| 6.1.2.1. Iskoristivost poprečnog presjeka .....             | 50 |

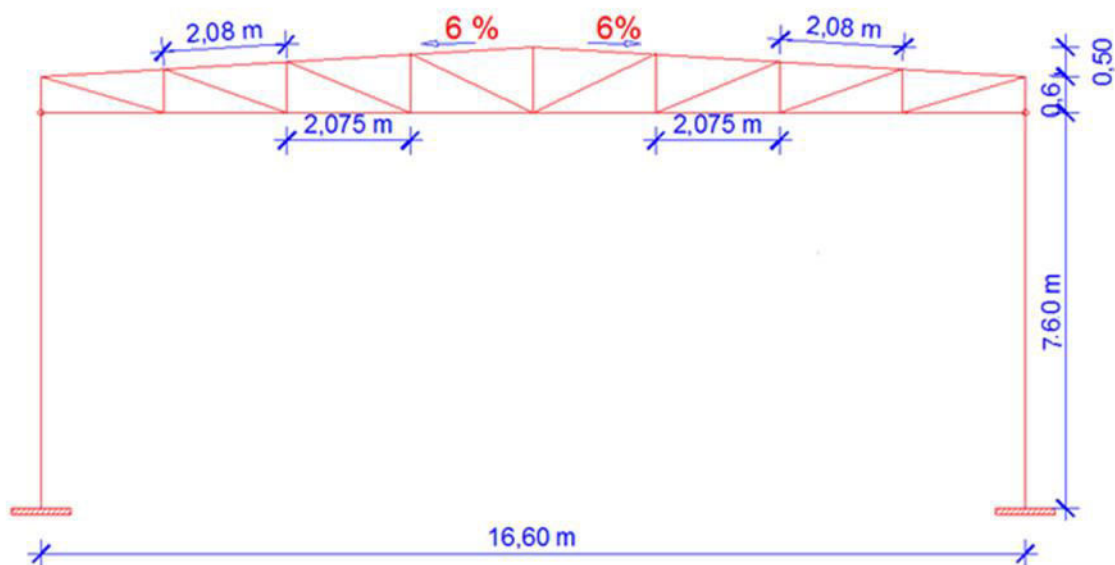
|        |  |    |
|--------|--|----|
| 6.2.   | Dimenzioniranje sekundarne konstrukcije .....    | 51 |
| 6.2.1. | Krovne podrožnice (K1).....                      | 51 |
| 6.2.2. | Bočne podrožnice (B1).....                       | 59 |
| 6.2.3. | Krovni spregovi (S1) .....                       | 64 |
| 6.2.4. | Bočni spregovi (S2).....                         | 65 |
| 7.     | Proračun spojeva .....                           | 66 |
| 7.1.   | Dimenzioniranje vlačnog nastavka rešetke .....   | 66 |
| 7.2.   | Dimenzioniranje spoja stup – rešetka.....        | 68 |
| 7.3.   | Dimenzioniranje upetog spoja stup – temelj ..... | 71 |
| 8.     | Nacrti.....                                      | 76 |
| 8.1.   | Generalni plan pozicija M 1:200                  |    |
| 8.2.   | Presjek kroz glavni okvir M 1:50                 |    |
| 8.3.   | Radionički nacrt glavnog okvira M 1:50           |    |
| 8.4.   | Detalji spojeva M 1:10                           |    |
| 9.     | Iskaz količine čelika                            |    |

# 1. TEHNIČKI OPIS

## Općenito:

Predmetna građevina nalazi se na području grada Rijeke. Tlocrtne dimenzije su 16,6 x 42,7 (m), visina iznosi 8,71 (m). Krovna ploha je u odnosu na horizontalnu ravninu nagnuta pod kutom  $\alpha = 3,43^\circ$ , što je ekvivalentno padu od 6 %.

Projektirana je za potrebe skladištenja.



Slika 1.1 Geometrija glavnog nosača

Glavni nosivi sustav hale izveden je kao sustav 8 ravinskih okvira raspona 16,60 (m), stabilnih u svojoj ravnini, na međusobnom osnom razmaku od 6,10 (m).

Na gornje pojaseve se oslanjaju sekundarni krovni nosači (podrožnice), a na stupove su oslonjeni sekundarni bočni nosači na međusobnom osnom razmaku od 2,53 (m).

Stabilizacija hale u smjeru okomitom na glavni nosivi sustav ostvarena je spregovima u krovim (horizontalnim) i bočnim (zidnim) ravninama i to u krajnjim poljima (prvom i posljednjem).

Kao pokrov koriste se tzv. sendvič paneli dvostruko profiliranog aluminijskog lima s toplinskom izolacijom između, debljine 5 cm. Ukupna debljina pokrova je 8 cm.

## **Konstruktivni elementi**

### **Rešetka**

Proračunom je odabrani donji pojas profila 140x80x6 (mm) i gornji pojas profila 140x80x6 (mm), te vertikalne dimenzija 70x70x3 (mm) i dijagonale 70x70x3 (mm). Zbog maksimalne proizvodne dužine od 12,0 (m), donji pojas se sastoji iz 3 dijela, jednog dužine 12 000 (mm) i druga dva 2300 (mm). Gornji pojas izrađen je iz četiri dijela, dva međusobno zavarena duljine 5185 (mm) i dva spojena vijcima (sa svake strane) duljine 3166 (mm).

### **Stupovi**

Proračunom su odabrani stupovi europskih širokopojasnih H profila HEB 400, svaki dužine 7600 (mm).

### **Podrožnice**

Odabrane su krovne podrožnice profila HE 180 A.

### **Sekundarni bočni nosači**

Odabrani sekundarni bočni nosači su profila HE 180 A

### **Spregovi**

Kao dijagonale krovnog sprega odabrane su čelične sajle  $\Phi$  33 mm.

Kao dijagonale bočnog sprega odabrane su čelične sajle  $\Phi$  33 mm.

## **Spojevi**

### **Vlačni nastavak rešetke**

Spoj se izvodi čeonim pločama dimenzija 270x135x23(mm) navarenim na krajeve greda međusobno pričvršćenim vijcima M16 k.v. 10.9 nosivim na vlak i odrez.

### **Stup – rešetka**

Spoj donje pojasnice rešetke sa stupom je konstruktivan zbog pojave samo tlačne sile, ostvaruje se čeonim pločama dimenzija 400x300x10 (mm) i vijcima M16 k.v. 8.8 nosivim na vlak i odrez.

### **Stup – temelj**

Spoj se izvodi podložnom pločom dimenzija 680x346x40 (mm) navarenom na kraj stupa i pričvršćenom vijcima M27 k.v 10.9 nosivim na vlak i odrez, te sidrenim u armirano–betonski temelj. Između podložne ploče i armirano–betonskog temelja podlijeva se ekspanzirajući mort.



### **O proračunu konstrukcije**

Statičkom analizom obuhvaćena su opterećenja koja djeluju na konstrukciju i to:

- stalno (vlastita težina okvira, sekundarna konstrukcija, instalacije),
- snijeg,
- vjetar

Analiza je provedena na jednom reprezentativnom ravninskom okviru na kojeg otpada 6,1 (m) širine krovne plohe.

Odgovarajući koeficijenti za vjetar i snijeg uzeti su iz propisanih tablica. Kao mjerodavna za dimenzioniranje konstruktivnih elemenata i spojeva uzeta je najnepovoljnija kombinacija opterećenja.

Proračun konstrukcije izvršen je programskim paketom „SCIA 2015“

### **Materijal za izradu konstrukcije**

Svi elementi konstrukcije (glavni nosivi okvir, sekundarne konstrukcije, spregovi i spojne ploče) izrađeni su od građevinskog čelika S 235.

### **Antikorozijska zaštita**

Svi dijelovi čelične konstrukcije moraju biti zaštićeni od korozije prema odredbama „Pravilnika o tehničkim mjerema i uvjetima za zaštitu čelične konstrukcije od korozije“. Kao vrsta zaštite od korozije koristi se zaštita vrućim pocinčavanjem.

### **Zaštita od požara**

Svi elementi moraju se zaštititi posebnim premazima otpornim na visoke temperature, s ciljem što veće zaštite od požara. Također je potrebno opremiti objekt za slučaj nastanka požara uređajima za najavu požara kao i opremom za njegovo gašenje.

### **Montaža i transport**

Pozicije okvira će se izrezati u radionici te transportirati na gradilište. Pri tome je potrebno obratiti posebnu pažnju na montažu i transport da bi se izbjegla nepotrebna oštećenja. Izvođač je dužan izraditi plan montaže nosača kojeg treba zajedno sa transportnim planom dostaviti nadzornoj službi na suglasnost. Potrebno je poduzeti sve mjere u skladu s „Pravilnikom o zaštiti na radu“.

## 2. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1. Glavna nosiva konstrukcija

#### 2.1.1. Stalno opterećenje – krovna ploha

-sendvič paneli (aluminij):  $g=0,15 \text{ kN/m}^2$

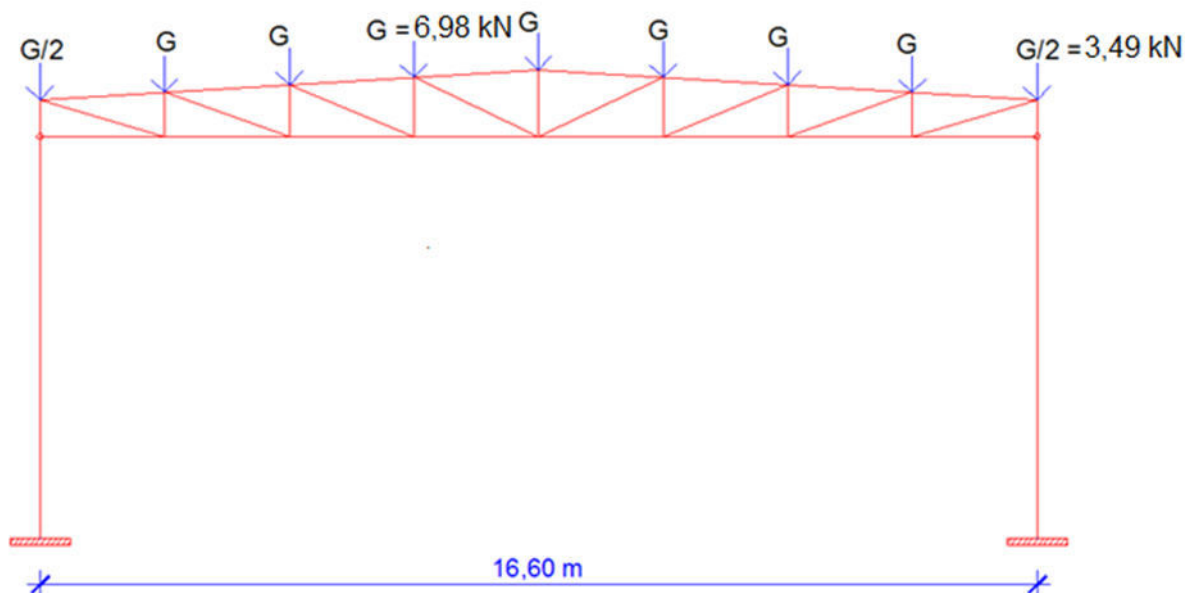
-sekundarna konstrukcija i spregovi:  $g=0,20 \text{ kN/m}^2$

-instalacije:  $g=0,20 \text{ kN/m}^2$

Ukupno:  $q = 0,55 \text{ kN/m}^2$

$$a = \frac{2,075}{\cos \alpha} = \frac{2,075}{\cos 3,43} = 2,08 \text{ m}$$

$$G = g \cdot a \cdot l = 0,55 \cdot 2,08 \cdot 6,1 = 6,98 \text{ kN}$$



Slika 2.1.1.1. Stalno opterećenje u čvorovima okvira

## 2.1. 2. Promjenjivo opterećenje - djelovanje snijega

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k (\text{kN/m}^2)$$

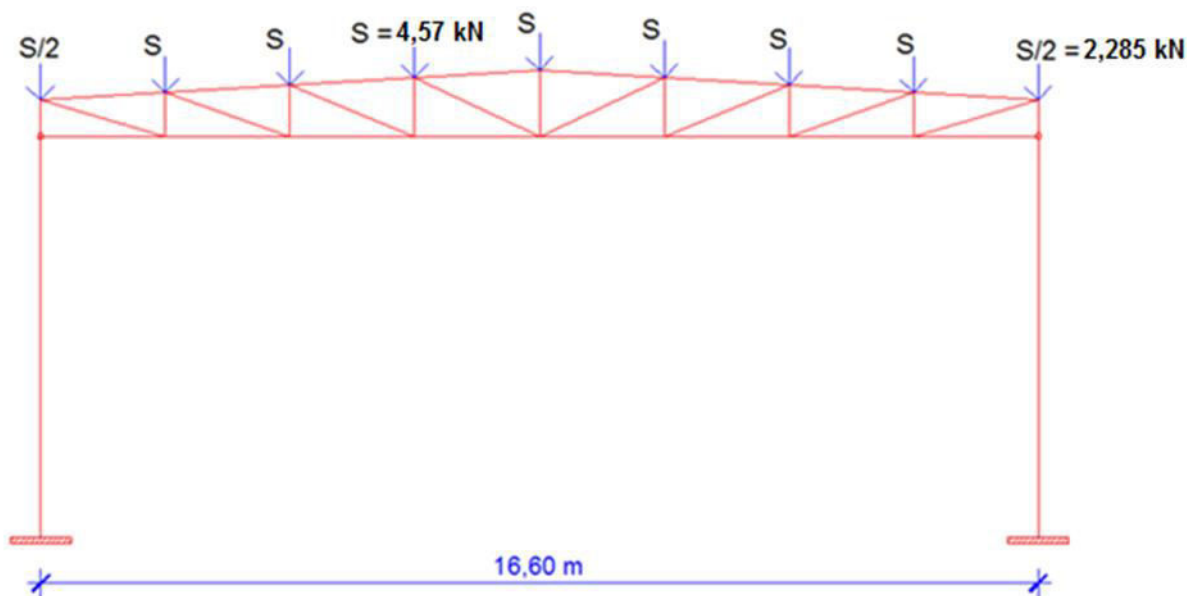
$$C_e = C_t = 1,0$$

$$S_k = 0,45 \text{ kN/m}^2 - \text{očitano za područje C (120 m.n.m.) - Rijeka}$$

$$\mu_i = 0,8 - \text{koeficijent oblika za kut } 3,43^\circ$$

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 0,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$S = s \cdot a \cdot l = 0,36 \cdot 2,08 \cdot 6,1 = 4,57 \text{ kN}$$



Slika 2.1.2.1. Opterećenje snijegom u čvorovima okvira

### 2.1.3. Promjenjivo opterećenje - djelovanje vjetra

vanjski pritisak  $\rightarrow w_e = q_{ref} \cdot C_e(Z_e) \cdot C_{pe}$

unutarnji pritisak  $\rightarrow w_i = q_{ref} \cdot C_e(Z_i) \cdot C_{pi}$

- $q_{ref}$   $\rightarrow$  referentni pritisak pri srednjoj brzini vjetra  
 $c_e(z_e)$  i  $c_i(z_i)$  koeficijenti izloženosti koji uzimaju u obzir neravnine terena  
 $z_e$  i  $z_i$   $\rightarrow$  referentne visine za lokalni ili unutarnji tlak  
 $c_{pe}$  i  $c_{pi}$  vanjski i unutarnji koeficijenti pritiska

#### Referentni pritisak vjetra

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

$\rho$   $\rightarrow$  gustoća zraka  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$v_{ref}$   $\rightarrow$  referentna brzina dana je izrazom:

$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{ref,0}$$

$v_{ref,0} = 30,0 \text{ m/s}$ , za područje II (Rijeka)

- |           |  |                                 |
|-----------|--|---------------------------------|
| $c_{DIR}$ | $\rightarrow$ koeficijent smjera vjetra;           | $c_{DIR} = 1,0$                 |
| $c_{TEM}$ | $\rightarrow$ koeficijent ovisan o godišnjem dobu; | $c_{TEM} = 1,0$                 |
| $c_{ALT}$ | $\rightarrow$ koeficijent nadmorske visine;        | $c_{ALT} = 1 + 0,001 \cdot a_s$ |
| $a_s$     | $\rightarrow$ nadmorska visina mjesta u (m);       | $a_s = 120 \text{ m}$           |

$$c_{ALT} = 1 + 0,001 \cdot 120$$

$$c_{ALT} = 1,120$$

$$v_{ref} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,12 \cdot 30$$

$$v_{ref} = 33,6 \text{ m/s}$$

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

$$q_{ref} = \frac{1,25}{2} \cdot 33,6^2$$

$$q_{ref} = 705,6 \text{ N/m}^2$$

$$q_{ref} = 0,706 \text{ kN/m}^2$$

#### Koef. izloženosti

Očitano za regiju P-7, kategoriju zemljišta 4, i visinu objekta 8,71 m

$$C_e(Z_e) = C_e(Z_i) = 1,7$$

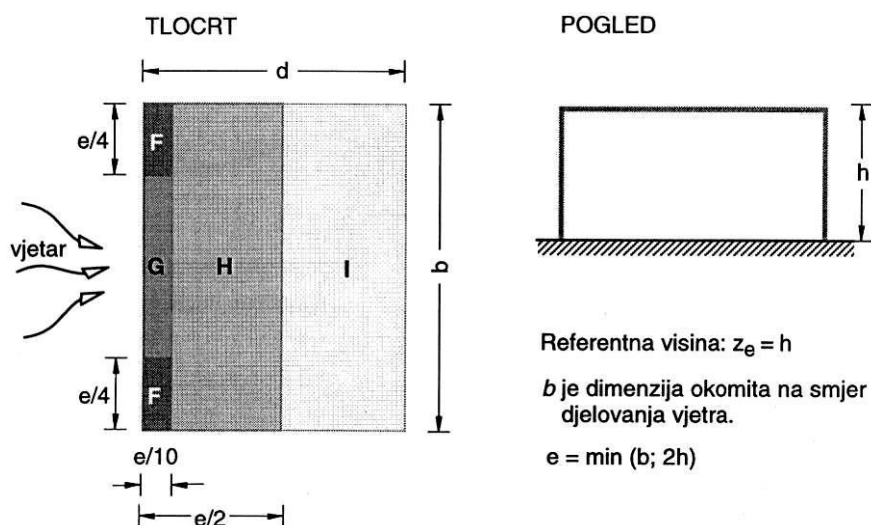
Koef. unutarnjeg tlaka

Koeficijenti  $c_{pi}$  ovise o veličini i raspodjeli otvora na oblozi hale (fasada i krov). U ovom primjeru nije definiran raspored i veličina otvora, zato se za vrijednost  $c_{pi}$  usvaja vrijednost iz starih normi.

$$C_{pi} = \pm 0,3$$

Koef. vanjskog tlaka

Koeficijenti vanjskog pritiska se određuju na način da se krovna ploha podijeli na zone kako je to prikazano na slici.



Slika 2.1.3.1. Raspodjela krovne plohe na vjetrovne zone

|   |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| h | → visina u sljemenu dvostrešnog krova         | h = 8,71 m            |
| d | → dubina građevine                            | d = 16,6 m            |
| b | → širina građevine (površina izložena vjetru) | b = 42,7 m<br>(7x6,1) |

SMJER VJETRA  $\Theta = 0^0$

$$e = \min \{b; 2h\} = \min \{6,1 \cdot 8 = 42,7 ; 2 \cdot 8,71 = 17,4\} = 17,4 \text{ m}$$

$$e/4 = 4,35 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,74 \text{ m}$$

za nagib  $5^0$

| PODRUČJE    | F    | G    | H    | I=J  | D    | E    |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| $c_{pe,10}$ | -1,7 | -1,2 | -0,6 | -0,3 | +0,8 | -0,3 |

Pritisak vjetra na unutrašnje površine:

$$W_i = q_{ref} \cdot C_e(Z_i) \cdot C_{pi} = 0,706 \cdot 1,7 \cdot (\pm 0,3) = \pm 0,36 \frac{kN}{m^2}$$

Pritisak vjetra na vanjske površine:

$$W_e = q_{ref} \cdot C_e(Z_e) \cdot C_{pe} = 0,706 \cdot 1,7 \cdot C_{pe} = 1,2 \cdot C_{pe} \frac{kN}{m^2}$$

| PODRUČJE      | F     | G     | H     | I=J   | D     | E     |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $C_{pe,10}$   | -1,7  | -1,2  | -0,6  | -0,3  | +0,8  | -0,3  |
| $w_e(kN/m^2)$ | -2,04 | -1,44 | -0,72 | -0,36 | +0,96 | -0,36 |

Rezultirajuće djelovanje vjetra:

$$w_k = w_e - w_i \quad [kN/m^2]$$

Vjetar **W1**      **pozitivni** unutarnji pritisak ( $c_{pi} = +0,3$ )

$$W_k = w_k \cdot m \quad [kN/m'], \quad m = 6,1 \text{ m}, \quad \rightarrow \quad \text{razmak okvira}$$

| PODRUČJE       | F     | G     | H     | I=J   | D     | E     |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $w_e (kN/m^2)$ | -2,04 | -1,44 | -0,72 | -0,36 | +0,96 | -0,36 |
| $w_i (kN/m^2)$ | +0,36 | +0,36 | +0,36 | +0,36 | +0,36 | +0,36 |
| $w_k (kN/m^2)$ | -2,4  | -1,8  | -1,08 | -0,72 | 0,6   | -0,72 |

Vjetar **W2**      **negativni** unutarnji pritisak ( $c_{pi} = -0,3$ )

$$W_k = w_k \cdot m \quad [kN/m'], \quad m = 7,5 \text{ m}, \quad \rightarrow \quad \text{razmak okvira}$$

| PODRUČJE       | F     | G     | H     | I=J   | D     | E     |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $w_e (kN/m^2)$ | -2,04 | -1,44 | -0,72 | -0,36 | +0,96 | -0,36 |
| $w_i (kN/m^2)$ | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| $w_k (kN/m^2)$ | -1,68 | -1,08 | -0,36 | 0,00  | 1,32  | 0,00  |

Za proračun uzimamo srednji glavni nosač!

Vjetar W1

$$W_1 = w_{GK} \cdot m \cdot l / 2 = -1,8 \cdot 6,1 \cdot 2,08 / 2 = -11,42 \text{ kN}$$

$$W_2 = (w_{GK} + w_{HK}) \cdot m \cdot l / 2 = (-1,8 - 1,08) \cdot 6,1 \cdot 2,08 / 2 = -18,27 \text{ kN}$$

$$W_3 = W_4 = w_{HK} \cdot m \cdot l = -1,08 \cdot 6,1 \cdot 2,08 = -13,7 \text{ kN}$$

$$W_5 = w_{HK} \cdot m \cdot l / 2 = -1,08 \cdot 6,1 \cdot 2,08 / 2 = -6,85 \text{ kN}$$

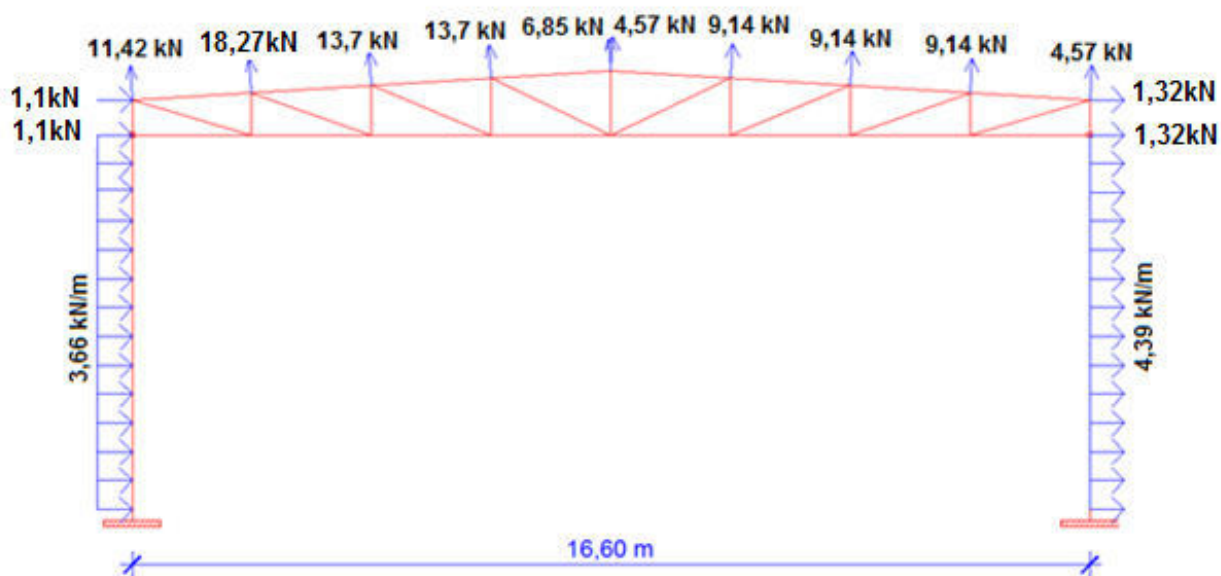
$$W_6 = W_{10} = w_{IK} \cdot m \cdot l / 2 = -0,72 \cdot 6,1 \cdot 2,08 / 2 = -4,57 \text{ kN}$$

$$W_7 = W_8 = W_9 = W_{IK} \cdot m \cdot l = -0,72 \cdot 6,1 \cdot 2,08 = -9,14 \text{ kN}$$

Horizontalni Vjetar W1

$$W_1 = w_{DK} \cdot m = 0,6 \cdot 6,1 = 3,66 \text{ kN/m}$$

$$W_2 = w_{EK} \cdot m = -0,72 \cdot 6,1 = -4,39 \text{ kN/m}$$



Slika 2.1.3.2. Djelovanje vjetra W1 na okvir

Vjetar W2

$$W_1 = w_{GK} \cdot m \cdot l / 2 = -1,08 \cdot 6,1 \cdot 2,08 / 2 = -6,85kN$$

$$W_2 = (w_{GK} + w_{HK}) \cdot m \cdot l / 2 = (-1,08 - 0,36) \cdot 6,1 \cdot 2,08 / 2 = -9,135kN$$

$$W_3 = W_4 = w_{HK} \cdot m \cdot l = -0,36 \cdot 6,1 \cdot 2,08 = -4,57kN$$

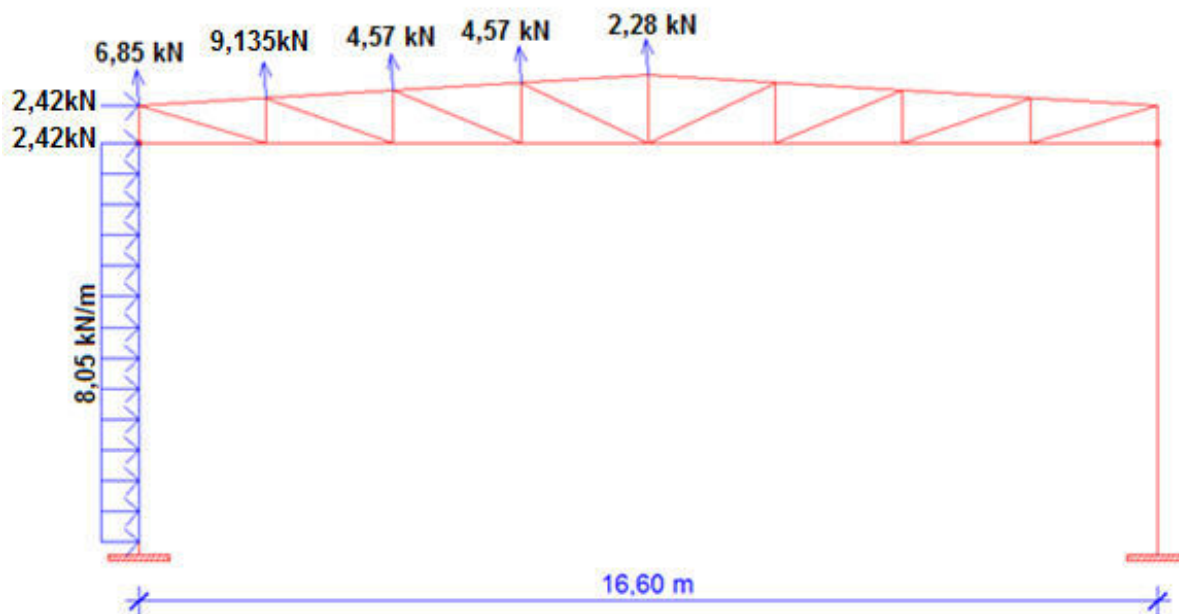
$$W_5 = w_{HK} \cdot m \cdot l / 2 = -0,36 \cdot 6,1 \cdot 2,08 / 2 = -2,28kN$$

$$W_6 = W_7 = W_8 = W_9 = W_{10} = w_{IK} \cdot m \cdot l / 2 = 0,00 \cdot 6,1 \cdot 2,08 / 2 = 0,00kN$$

Horizontalni Vjetar W2

$$W_1 = w_{DK} \cdot m = 1,32 \cdot 6,1 = 8,05kN/m'$$

$$W_2 = w_{EK} \cdot m = 0,00 \cdot 6,1 = 0,00kN/m'$$



Slika 2.1.3.3. Djelovanje vjetra W2 na okvir



## 2.2 Sekundarna konstrukcija

### 2.2.1. Krovne podrožnice

Stalno opterećenje:

$$G = g \cdot l = 0,55 \cdot 2,08 = 1,144 \text{ kN/m}$$

Opterećenje snijegom:

$$S = s \cdot l = 0,36 \cdot 2,08 = 0,749 \text{ kN/m}$$

Opterećenje vjetrom:

- Usisno djelovanje vjetra

$$W_z = w_k \cdot l = -1,08 \cdot 2,08 = -2,25 \text{ kN/m, za područje H}$$

### 2.2.2. Krovni vjetrovni spreg

$$P = \gamma_Q \cdot (W_z + W_{fr})$$

- Pritisak vjetra na zabat

Za područje B  $C_{pe}=0,8$

$$C_z = C_{pe} + C_{pi} = 0,8 + 0,3 = 1,1$$

$$A_z = \frac{h}{2} \cdot l = \frac{8,45}{2} \cdot 4,15 = 17,53 \text{ m}^2$$

$$W_z = q_{ref} \cdot C_e(Z_e) \cdot C_z \cdot A_z = 0,706 \cdot 1,7 \cdot 1,1 \cdot 17,53 = 23,14 \text{ kN}$$

- Sila od trenja vjetra po krovu

$$C_{fr} = 0,1$$

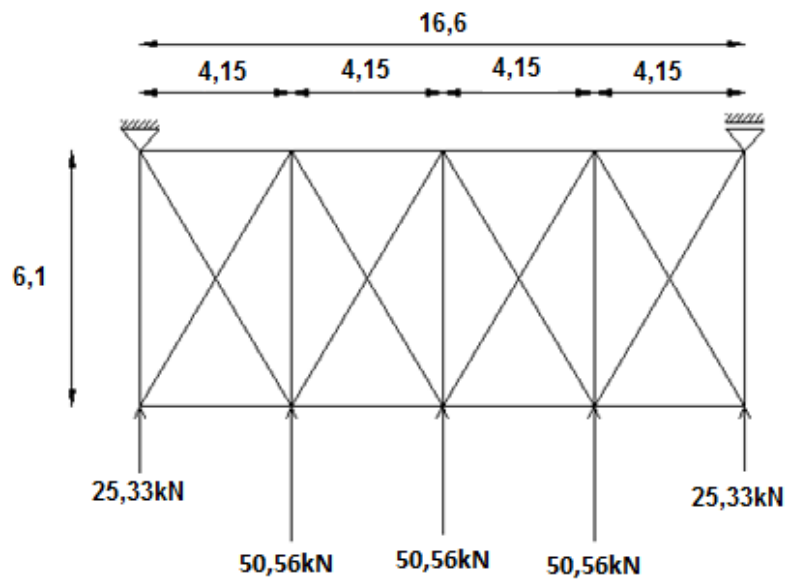
$$A_z = \frac{d}{2} \cdot l = \frac{42,7}{2} \cdot 4,15 = 88,60 \text{ m}^2$$

$$W_{fr} = q_{ref} \cdot C_e(Z_e) \cdot C_{fr} \cdot A_{fr} = 0,706 \cdot 1,7 \cdot 0,1 \cdot 44,408 = 10,63 \text{ kN}$$

Ukupna sila:

$$P = \gamma_Q \cdot (W_z + W_{fr}) = 1,5 \cdot (23,14 + 10,63) = 50,65 \text{ kN}$$

$$\frac{P}{2} = \frac{25,665}{2} = 25,33 \text{ kN}$$



Slika 2.2.2.1. Raspored krovnih spregova i opterećenje

### 2.2.3. Bočne podrožnice

$$W_D = w_D \cdot l = 1,32 \cdot 2,08 = 2,74 \text{ kN/m}$$

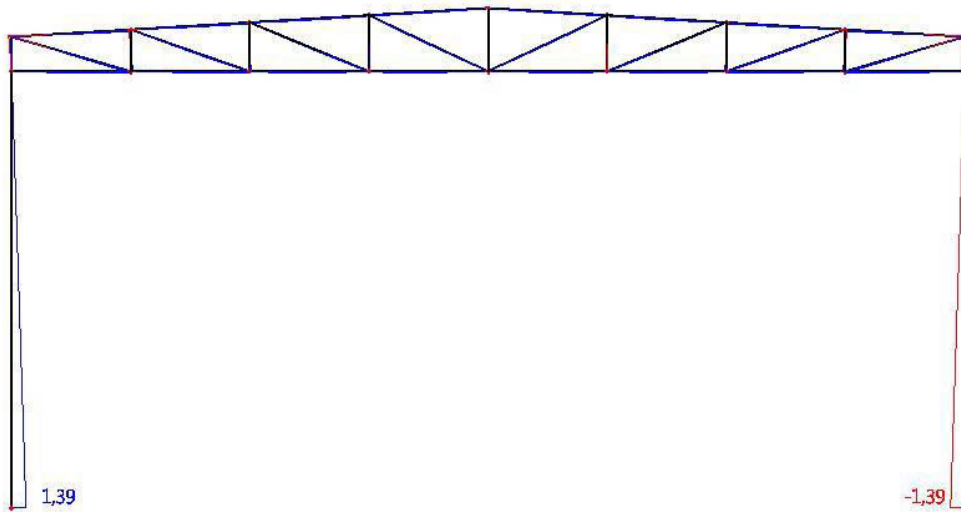
### 2.2.4. Bočni (zidni) vjetrovni spreg

$$R_k = 2 \cdot P = 2 \cdot 50,65 = 101,3 \text{ kN/m}$$

### 3. DIJAGRAMI UNUTRAŠNJIH SILA ZA POJEDINA DJELOVANJA

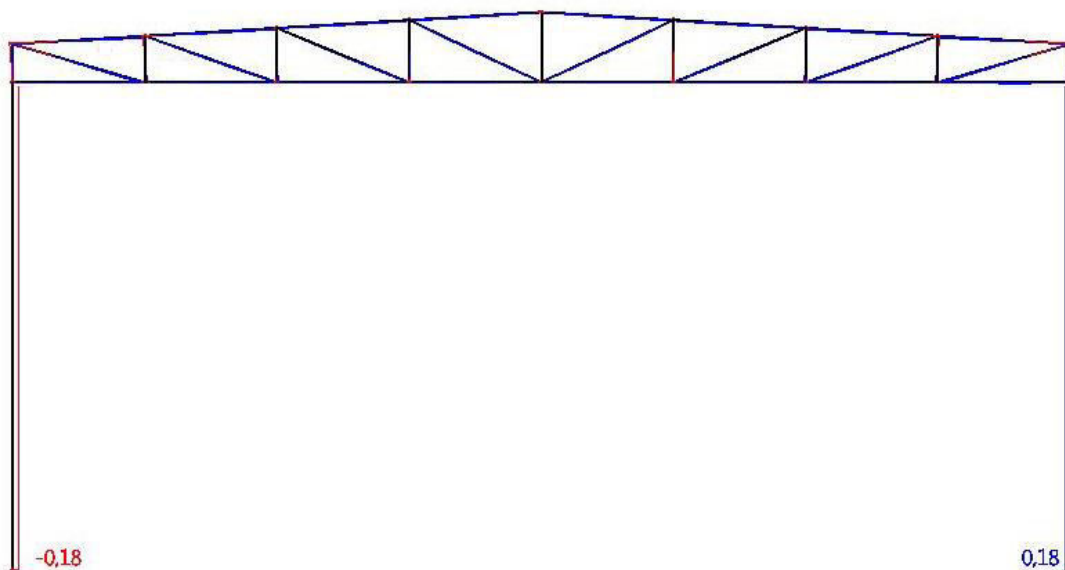
#### 3.1. Vlastita težina konstrukcije

M (kNm)



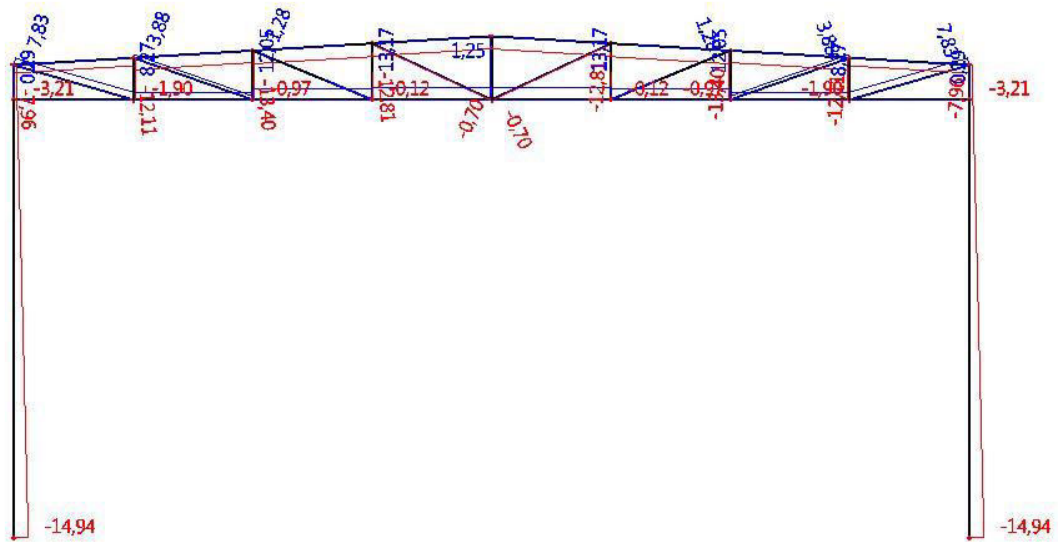
Slika 3.1.1. Momentni dijagram vlastite težine konstrukcije

V (kN)



Slika 3.1.2. Dijagram poprečnih sila vlastite težine konstrukcije

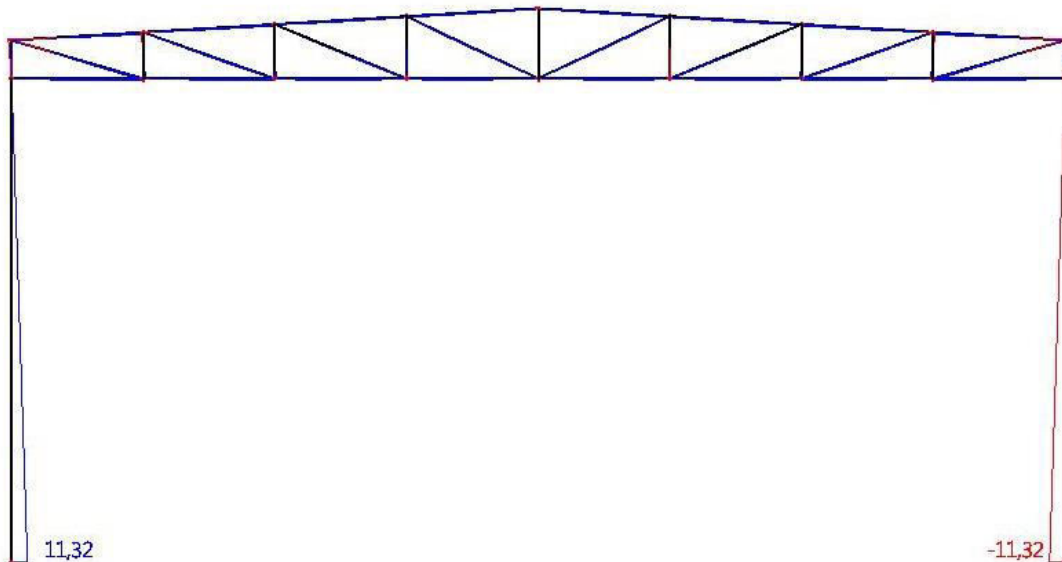
N (kN)



Slika 3.1.3. Dijagram uzdužnih sila vlastite težine konstrukcije

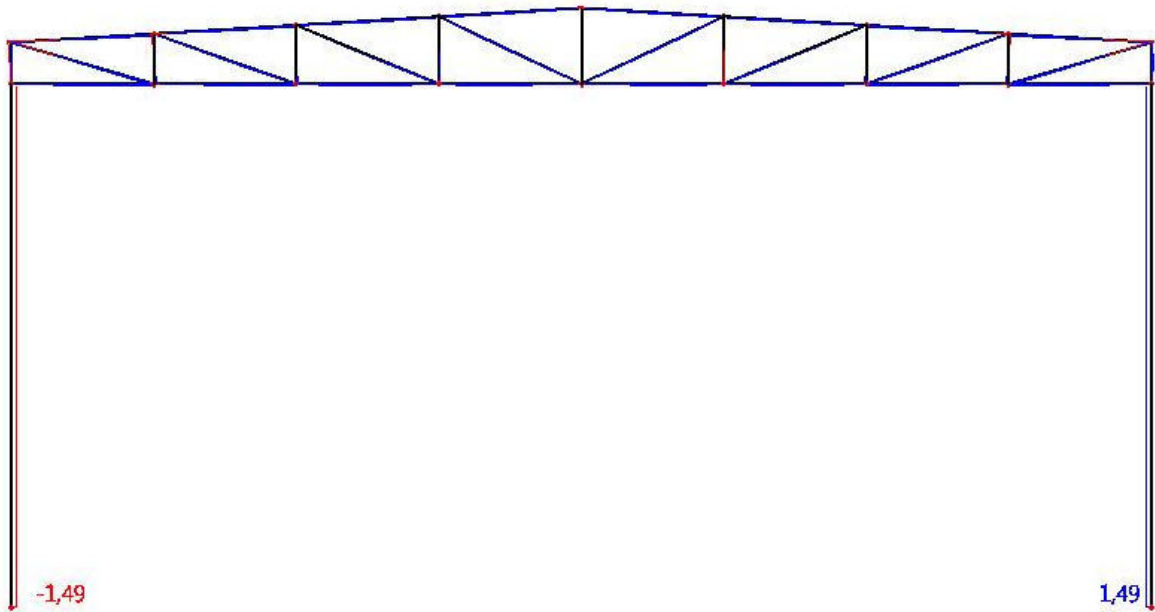
### 3.2. Stalno djelovanje

M (kNm)



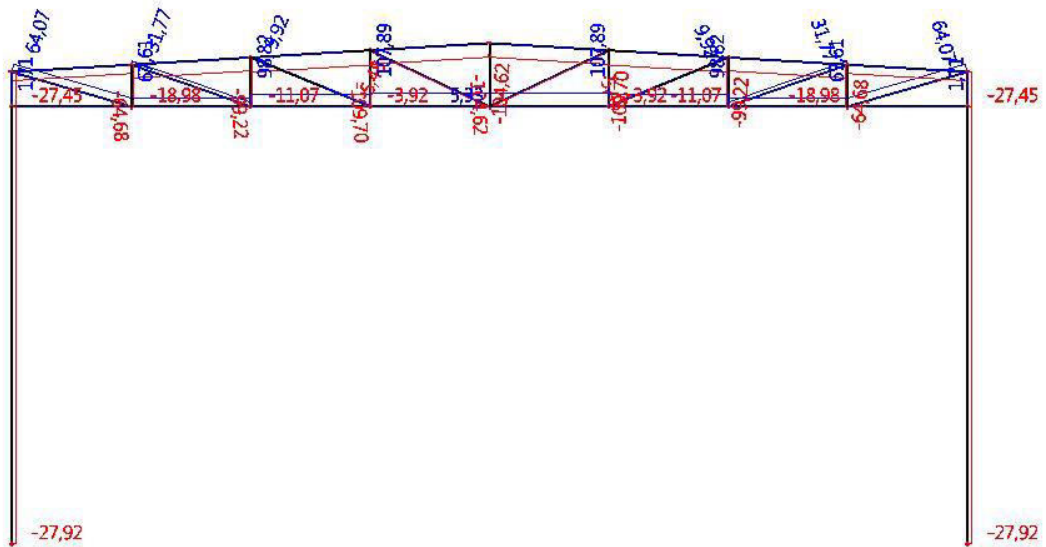
Slika 3.2.1. Momentni dijagram stalnog djelovanja

V (kN)



Slika 3.2.2. Dijagram poprečnih sila stalnog djelovanja

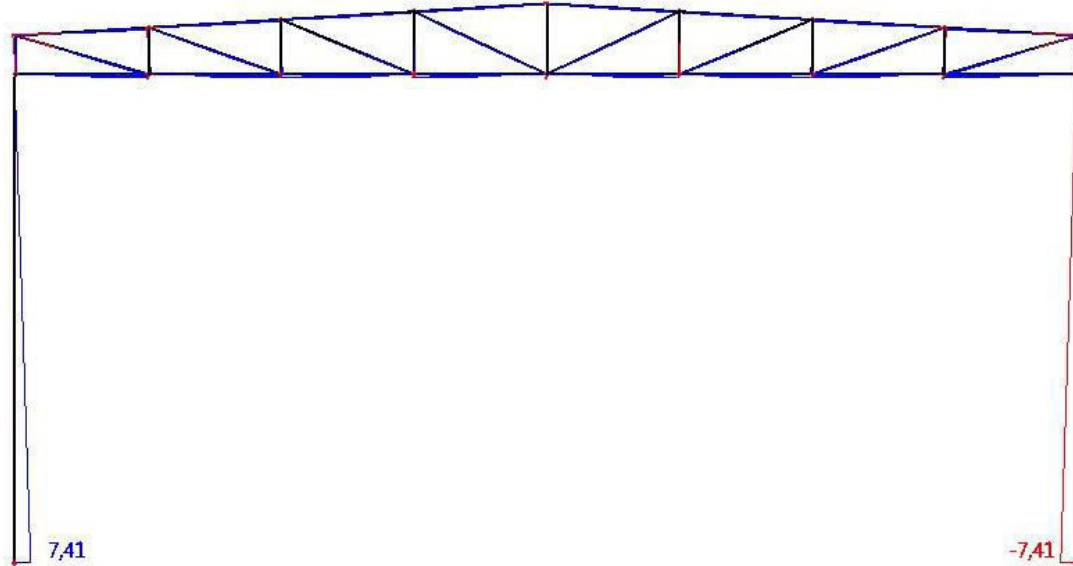
N (kN)



Slika 3.2.3. Dijagram uzdužnih sila stalnog djelovanja

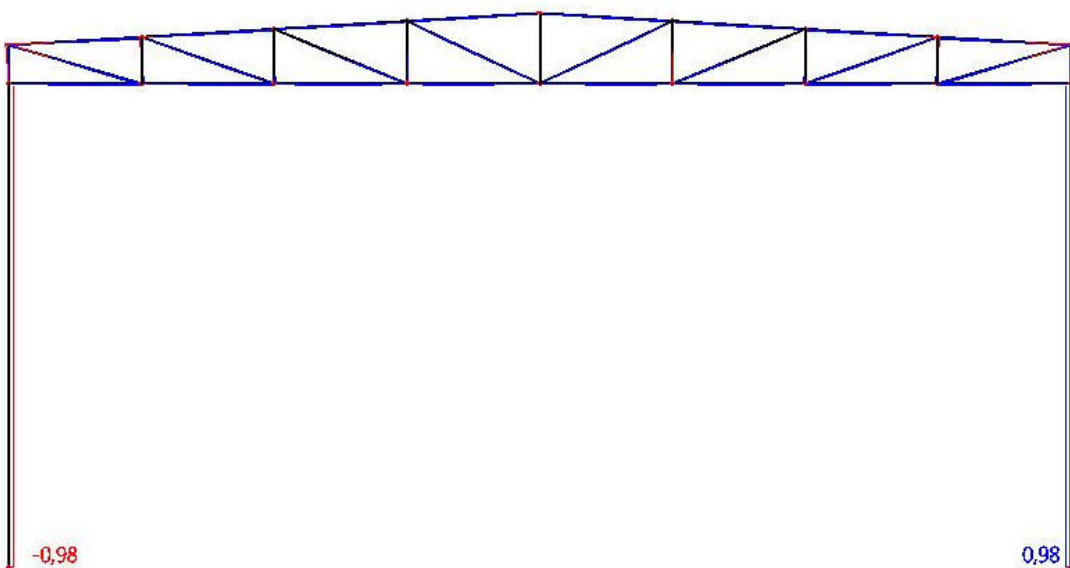
### 3.3. Opterećenje snijegom-S

M (kNm)



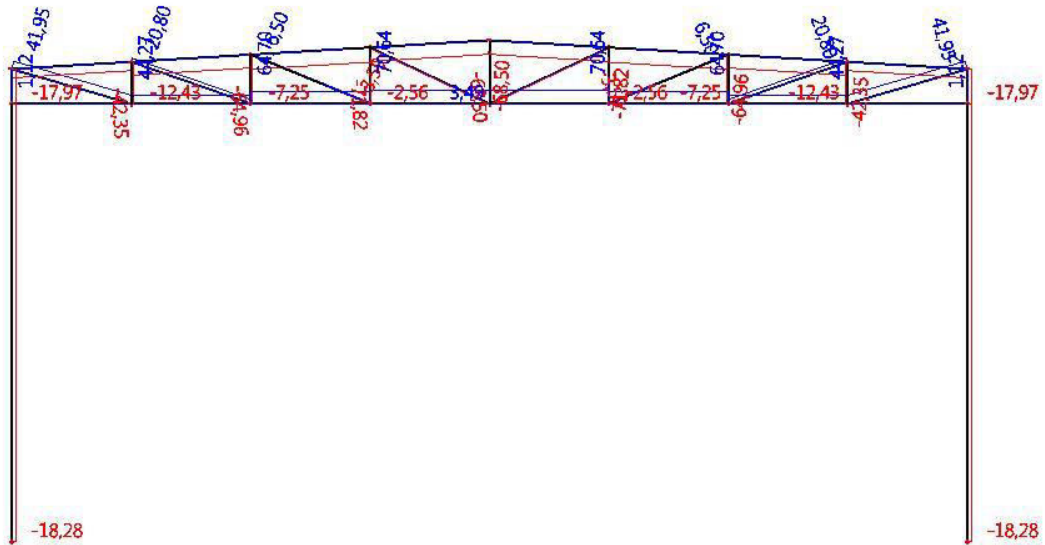
Slika 3.3.1. Momentni dijagram opterećenja snijegom

V (kN)



Slika 3.3.2. Dijagram poprečnih sila opterećenja snijegom

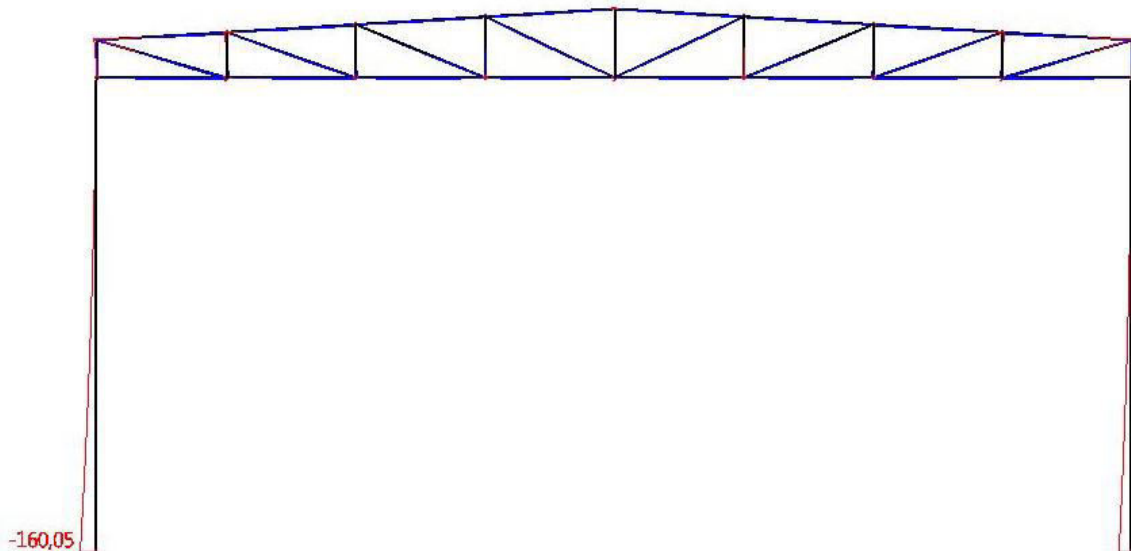
N (kN)



Slika 3.3.3. Dijagram uzdužnih sila opterećenja snijegom

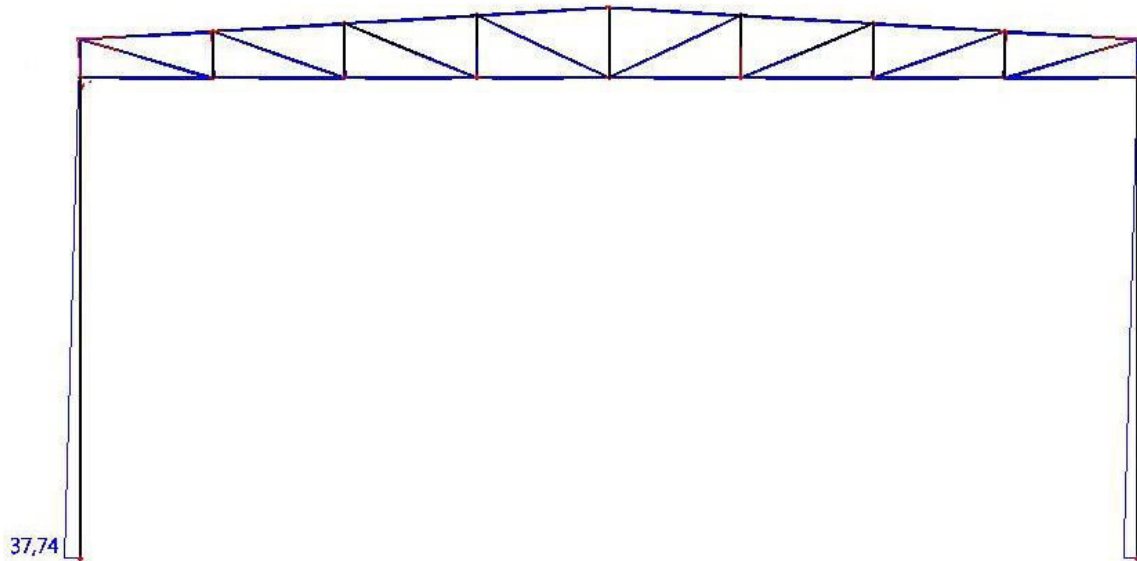
### 3.4. Opterećenje vjetrom – W1

M (kNm)



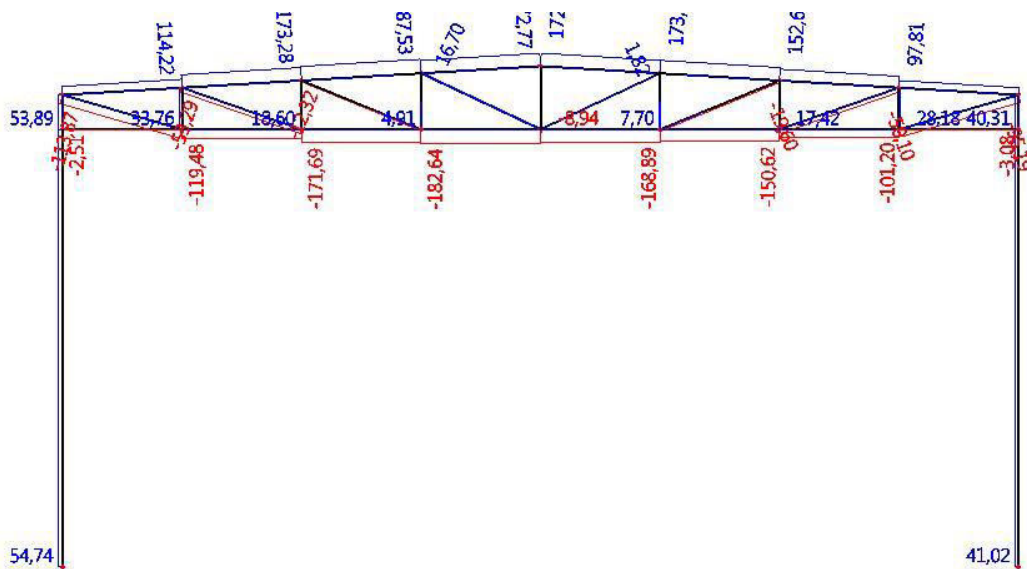
Slika 3.4.1. Momentni dijagram opterećenja vjetrom W1

V (kN)



Slika 3.4.2. Dijagram poprečnih sila opterećenja vjetrom W1

N (kN)

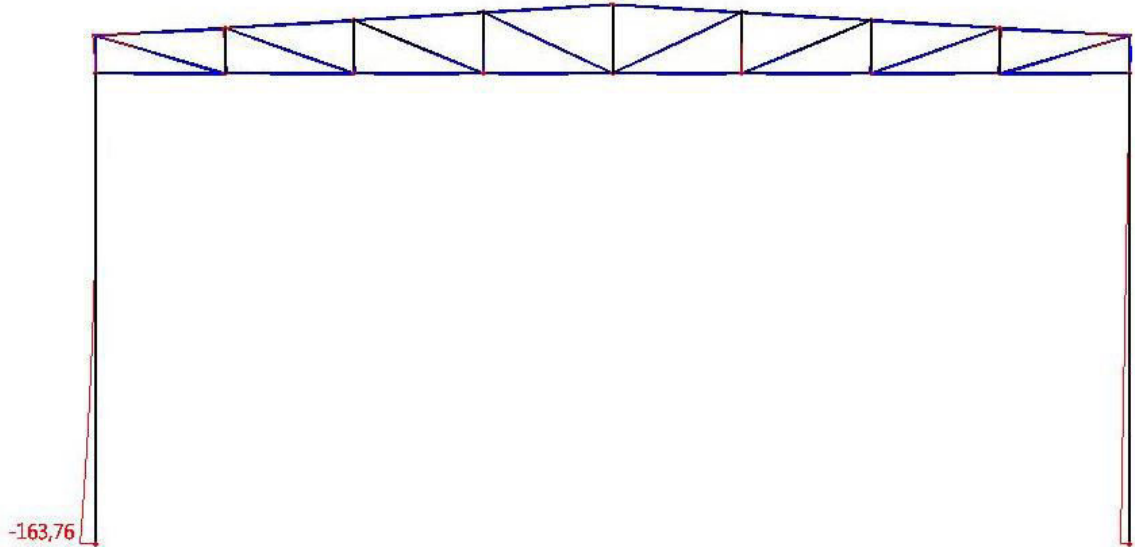


Slika 3.4.3. Dijagram uzdužnih sila opterećenja vjetrom W1



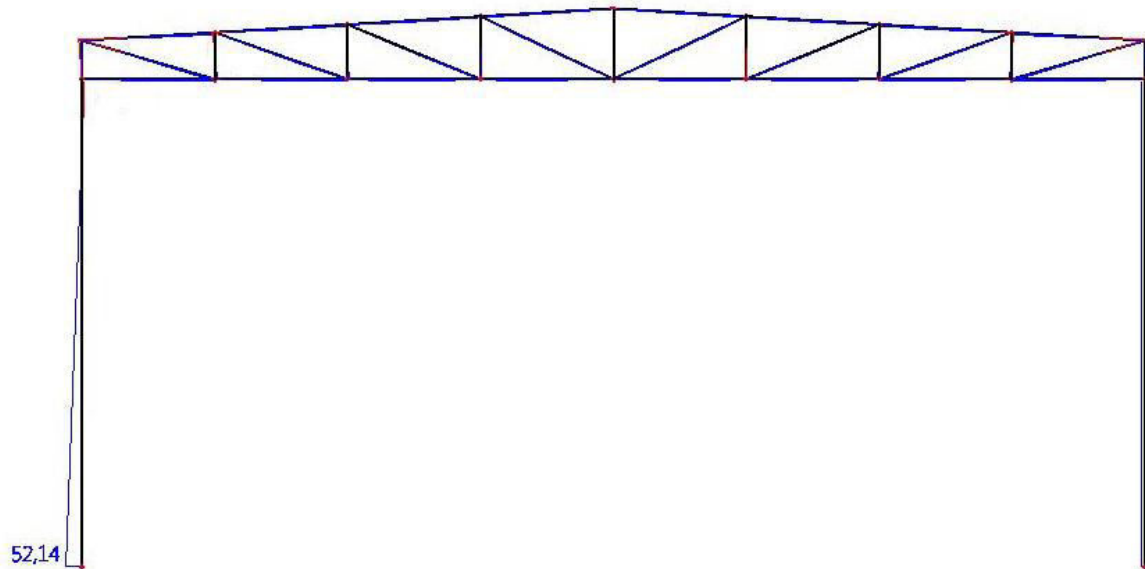
### 3.5. Opterećenje vjetrom – W2

M (kNm)



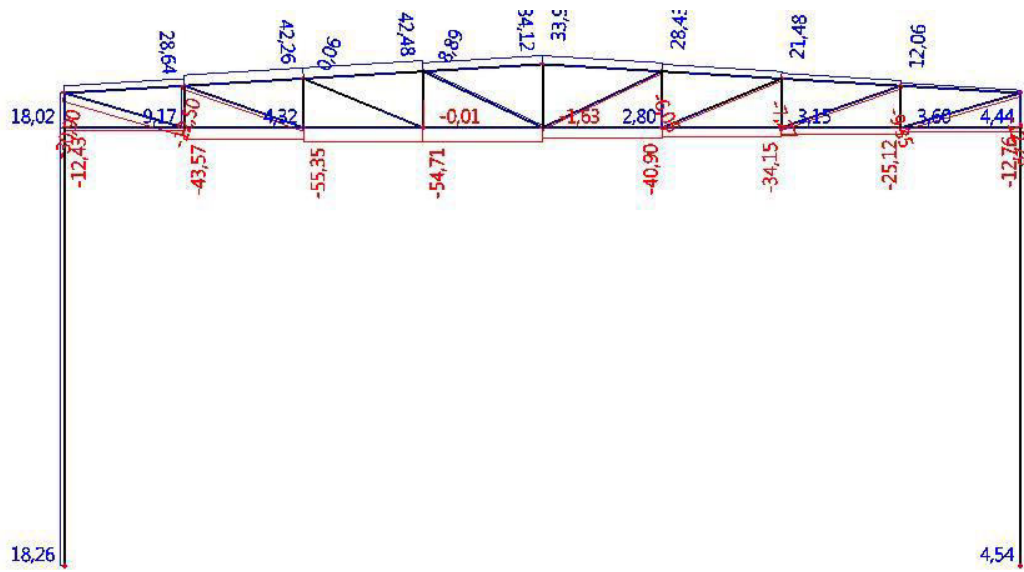
Slika 3.5.1. Momentni dijagram opterećenja vjetrom W2

V (kN)



Slika 3.5.2. Dijagram poprečnih sila opterećenja vjetrom W2

N (kN)



Slika 3.5.3. Dijagram uzdužnih sila opterećenja vjetrom W2

## 4. GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI

Kod graničnog stanja uporabljivosti provjerava se vertikalni progib rešetke u sredini koji ne smije prekoračiti vrijednost od  $L/300$  (  $L$  duljina donjeg pojasa rešetke) i horizontalni pomak na vrhu stupa koji ne smije prekoračiti vrijednost  $H/400$  ( $H$  visina stupa). Parcijalni koeficijenti sigurnosti kod kontrole GSU su jednaki jedinici.

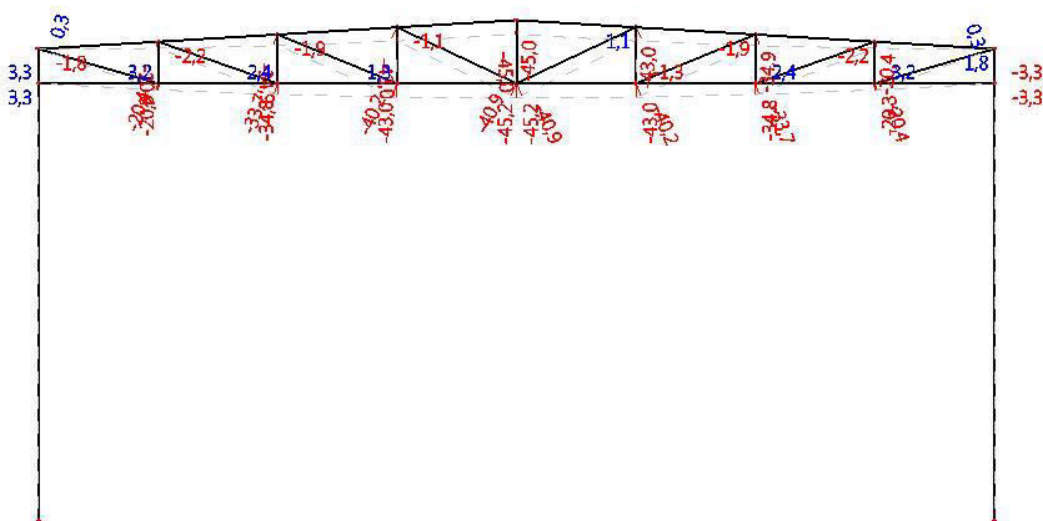
### 4.1. Vertikalni progib u sredini donjeg pojasa rešetke

Mjerodavna kombinacija:

(1.00\* vl. težina + 1.00\*stalni teret + 1.00\*snijeg):

Prikaz plana pomaka za navedenu kombinaciju :

Napomena : vrijednost progiba u mm



Slika 4.1.1. Vertikalni progib rešetke

Najveći progib  $\delta_{\max}=4,52$  cm manji je od dopuštenog

$L/300=1660/300=5,53$  cm !

Iskoristivost 81,74 %.

Za pojas odabran: **CFRHS 140 x 80 x 6**

Za ispune odabran: **CFRHS 70 x 70 x 3**

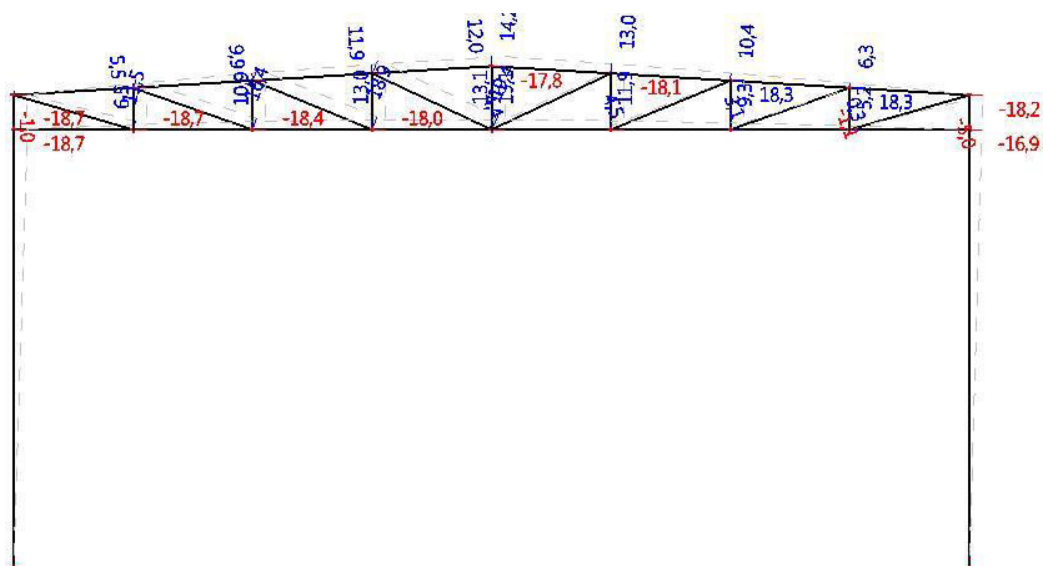
## 4.2. Horizontalni pomak vrha stupa

Mjerodavna kombinacija

(1.00\* vl. težina + 1.00\*stalni teret + 1.00\*vjetar W2):

Prikaz plana pomaka za navedenu kombinaciju :

Napomena : vrijednost pomaka u mm



Slika 4.2.1. Horizontalni pomak stupa

Najveći pomak  $\delta_{\max}=1,87$  cm je manji od dopuštenog  $H/400=760/400=1,9$  cm !

Iskoristivost 98,42 %.

Za stup odabran: **HEB 400**

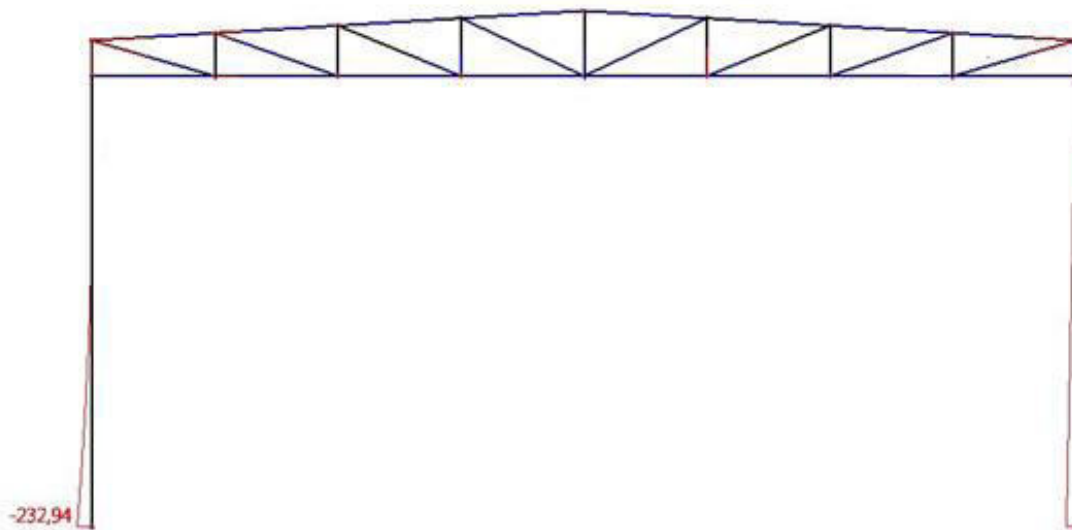
**Granično stanje uporabljivosti je zadovoljeno !**

## 5. GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

### 5.1. Glavna nosiva konstrukcija

#### 5.1.1. Maksimalne rezne sile u stupu

Mjerodavna kritična kombinacija za maksimaln moment (1 G + 1 stalno opterećenje + 1,5 W2):



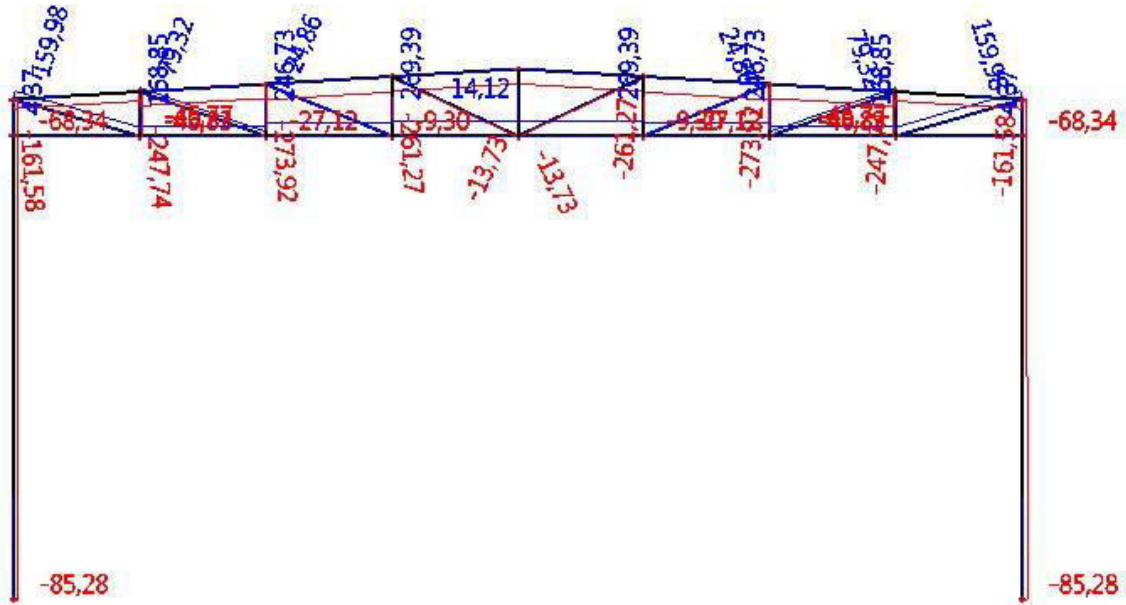
Slika 5.1.1.1 Maksimalni moment u stupu

$$M_{sd} = -232,94 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = -76,53 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = -15,47 \text{ kN (tlak)}$$

Mjerodavna kritična kombinacija za uzdužnu silu (1.35 (G+stalno opt.) + 1.5 S):



Slika 5.1.1.2. Maksimalna uzdužna sila u stupu

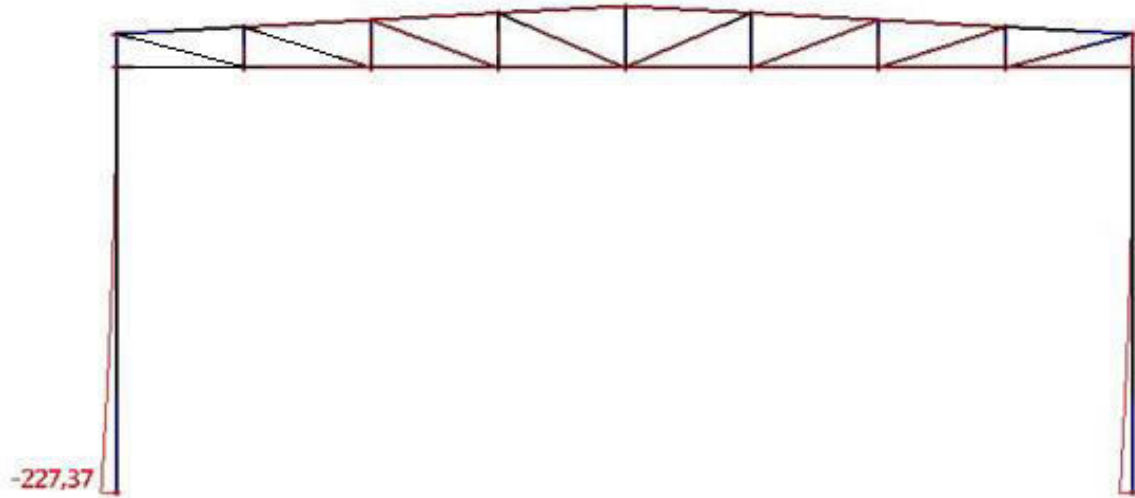
$$N_{sd} = -85,28 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{sd} = 28,27 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = 3,72 \text{ kN}$$

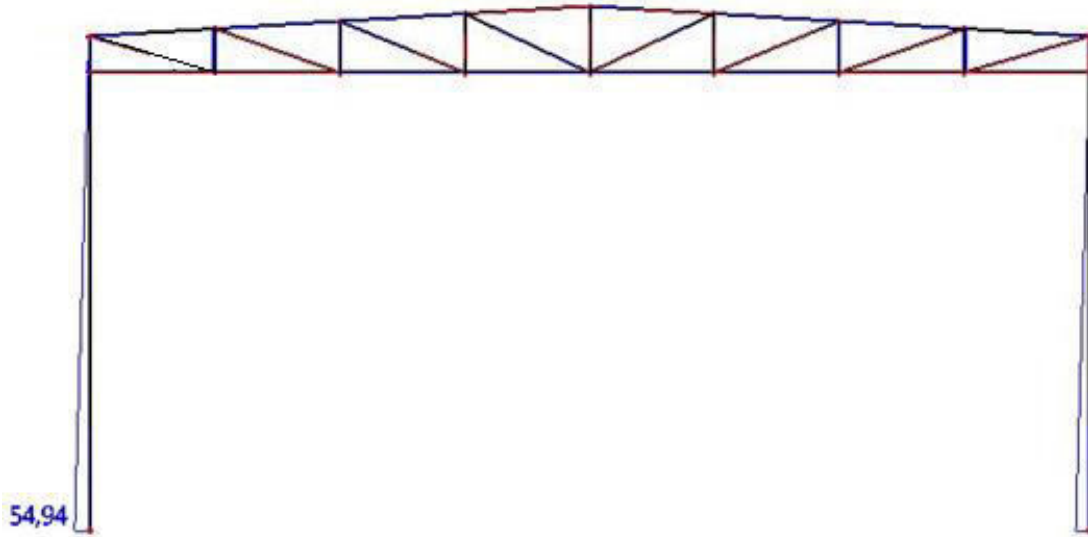
Kritična kombinacija (1G + 1stalno opt. + 1,5W1)

M (kNm)



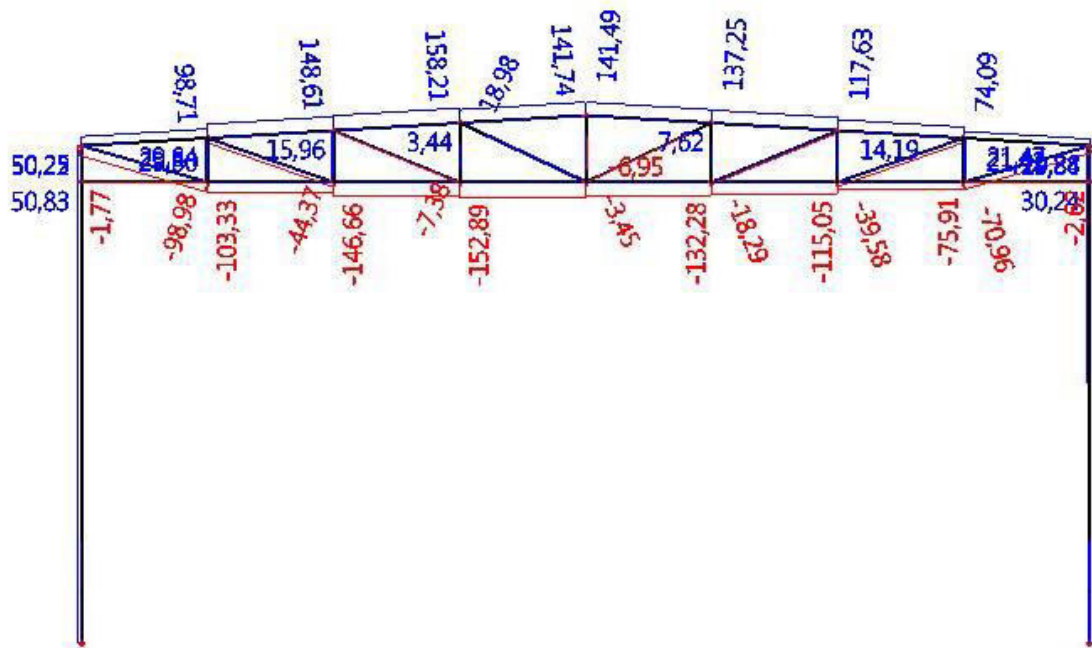
Slika 5.1.1.3. Dijagram momenata za mjerodavnu kritičnu kombinaciju

V (kN)



Slika 5.1.1.4. Dijagram poprečnih sila za mjerodavnu kritičnu kombinaciju

N (kN)

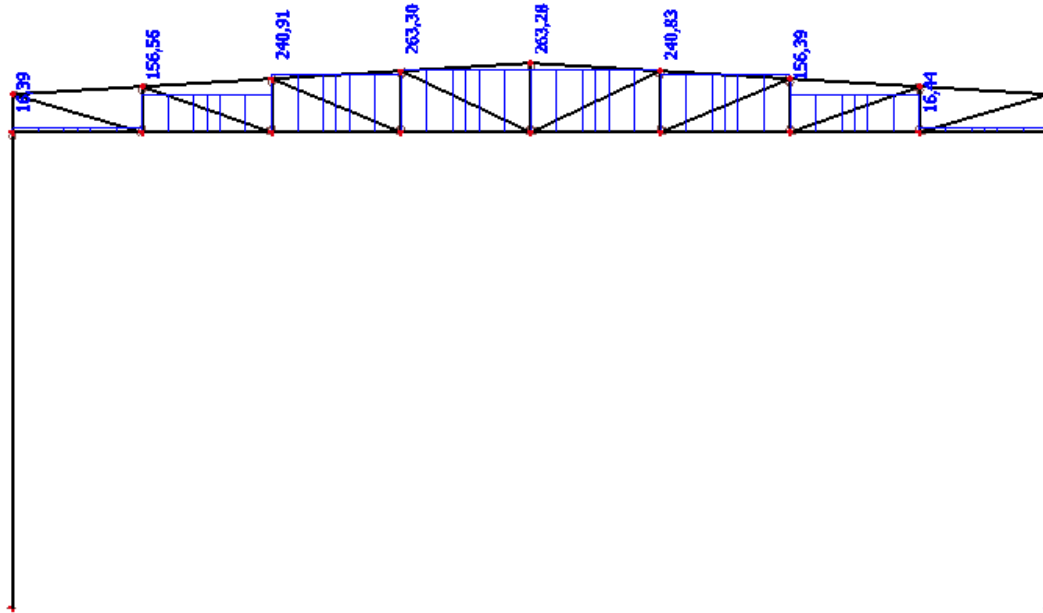


Slika 5.1.1.5. Dijagram uzdužnih sila za mjerodavnu kritičnu kombinaciju



### 5.1.2. Maksimalne rezne sile u rešetki

Maksimalna uzdužna sila u donjem pojasu rešetke (1.35 G + 1.5 S):

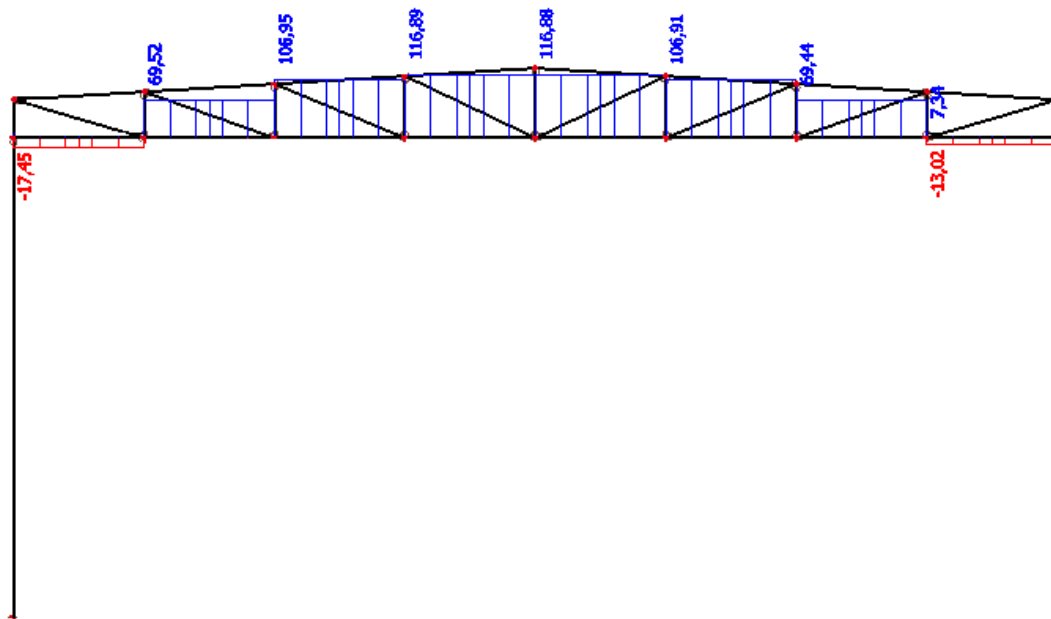


Slika 5.1.2.1. Maksimalna vlačna uzdužna sila u donjem pojasu rešetke

$$N_{sd}=263,30 \text{ (vlak)}$$

$$N_{sd}= 0 \text{ kN (tlak)}$$

Maksimalna uzdužna sila u donjem pojasu rešetke (1.0 G + 1.5 W2):

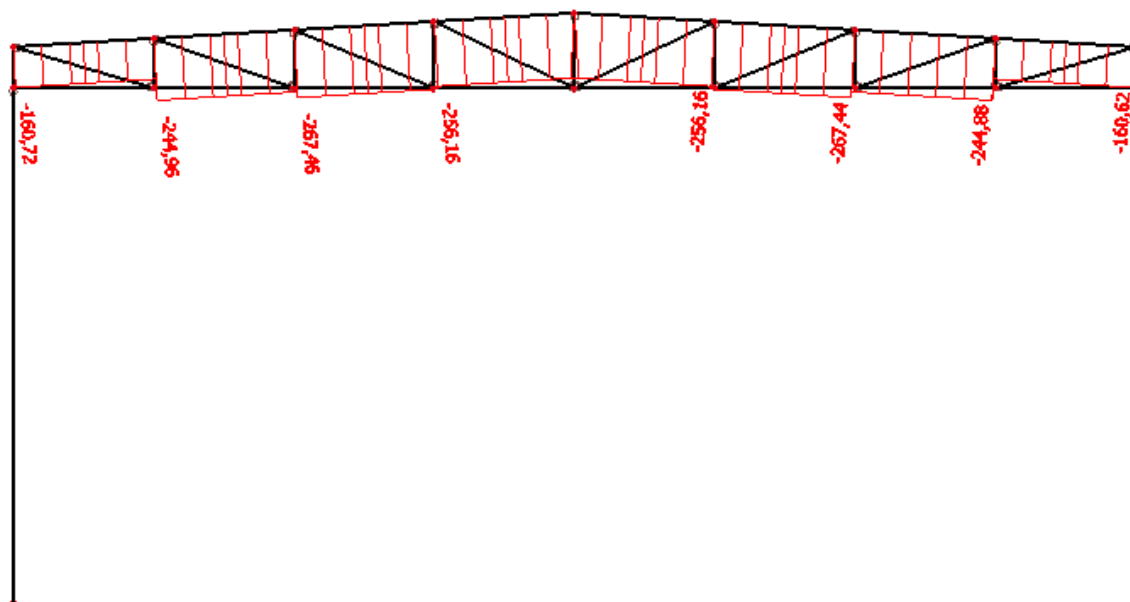


Slika 5.1.2.2. Maksimalna tlačna uzdužna sila u donjem pojasu rešetke

$N_{sd}=116,89\text{kN}$  (vlak)

$N_{sd}=-17,45\text{ kN}$  (tlak)

Maksimalna uzdužna sila u gornjem pojasu rešetke (1.35 G + 1.5 S):

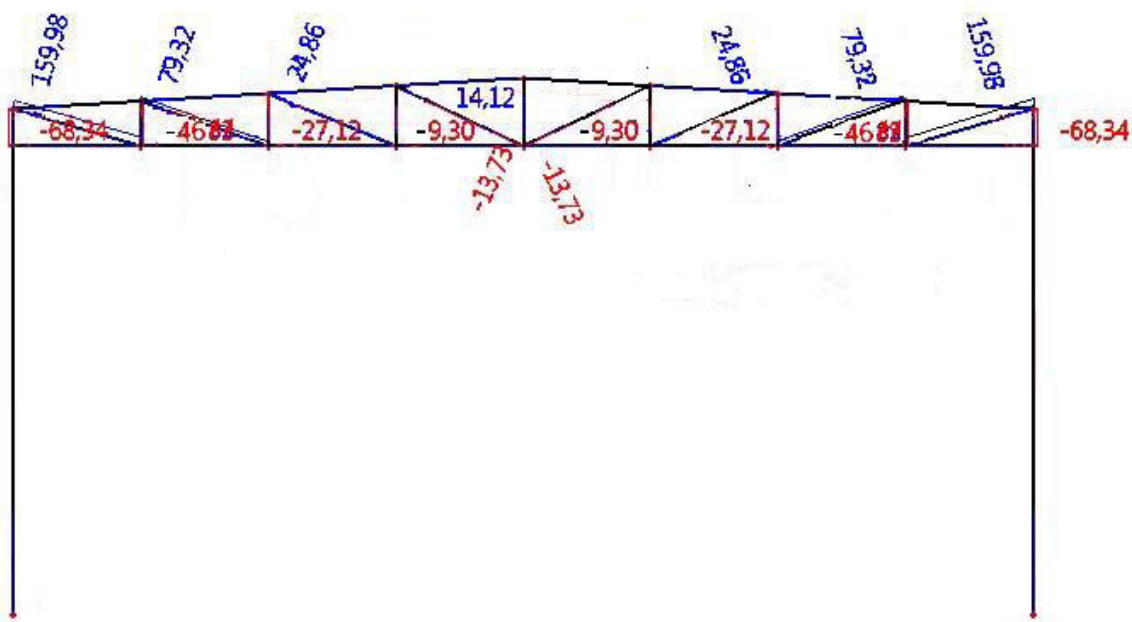


Slika 5.1.2.3. Maksimalna tlačna uzdužna sila u gornjem pojasu rešetke

$N_{sd} = 0$  kN (vlak)

$N_{sd} = -256,16$  (tlak)

Maksimalna uzdužna sila u vertikalnim i dijagonalnim ispunama (1.35 G + 1.5 S):



Slika 5.1.2.4. Maksimalne uzdužne sila u vertikalama i dijagonalama

Vertikalne ispune:

$N_{sd} = 14,12$  kN (vlak)

$N_{sd} = -68,34$  kN (tlak)

Dijagonalne ispune:

$N_{sd} = 159,98$  kN (vlak)

$N_{sd} = -13,73$  kN (tlak)

## 5.2. Sekundarna konstrukcija

### 5.2.1. Krovne podrožnice

Kombijacija (stalno opterećenje  $G$  + snijeg  $S$ )

$$M_y = (G \cos 3,43 \cdot 1,35 + S \cos 3,43 \cdot 1,5) \cdot \frac{6,1^2}{8}$$

$$M_y = (1,144 \cos 3,43 \cdot 1,35 + 0,749 \cos 3,43 \cdot 1,5) \cdot \frac{6,1^2}{8} = 12,39 \text{ kNm}$$

$$V_z = (G \cos 3,43 \cdot 1,35 + S \cos 3,43 \cdot 1,5) \cdot \frac{6,1}{2}$$

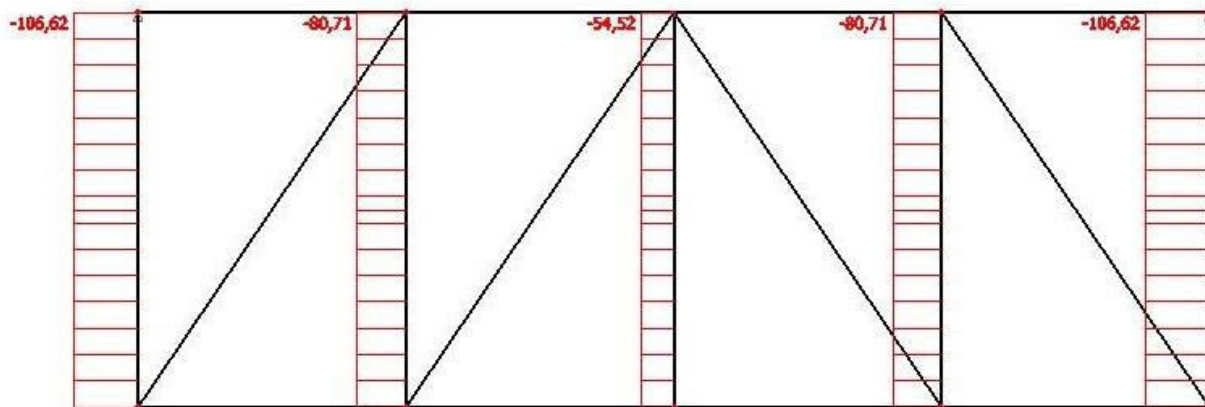
$$V_z = (1,144 \cos 3,43 \cdot 1,35 + 0,749 \cos 3,43 \cdot 1,5) \cdot \frac{6,1}{2} = 8,123 \text{ kN}$$

$$M_z = (G \sin 3,43 \cdot 1,35 + S \sin 3,43 \cdot 1,5) \cdot \frac{6,1^2}{8}$$

$$M_z = (1,144 \sin 3,43 \cdot 1,35 + 0,749 \sin 3,43 \cdot 1,5) \cdot \frac{6,1^2}{8} = 0,743 \text{ kNm}$$

$$V_y = (G \sin 3,43 \cdot 1,35 + S \sin 3,43 \cdot 1,5) \cdot \frac{6,1}{2}$$

$$V_y = (1,144 \sin 3,43 \cdot 1,35 + 0,749 \sin 3,43 \cdot 1,5) \cdot \frac{6,1}{2} = 0,49 \text{ kN}$$



Slika 5.2.1.1. Uzdužne sile u podrožnicama

Mjerodavna tlačna sila:  $N_{sd} = -80,71 \text{ kN}$

### 5.2.2. Bočne podrožnice

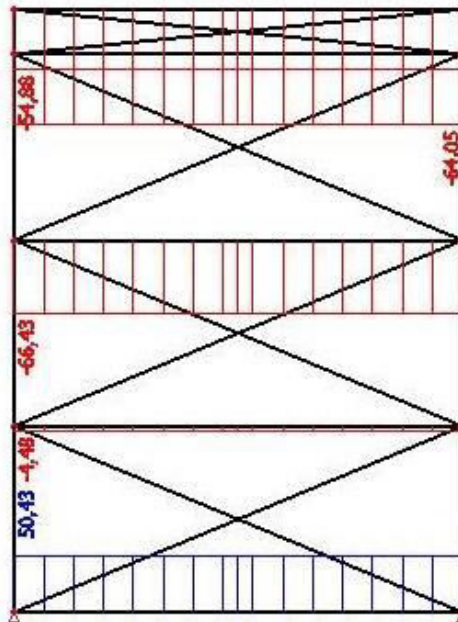
- Vlastitu težinu podrožnice zanemarujemo jer je malena, a i tako smo na strani sigurnosti

$$M_y = W_D \cdot 1,5 \cdot \frac{6,1^2}{8}$$

$$M_y = 2,75 \cdot 1,5 \cdot \frac{6,1^2}{8} = 19,186 \text{ kNm}$$

$$V_z = W_D \cdot 1,5 \cdot \frac{6,1}{2}$$

$$V_z = 2,75 \cdot 1,5 \cdot \frac{6,1}{2} = 12,58 \text{ kN}$$

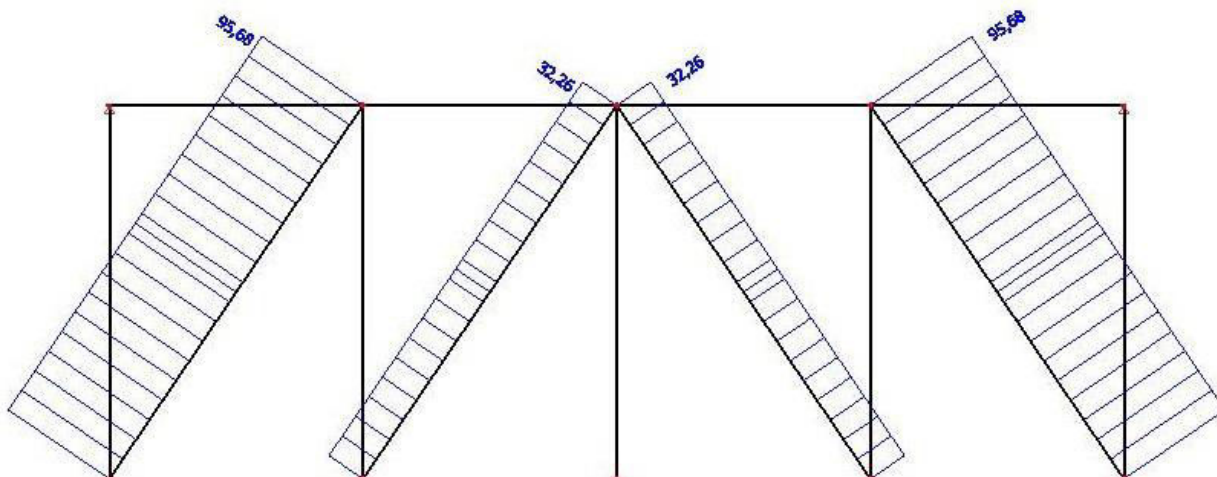


Slika 5.2.1.5. Uzdužne sile u bočnim podrožnicama

Maksimalna uzdužna sila u podrožnicama :  $N_{sd} = 66,43 \text{ kN}$  (tlak)

### 5.2.3. Krovni spregovi

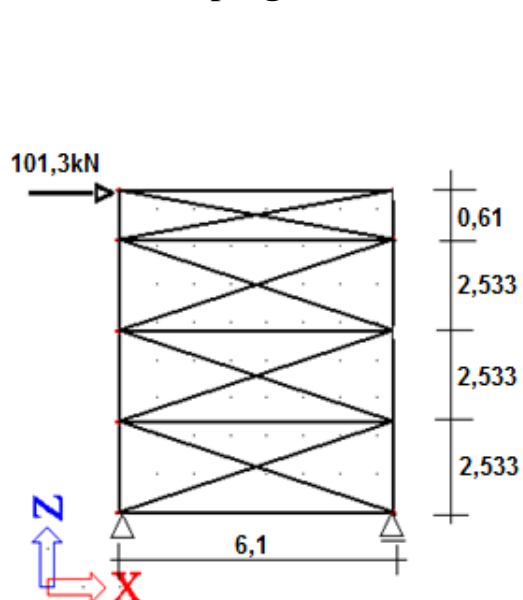
(uzimamo samo dijagonale koje za su ovaj slučaj opterećenja vlačne)



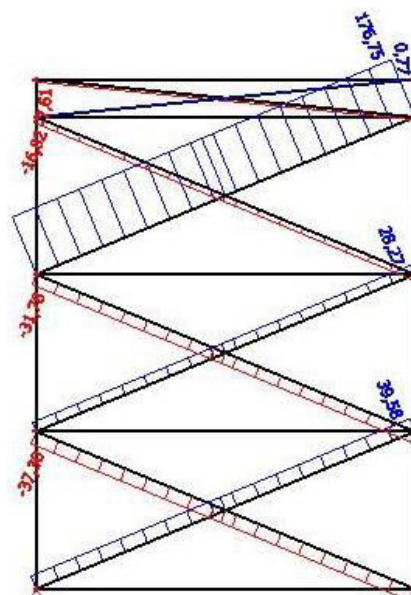
Slika 5.2.3.1. Uzdužne sile u krovnim spregovima

Maksimalna vlačna sila:  $N_{sd}=95,68\text{kN}$

### 5.2.4. Bočni spregovi



Slika 5.2.4.1. Raspored bočnih spregova i opterećenje



Slika 5.2.4.2. Uzdužne sile u bočnim spregovima

Maksimalna vlačna uzdužna sila u spregu :  $N_{sd}=176,75\text{kN}$

## **6. DIMENZIONIRANJE KONSTRUKTIVNOG SUSTAVA**

### **6.1. Dimenzioniranje glavne konstrukcije**

#### **6.1.1. Dimenzioniranje rešetke konstruktivnog sustava**

##### **6.1.1.1. Gornji pojas (GP)**

###### **Maksimalne rezne sile**

$N_{sd} = 0 \text{ kN}$  (vlak)

$N_{sd} = -256,16 \text{ kN}$  (tlak)

###### **Karakteristike poprečnog presjeka**

|  |                               |                         |
|--|-------------------------------|-------------------------|
| Odabrani profil                                    |                               | CFRHS 140 x 80 x 6      |
| Tip poprečnog presjeka                             |                               | valjani                 |
| Površina poprečnog presjeka $A$ (cm <sup>2</sup> ) |                               | 24,03 cm <sup>2</sup>   |
| Moment tromosti                                    | $I_y$ (cm <sup>4</sup> )      | 597 cm <sup>4</sup>     |
|  | $I_z$ (cm <sup>4</sup> )      | 247,96 cm <sup>4</sup>  |
| Moment otpora                                      | $W_{el_y}$ (cm <sup>3</sup> ) | 85,29 cm <sup>3</sup>   |
|  | $W_{pl_y}$ (cm <sup>3</sup> ) | 107,09 cm <sup>3</sup>  |
|  | $W_{el_z}$ (cm <sup>3</sup> ) | 61,99 cm <sup>3</sup>   |
|  | $W_{pl_z}$ (cm <sup>3</sup> ) | 72,43 cm <sup>3</sup>   |
| Radijus tromosti                                   | $i_y$ (cm)                    | 4,98 cm                 |
|  | $i_z$ (cm)                    | 3,21 cm                 |
| Konstanta krivljenja                               | $I_w$ (cm <sup>6</sup> )      | 6899,20 cm <sup>6</sup> |
| Torzijska konstanta                                | $I_t$ (cm <sup>4</sup> )      | 583,80 cm <sup>4</sup>  |
| Visina presjeka $h$ (mm)                           |                               | 140 mm                  |
| Širina pojasnice $b$ (mm)                          |                               | 80 mm                   |
| Debljina pojasnice $t_f$ (mm)                      |                               | 6,0 mm                  |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| Debljina hrpta $t_w$ (mm)                     | 6,0 mm                    |
| Osnovni materijal Fe 510                      |                           |
| Granica popustanja $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 235 N/mm <sup>2</sup>     |
| Vlačna čvrstoća $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )    | 360 N/mm <sup>2</sup>     |
| Modul elastičnosti $E$ (N/mm <sup>2</sup> )   | 210 000 N/mm <sup>2</sup> |
| Poissonov koeficijent $\nu$                   | 0,3                       |

Parcijalni faktori sigurnosti

|               |      |
|---------------|------|
| $\gamma_{M0}$ | 1,10 |
| $\gamma_{M1}$ | 1,10 |
| $\gamma_{M2}$ | 1,25 |

Klasifikacija poprečnog presjeka

$$\varepsilon = 1,00$$

$$d = h - 3t = 140 - 2 \cdot 6 = 128 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{128}{4} = 21,33 < 33 \times \varepsilon < 33$$

Poprečni presjek → **klasa 1**

Otpornost poprečnog presjeka

Uzdužna sila  $N_{Sd} = -256,16$  kN (tlak)

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{24,03 \cdot 23,5}{1,1} = 513,37 \text{ kN} > N_{Sd} = 256,16 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Otpornost elementa

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9$$

$$\beta_A = 1,0$$

Os y-y

Os z-z

$$I_{iy} = 415,8 \text{ cm}^4$$

$$I_{iz} = 207,9 \text{ cm}^4$$



$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = 83,5$$

$$\lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = 64,77$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,89$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,67$$

**Vrućevaljani šuplji profili →**

**linija izvijanja a**

$$\chi_y = 0,6725$$

**linija izvijanja b**

$$\chi_z = 0,8094$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = 345,24 \text{ kN} > N_{sd} = 256,16 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

### **Iskoristivost poprečnog presjeka**

Prilikom traženja optimalnog poprečnog presjeka mora se voditi računa o odnosu:

$$\text{VLAK} \rightarrow \eta = 0\%$$

$$\text{TLAK} \rightarrow \eta = \frac{256,16}{345,24} = 0,75 = 75\%$$

### 6.1.1.2. Donji pojas (DP)

#### Maksimalne rezne sile

$$N_{sd} = 263,30 \text{ kN (vlak)}$$

$$N_{sd} = -17,45 \text{ kN (tlak)}$$

#### Karakteristike poprečnog presjeka

- Jednake kao karakteristike gornjeg pojasa

#### Parcijalni faktori sigurnosti

|               |      |
|---------------|------|
| $\gamma_{M0}$ | 1,10 |
| $\gamma_{M1}$ | 1,10 |
| $\gamma_{M2}$ | 1,25 |

#### Klasifikacija poprečnog presjeka

$$\varepsilon = 1,00$$

$$d = h - 3t = 140 - 2 \cdot 6 = 128 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{tw} = \frac{128}{4} = 21,33 < 33 \times \varepsilon < 33$$

Poprečni presjek → **klasa 1**

#### Otpornost poprečnog presjeka

Uzdužna sila  $N_{sd} = 263,30 \text{ kN (vlak)}$

$$N_{Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{netto} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 24,03 \cdot 36}{1,25} = 622,86 \text{ kN} > N_{sd} = 263,30 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Uzdužna sila  $N_{sd} = 17,45 \text{ kN (tlak)}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{24,03 \cdot 23,5}{1,1} = 513,37 \text{ kN} > N_{sd} = 17,45 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Otpornost elementa**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9$$

$$\beta_A = 1.0$$

Os y-y

Os z-z

$$l_{iy} = 1660 \text{ cm}$$

$$l_{iz} = 207,5 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = 333,33$$

$$\lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = 64,64$$

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 3,55$$

$$\overline{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,69$$

Vrućevaljani šuplji profili →

linija izvijanja a

linija izvijanja b

$$\chi_y = 0,0748$$

$$\chi_z = 0,7893$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = 38,4 \text{ kN} > N_{sd} = 17,45 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Iskoristivost poprečnog presjeka**

Prilikom traženja optimalnog poprečnog presjeka mora se voditi računa o odnosu:

$$\text{VLAK} \rightarrow \eta = \frac{263,60}{622,86} = 0,38 = 38\%$$

$$\text{TLAK} \rightarrow \eta = \frac{17,45}{38,4} = 0,45 = 45\%$$

Dakle, iskoristivost poprečnog presjeka iznosi 45%

### 6.1.1.3. Ispuna – vertikalni štapovi (V)

#### Maksimalne rezne sile

$N_{sd} = 14,12 \text{ kN}$  (vlak)

$N_{sd} = -68,34 \text{ kN}$  (tlak)

#### Karakteristike poprečnog presjeka

| Odabrani profil                                    |                               | CFRHS 70 x 70 x 3       |
|--|-------------------------------|-------------------------|
| Tip poprečnog presjeka                             |                               | valjani                 |
| Površina poprečnog presjeka $A$ (cm <sup>2</sup> ) |                               | 7,94 cm <sup>2</sup>    |
| Moment tromosti                                    | $I_y$ (cm <sup>4</sup> )      | 59,00 cm <sup>4</sup>   |
|  | $I_z$ (cm <sup>4</sup> )      | 59,00 cm <sup>4</sup>   |
| Moment otpora                                      | $W_{el_y}$ (cm <sup>3</sup> ) | 16,90 cm <sup>3</sup>   |
|  | $W_{pl_y}$ (cm <sup>3</sup> ) | 19,90 cm <sup>3</sup>   |
|  | $W_{el_z}$ (cm <sup>3</sup> ) | 16,90 cm <sup>3</sup>   |
|  | $W_{pl_z}$ (cm <sup>3</sup> ) | 19,90 cm <sup>3</sup>   |
| Radijus tromosti                                   | $i_y$ (cm)                    | 2,73 cm                 |
|  | $i_z$ (cm)                    | 2,73 cm                 |
| Konstanta krivljenja                               | $I_w$ (cm <sup>6</sup> )      | 420,175 cm <sup>6</sup> |
| Torzijska konstanta                                | $I_t$ (cm <sup>4</sup> )      | 92,20 cm <sup>4</sup>   |
| Visina presjeka $h$ (mm)                           |                               | 70 mm                   |
| Širina pojasnice $b$ (mm)                          |                               | 70 mm                   |
| Debljina pojasnice $t_f$ (mm)                      |                               | 3,0 mm                  |
| Debljina hrpta $t_w$ (mm)                          |                               | 3,0 mm                  |
| Osnovni materijal Fe 510                           |                               |                         |
| Granica popustanja $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )      |                               | 235 N/mm <sup>2</sup>   |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Vlačna čvrstoća $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 360 N/mm <sup>2</sup>     |
| Modul elastičnosti E (N/mm <sup>2</sup> )  | 210 000 N/mm <sup>2</sup> |
| Poissonov koeficijent $\nu$                | 0,3                       |

Parcijalni faktori sigurnosti

|               |      |
|---------------|------|
| $\gamma_{M0}$ | 1,10 |
| $\gamma_{M1}$ | 1,10 |
| $\gamma_{M2}$ | 1,25 |

Klasifikacija poprečnog presjeka

$$\varepsilon = 1,00$$

$$d = h - 2 \cdot t = 70 - 2 \cdot 3 = 64$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{64}{3} = 21 < 33 \times \varepsilon < 33 \rightarrow \text{klasa I}$$

Poprečni presjek  $\rightarrow$  klasa I

Otpornost poprečnog presjeka

Uzdužna sila  $N_{Sd} = 14,12$  kN (vlak)

$$N_{Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{netto} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 7,94 \cdot 36}{1,25} = 205,80 \text{ kN} > N_{Sd} = 14,12 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Uzdužna sila  $N_{Sd} = -68,34$  kN (tlak)

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,94 \cdot 23,5}{1,1} = 169,63 \text{ kN} > N_{Sd} = 68,34 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Otpornost elementa**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9$$

$$\beta_A = 1.0$$

Os y-y

Os z-z

$$l_{iy} = 111,0 \text{ cm}$$

$$l_{iz} = 111,0 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = 40,64$$

$$\lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = 40,64$$

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,43$$

$$\overline{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,43$$

**Vrućevaljani šuplji profili → linija izvijanja a**

$$\chi_y = 0.9447$$

$$\chi_z = 0.9447$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = 160,25 \text{ kN} > N_{sd} = 68,34 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Iskoristivost poprečnog presjeka**

Prilikom traženja optimalnog poprečnog presjeka mora se voditi računa o odnosu:

$$\text{VLAK} \rightarrow \eta = \frac{14,12}{205,80} = 0,0686 = 6,9\%$$

$$\text{TLAK} \rightarrow \eta = \frac{68,34}{160,25} = 0,4465 = 44,65\%$$

Dakle, iskoristivost poprečnog presjeka je 45%

### 6.1.1.4. Ispuna – dijagonalni štapovi (D)

#### Maksimalne rezne sile

$$N_{sd} = 159,98 \text{ kN (vlak)}$$

$$N_{sd} = -13,73 \text{ kN (tlak)}$$

#### Karakteristike poprečnog presjeka

- Jednake kao karakteristike vertikalnih štapova

#### Parcijalni faktori sigurnosti

|               |      |
|---------------|------|
| $\gamma_{M0}$ | 1,10 |
| $\gamma_{M1}$ | 1,10 |
| $\gamma_{M2}$ | 1,25 |

#### Klasifikacija poprečnog presjeka

$$\varepsilon = 1,00$$

$$d = h - 2 \cdot t = 70 - 2 \cdot 3 = 64$$

$$\frac{d}{tw} = \frac{64}{3} = 21 < 33 \times \varepsilon < 33 \rightarrow \text{klasa I}$$

Poprečni presjek  $\rightarrow$  klasa I

#### Otpornost poprečnog presjeka

Uzdužna sila  $N_{sd} = 159,98 \text{ kN (vlak)}$

$$N_{Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{netto} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 7,94 \cdot 36}{1,25} = 205,80 \text{ kN} > N_{sd} = 159,98 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Uzdužna sila  $N_{sd} = -13,73 \text{ kN (tlak)}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,94 \cdot 23,5}{1,1} = 169,63 \text{ kN} > N_{sd} = 13,73 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Otpornost elementa**

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9$$

$$\beta_A = 1.0$$

Os y-y

Os z-z

$$l_{iy} = 229,7 \text{ cm}$$

$$l_{iz} = 229,7 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = 84,14$$

$$\lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = 84,14$$

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,90$$

$$\overline{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0,90$$

**Vrućevaljani šuplji profili → linija izvijanja a**

$$\chi_y = 0.7339$$

$$\chi_z = 0.7339$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = 124,49 \text{ kN} > N_{sd} = 13,73 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Iskoristivost poprečnog presjeka**

Prilikom traženja optimalnog poprečnog presjeka mora se voditi računa o odnosu:

$$\text{VLAK} \rightarrow \eta = \frac{159,98}{205,80} = 0,7874 = 78,74\%$$

$$\text{TLAK} \rightarrow \eta = \frac{13,73}{124,94} = 0,1103 = 11,03\%$$

Dakle, iskoristivost poprečnog presjeka je 79%



### 6.1.2. Dimenzioniranje stupova (S)

Za sve stupove konstruktivnog sustava usvajamo isti profil poprečnog presjeka zbog simetričnosti konstrukcije!

**Mjerodvna kritična kombinacija za maksimalni moment u poprečnom presjeku ( vlastita težina nosača + stalni teret + vjetar W2 )**

$$M_{y,sd} = -232,94 \text{ kNm}; \quad \text{pripadna uzdužna sila je } N = -15,47 \text{ kN (TLAK)}$$

$$V_{z,sd} = 76,53 \text{ kN}$$

**Mjerodvna kritična kombinacija za maksimalnu uzdužnu silu u poprečnom presjeku (vlastita težina nosača + stalni teret + snijeg)**

$$N_{sd} = -85,28 \text{ kN (TLAK)}; \quad \text{pripadni moment u lijevom stapu je } M = 28,27 \text{ kNm, a poprečna sila } V = -3,72 \text{ kN}$$

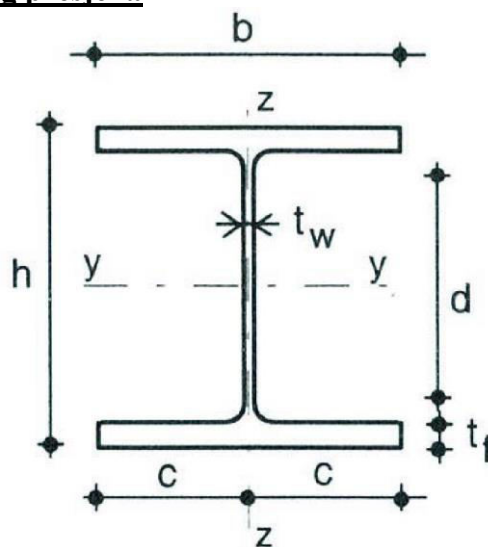
**Mjerodvna kritična kombinacija (vlastita težina nosača + stalni teret + vjetar W1)**

$$M_{y,sd} = -227,37 \text{ kNm}$$

$$V_{z,sd} = 54,94 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 50,83 \text{ kN (VLAK)}$$

#### Karakteristike poprečnog presjeka



|  |                       |
|--|-----------------------|
| Odabrani profil                                  | HEB 400               |
| Tip poprečnog presjeka                           | valjani               |
| Površina poprečnog presjaka A (cm <sup>2</sup> ) | 197,8 cm <sup>2</sup> |

|  |                              |                           |
|--|------------------------------|---------------------------|
| Moment tromosti  | $I_y$ (cm <sup>4</sup> )     | 57680 cm <sup>4</sup>     |
|  | $I_z$ (cm <sup>4</sup> )     | 10820 cm <sup>4</sup>     |
| Moment otpora  | $W_{e1y}$ (cm <sup>3</sup> ) | 2884 cm <sup>3</sup>      |
|  | $W_{p1y}$ (cm <sup>3</sup> ) | 3232 cm <sup>3</sup>      |
|  | $W_{e1z}$ (cm <sup>3</sup> ) | 721,3 cm <sup>3</sup>     |
|  | $W_{p1z}$ (cm <sup>3</sup> ) | 1104 cm <sup>3</sup>      |
| Radijus tromosti                                       | $i_y$ (cm)                   | 17,1 cm                   |
|  | $i_z$ (cm)                   | 7,4 cm                    |
| Konstanta krivljenja                                   | $I_w$ (cm <sup>6</sup> )     | 3817200 cm <sup>6</sup>   |
| Torzijska konstanta                                    | $I_t$ (cm <sup>4</sup> )     | 355,7 cm <sup>4</sup>     |
| Visina presjeka h (mm)                                 |                              | 400 mm                    |
| Širina pojasnice b (mm)                                |                              | 300 mm                    |
| Debljina pojasnice t <sub>f</sub> (mm)                 |                              | 24 mm                     |
| Ravni dio hrpta d (mm)                                 |                              | 298 mm                    |
| Debljina hrpta t <sub>w</sub> (mm)                     |                              | 13,5 mm                   |
| Osnovni materijal Fe 360                               |                              |                           |
| Granica popustanja f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |                              | 235 N/mm <sup>2</sup>     |
| Vlačna čvrstoća f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )    |                              | 360 N/mm <sup>2</sup>     |
| Modul elastičnosti E (N/mm <sup>2</sup> )              |                              | 210 000 N/mm <sup>2</sup> |
| Poissonov koeficijent ν                                |                              | 0,3                       |

### Klasifikacija poprečnog presjeka

- Hrbat

$$\frac{d}{t_w} = \frac{298}{13,5} = 22,07 < 33 \cdot \varepsilon = 33 \rightarrow \text{klasa I Fe-360} \rightarrow \varepsilon = 1$$

$$a = \frac{N_{sd}}{2 \times t_w \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{15,47}{2 \times 1,35 \times \frac{23,5}{1,1}} = 0,27 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \times \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{29,8} \times \left( \frac{29,8}{2} + 0,27 \right) = 0,51$$

$$\alpha = 0,51 \rightarrow \alpha > 0,5$$

Uvjet za klasu presjeka I (hrbat izložen tlaku i savijanju) :

$$\frac{d}{t_w} \leq 396 \times \frac{\varepsilon}{13 \times \alpha - 1} = 396 \times \frac{1}{13 \times 0,51 - 1} = 70,33 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Hrbat je klase I.**

- Pojasnica

$$\frac{c}{t_f} = \frac{150,0}{24} = 6,25; \quad c = \frac{b}{2} = \frac{300}{2} = 150$$

Uvjet za klasu poprečnog presjeka I:

$$\frac{c}{t_f} \leq 10 \times \varepsilon = 10 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Pojasnica je klase I.**

**Zaključak: Odabrani presjek je svrstan u klasu I.**

### **Otpornost poprečnog presjeka**

- Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{197,8 \times 23,5}{1,1} = 4225,73 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$N_{sd} \leq N_{pl,Rd}$$

$$15,47 \text{ kN} \leq 4225,73 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Napomena: Proračun zadovoljava i kombinaciju za maksimalnu uzdužnu silu  $N_{sd} = 85,26 \text{ kN}$  (tlak)

- Otpornost poprečnog presjeka izloženog savijanju

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3232 \times 23,5}{1,1} = 690,47 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_y, sd \leq M_c, Rd \\ 232,94 \text{ kNm} \leq 690,47 \text{ kNm}$$

- Posmična otpornost poprečnog presjeka

$$\frac{d}{t_w} = \frac{298}{13} = 22,98 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69$$

Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta.

$$A_{v,z} = 1.04 \cdot h \cdot t_w = 1.04 \cdot 40,0 \cdot 1,35 = 56,16 \text{ cm}^2$$

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{56,16 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1.1} = 692,69 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 76,53 \text{ kN}$$

### Interakcija M - N - V

( kombinacija maksimalnog momenta  $M_{sd} = 232,94 \text{ kNm}$  i pripadne uzdužne sile  $N_{sd} = 15,47 \text{ kN}$ )

Poprečna sila :

$$V_{z,Sd} = 76,53 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$V_{z,Sd} < 0,5 \times V_{pl,z,Rd} = 346,35 \text{ kN}$$

Razina uzdužne sile:

$$N_{sd} = 15,47 \text{ kN}$$

$$N_{sd} < 0,25 \times N_{pl,Rd} - \text{uvjet niske razine uzdužne sile}$$

$$15,47 < 0,25 \times 4225,73 = 1056,43 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Za nisku razinu uzdužne sile i za  $V_{sd} < 0,5 \times V_{pl}$  vrijedi:

$$\frac{M_{N.V.y,Rd}}{M_{y,Rd}} = 1,0 \rightarrow M_{N.V.y,Rd} \rightarrow 692,69 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{y,Sd} \leq M_{N.V.y,Rd}$$

$$232,94 \text{ kNm} < 692,69 \text{ kNm} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Napomena: Proracun zadovoljava i za kritičnu kombinaciju  $M = 227,37 \text{ kNm}$  i pripadne uzdužne sile  $N = 50,83 \text{ kN}$  i kombinaciju maximalne uzdužne sile ( $N = 85,28 \text{ kN}$  i pripadnog momenta  $M = 28,27 \text{ kNm}$ )

**Tlačna otpornost elementa (otpornost elementa na izvijanje)**Dokaz nosivosti prema  $\chi$  postupku

$$N_{b,Rd} = \chi \times N_{c,Rd}$$

Dužine izvijanja:  $l_{iy} = 2 \cdot H = 2 \cdot 760 = 1520 \text{ cm}$  $l_{iz} = 253,33 \text{ cm}$  (razmak zidne sekundarne konstrukcije)

$$\text{Efektivna vitkost: } \lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = \frac{1520}{17,1} = 88,89 ; \lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = \frac{223,33}{7,4} = 34,23$$

$$\text{Svedena vitkost: } \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a}$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,91 \quad ; \quad \beta_a = 1,00$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a} = \frac{88,89}{93,91} \times \sqrt{1,0} = 0,95$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a} = \frac{34,23}{93,91} \times \sqrt{1,0} = 0,36$$

Mjerodavna linija izvijanja:

$$\frac{h}{b} = \frac{400}{300} = 1,33 > 1,2$$

$$t_f = 24 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

Os y-y  $\rightarrow$  mjerodavna linija izvijanja a:  $\bar{\lambda}_y = 0,95$ Os z-z  $\rightarrow$  mjerodavna linija izvijanja b:  $\bar{\lambda}_z = 0,36$ 

Određivanje faktora redukcije

$$\text{Očitano iz tablica: } \chi_y = 0,7003 ; \chi_z = 0,9417 \rightarrow \chi_{\min} = 0,7003$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \times N_{c,Rd} = 2959,28 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd} \rightarrow 15,47 \text{ kN} < 2959,28 \text{ kN}$$

**Napomena:** Proracun zadovoljava i kombinaciju maksimalne uzdužne sile ( $N = 85,28 \text{ kN}$  i pripadnog momenta  $M = 28,27 \text{ kNm}$ )

**Otpornost elemenata na bočno izvijanje**

$$- g = -\frac{h}{2} = -\frac{40}{2} = 20 \text{ cm}; \quad L=253,33 \text{ cm} - \text{razmak točaka bočnog pridržanja}$$

$$G = \frac{E}{2 \times (1 + \nu)} = \frac{21000}{2,6} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

- na osnovu oblika momentnog dijagrama i načina pridržanjastupa imamo sljedeće koeficijente :

$$k=0,7; \quad k_w=0,7; \quad C_1=2,092; \quad C_2=0,0$$

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

$$M_{cr} = 2957,86 \text{ kNm}$$

-Relativna vitkost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = 0,51$$

Mjerodavna linija izvijanja a :  $\chi_{LT} = 0,9211$  - faktor redukcije

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times \frac{\beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = 685,92 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{y,Sd} \leq M_{b,Rd}$$

$$232,94 \text{ kNm} < 685,92 \text{ kNm}$$

**Interakcija M-N (savijanje i uzdužna sila) bez problema bočnog izvijanja**

(kombinacija maksimalnog momenta  $M_{sd} = 232,94 \text{ kNm}$  i pripadne uzdužne sile  $N_{sd} = -15,47 \text{ kN}$ )

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \times M_{y,Sd}}{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Koeficijent  $\beta_{My} = 1,8 - 0,7 \psi = 1,8$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{My} - 4) + \frac{W_{pl,y} - W_{el,y}}{W_{el,y}} = 0,95 \cdot (2 \cdot 1,8 - 4) + \frac{3232 - 2884}{2884} = -0,259 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1 - \frac{-0,259 \cdot 15,47}{0,7003 \cdot 197,8 \cdot 23,5} = 1,004$$

$$k_y = 1,004 \leq 1,5$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_y \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{15,47}{0,7003 \cdot \frac{197,8 \cdot 23,5}{1,1}} + \frac{1,001 \cdot 232,94 \cdot 100}{\frac{3232 \cdot 23,5}{1,1}} = 0,29 < 1$$

Interakcija M-N bez problema bočnog izvijanja zadovoljava

### **Interakcija M-N s problemom bočnog izvijanja**

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,Sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\mu_{LT} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot (2 \cdot \beta_{M,LT} - 4) = 0,51 \cdot (2 \cdot 1,3 - 4) = -0,714 \leq 0,9$$

Koeficijent  $\beta_{M,LT} = 1,300$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{sd}}{\chi_{LT} \cdot A \cdot f_y} = 1 - \frac{-0,714 \cdot 15,47}{0,9211 \cdot 197,8 \cdot 23,5} = 1,004 > 1,0 \rightarrow k_{LT} = 1,0$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,Sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{15,47}{0,7003 \cdot \frac{197,8 \cdot 23,5}{1,1}} + \frac{1,0 \cdot 232,94 \cdot 100}{0,9211 \cdot \frac{3232 \cdot 23,5}{1,1}} = 0,37$$

$$0,37 < 1,0$$

*Napomena: Proracun zadovoljava i za kombinaciju maksimalne uzdužne sile ( $N = -85,28 \text{ kN}$  i pripadnog momenta  $M_{sd} = 28,27 \text{ kNm}$ .)*

### 6.1.2.1. Iskoristivost poprečnog presjeka

Uzdužna sila smanjuje utjecaj momenta savijanja u elementu, no iskoristivost se proračunava s obzirom na najveći moment i u sličaju da se proračunska tlačna sila ne pojavi.

Presjek je prvenstveno oblikovan za moment savijanja.

Prilikom traženja optimalnog poprečnog presjeka stupa mora se voditi računa o odnosu:

$$\eta = \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} = \frac{232,94}{690,47} = 0,3374$$

Da bi taj uvijet bio zadovoljen, odabran je navedeni poprečni presjek sa iskoristivošću poprečnog presjeka s obzirom na moment savijanja i otpornost na bočno izvijanje kada se zanemaruje „pozitivno“ djelovanje tlačne sile:

$$\eta = \frac{M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} = \frac{232,94}{685,92} = 0,3396$$

Iskoristivost poprečnog presjeka je 33,74 % u slučaju djelovanja samo momenta savijanja, a 33,96 % u slučaju interakcije M i N na razini poprečnog presjeka.

S obzirom na horizontalni pomak, iskoristivost poprečnog presjeka je

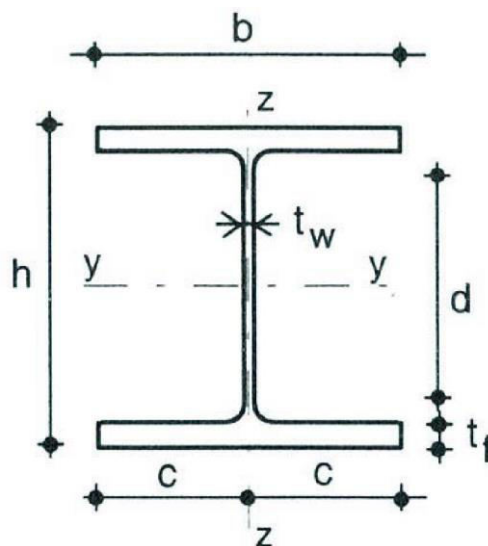
$$\eta = \frac{\delta_{\max}}{H / 400} = \frac{1,87\text{cm}}{1,9\text{cm}} = 0,9842 = 98,42\%.$$

*Komentar: Iako je prema krajnjem graničnom stanju iskoristivost jako mala, prema GSU je iskoristivost dovoljno velika i iznosi 98,42 %.*



## 6.2. Dimenzioniranje sekundarne konstrukcije

### 6.2.1. Krovne podrožnice (K1)



|  |                               |                         |
|--|-------------------------------|-------------------------|
| Odabrani profil                                    |                               | HE 180A                 |
| Tip poprečnog presjeka                             |                               | valjani                 |
| Površina poprečnog presjaka $A$ (cm <sup>2</sup> ) |                               | 45,3 cm <sup>2</sup>    |
| Moment tromosti                                    | $I_y$ (cm <sup>4</sup> )      | 2510 cm <sup>4</sup>    |
|  | $I_z$ (cm <sup>4</sup> )      | 925 cm <sup>4</sup>     |
| Moment otpora                                      | $W_{el_y}$ (cm <sup>3</sup> ) | 294 cm <sup>3</sup>     |
|  | $W_{pl_y}$ (cm <sup>3</sup> ) | 325 cm <sup>3</sup>     |
|  | $W_{el_z}$ (cm <sup>3</sup> ) | 103 cm <sup>3</sup>     |
|  | $W_{pl_z}$ (cm <sup>3</sup> ) | 156,7 cm <sup>3</sup>   |
| Radijus tromosti                                   | $i_y$ (cm)                    | 7,4 cm                  |
|  | $i_z$ (cm)                    | 4,5 cm                  |
| Konstanta krivljenja                               | $I_w$ (cm <sup>6</sup> )      | 60211,0 cm <sup>6</sup> |
| Torzijska konstanta                                | $I_t$ (cm <sup>4</sup> )      | 14,8 cm <sup>4</sup>    |
| Visina presjeka $h$ (mm)                           |                               | 171 mm                  |
| Širina pojasnice $b$ (mm)                          |                               | 180 mm                  |
| Debljina pojasnice $t_f$ (mm)                      |                               | 9,5 mm                  |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| Ravni dio hrpta d (mm)                        | 122,0 mm                  |
| Debljina hrpta $t_w$ (mm)                     | 6,0 mm                    |
| Osnovni materijal Fe 360                      |                           |
| Granica popustanja $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 235 N/mm <sup>2</sup>     |
| Vlačna čvrstoća $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )    | 360 N/mm <sup>2</sup>     |
| Modul elastičnosti E (N/mm <sup>2</sup> )     | 210 000 N/mm <sup>2</sup> |
| Poissonov koeficijent $\nu$                   | 0,3                       |

### **Klasifikacija poprečnog presjeka**

#### **- Hrbat**

Uvjet za klasu presjeka I:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{122,0}{6,0} = 20,33 < 33 \quad \varepsilon = 33 \rightarrow \text{klasa I Fe-360} \rightarrow \varepsilon = 1$$

$$a = \frac{N_{sd}}{2 \times t_w \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{80,71}{2 \times 0,6 \times \frac{23,5}{1,1}} = 3,15 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \times \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{12,2} \times \left( \frac{12,2}{2} + 3,15 \right) = 0,76$$

$$\alpha = 0,76 \rightarrow \alpha > 0,5$$

Uvjet za klasu presjeka I (hrbat izložen tlaku i savijanju) :

$$\frac{d}{t_w} \leq 396 \times \frac{\varepsilon}{13 \times \alpha - 1} = 396 \times \frac{1}{13 \times 0,76 - 1} = 44,59 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

#### **Hrbat je klase I.**

#### **- Pojasnica**

Uvjet za klasu poprečnog presjeka I:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{90}{9,5} = 9,47 \leq 10 \times \varepsilon = 10 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

#### **Pojasnica je klase I.**

Zaključak: **Odabrani presjek je svrstan u klasu I.**

**Otpornost poprečnog presjeka****- Otpornost poprečnog presjeka u tlaku**

$$N_{C,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{45,3 \times 23,5}{1,1} = 967,77 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$N_{Sd} \leq N_{C,Rd}$$

$$80,71 \text{ kN} \leq 967,77 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**- Otpornost poprečnog presjeka izloženog savijanju**

$$M_{Y,Rd} = \frac{W_y \times f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{2,94 \times 23,5}{1,1} = 62,81 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{y,sd} \leq M_{c,Rd}$$

$$12,39 \text{ kNm} \leq 62,81 \text{ kNm}$$

$$M_{Z,Rd} = \frac{W_z \times f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{1,03 \times 23,5}{1,1} = 22,00 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{z,sd} \leq M_{c,Rd}$$

$$0,743 \text{ kNm} \leq 22,00 \text{ kNm}$$

**- Posmična otpornost poprečnog presjeka**

$$\frac{d}{t_w} = \frac{122,0}{6,0} = 20,33 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69 \rightarrow \text{Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta.}$$

$$V_{y,Rd} = \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{32,77 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 404,20 \text{ kN} \geq V_{y,Sd} = 0,49 \text{ kN}$$

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{10,99 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 135,55 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 8,123 \text{ kN}$$

**Interakcija M - N - V**

Plastična interacijska formula: 
$$\left(\frac{M_{Y,Sd}}{M_{N.V.Y,Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Z,Sd}}{M_{N.V.Z,Rd}}\right)^\beta \leq 1$$

Razina uzdužne sile:

$$N_{Sd} = 86,71 \text{ kN}$$

$$0,25 N_{Rd} = 0,25 * 967,77 = 241,94 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} \leq 0,25 N_{Rd} \rightarrow \text{niska razina uzdužne sile}$$

**Savijanje oko osi y-y:**

Poprečna sila:

$$V_{z,Sd} = 8,123 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$0,5V_{pl.z,Rd} = 0,5 * 135,55 = 67,78 \text{ kN}$$

$$V_{z,Sd} < 0,5V_{pl.z,Rd}$$

Za nisku razinu uzdužne sile i  $V_{z,Sd} < 0,5V_{pl.z,Rd}$  vrijedi:

$$\frac{M_{N.V.y,Rd}}{M_{y,Rd}} = 1$$

$$M_{N.V.y,Rd} = M_{y,Rd} = 62,81 \text{ kNm}$$

**Savijanje oko osi z-z:**

Poprečna sila:

$$V_{y,Sd} = 0,49 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$0,5V_{pl.y,Rd} = 0,5 * 404,20 = 202,10 \text{ kN}$$

$$V_{y,Sd} < 0,5V_{pl.y,Rd}$$

Za nisku razinu uzdužne sile i  $V_{y,Sd} < 0,5V_{pl.y,Rd}$  vrijedi:

$$\frac{M_{N.V.z,Rd}}{M_{z,Rd}} = 1$$

$$M_{N.V.z,Rd} = M_{z,Rd} = 22,00 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{Y,Sd}}{M_{Y,Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Z,Sd}}{M_{Z,Rd}}\right)^\beta = \left(\frac{12,39}{62,81}\right)^2 + \left(\frac{0,743}{22,00}\right)^1 = 0,073 \leq 1$$

Interakcija M-N-V zadovoljava.

### Tlačna otpornost elementa (otpornost elementa na izvijanje)

Dokaz nosivosti prema  $\chi$  postupku

$$N_{b,Rd} = \chi \times N_{c,Rd}$$

Dužine izvijanja:

$$l_{iz} = 610,00\text{cm} ; l_{iy} = 610,00\text{cm}$$

$$\text{Efektivna vitkost: } \lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = \frac{610,0}{7,4} = 82,43 ; \lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = \frac{610,00}{4,50} = 135,56$$

$$\text{Svedena vitkost: } \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a}$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 ; \beta_a = 1,00$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a} = \frac{82,43}{93,9} \times \sqrt{1,0} = 0,88$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a} = \frac{135,56}{93,9} \times \sqrt{1,0} = 1,44$$

Mjerodavna linija izvijanja:

$$\frac{h}{b} = \frac{171}{180} = 0,95 < 1,2$$

$$t_f = 11 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

Os y-y → mjerodavna linija izvijanja b:  $\bar{\lambda}_y = 0,88$

Os z-z → mjerodavna linija izvijanja c:  $\bar{\lambda}_z = 1,44$

Određivanje faktora redukcije

Očitano iz tablica:  $\chi_y = 0,7470$  ;  $\chi_z = 0,3348 \rightarrow \chi_{\min} = 0,3348$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \times N_{c,Rd} = 324,01 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd} \rightarrow 80,71 \text{ kN} < 324,01 \text{ kN}$$

**Otpornost elemenata na bočno izvijanje**

$$g = -8,55 \text{ cm}; L = 610 \text{ cm}$$

$$G = \frac{E}{2 \times (1 + \nu)} = \frac{21000}{2,6} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

Na osnovu oblika momentnog dijagrama i načina pridržanja podrožnice imamo sljedeće koeficijente :

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

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

$$M_{cr} = 64,95 \text{ kNm}$$

-Relativna vitkost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,00 \cdot 325 \cdot 23,5}{6495,0}} = 1,08 \geq 0,4$$

$$\beta_w = 1,00$$

Mjerodavna linija izvijanja a:  $\chi_{LT} = 0,6098$  - faktor redukcije

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times \frac{\beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,6098 \cdot \frac{1 \cdot 325 \cdot 23,5}{1,1} = 42,33 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{y,Sd} \leq M_{b,Rd}$$

$$12,39 \text{ kNm} < 42,33 \text{ kNm}$$

**Interakcija M-N (savijanje i uzdužna sila) bez problema bočnog izvijanja**

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

Koeficijenti:  $\beta_{My} = 1,300$  ;

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \times (2 \times \beta_{My} - 4) = 0,88 \times (2 \times 1,3 - 4) = -1,232 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{Sd}}{\chi_y \times A \times f_y} = 1 - \frac{-1,232 \times 106,62}{0,6098 \times 45,3 \times 23,5} = 1,2$$

$$k_y = 1,2 \leq 1,5$$

$$\beta_{Mz} = 1,300$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \times (2 \times \beta_{Mz} - 4) = 1,44 \times (2 \times 1,3 - 4) = -2,016 \leq 0,9$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \times N_{Sd}}{\chi_z \times A \times f_y} = 1 - \frac{-2,016 \times 106,62}{0,3348 \times 45,3 \times 23,5} = 1,60$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \times M_{y,Sd}}{\frac{W_y \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_z \times M_{z,Sd}}{\frac{W_z \times f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{80,71}{0,3348 \times \frac{45,3 \times 23,5}{1,1}} + \frac{1,2 \times 12,39 \times 100}{\frac{294 \times 23,5}{1,1}} + \frac{1,6 \times 0,743 \times 100}{\frac{103 \times 23,5}{1,1}} = 0,55 \leq 1,0$$

Interakcija M-N zadovoljava

**Interakcija M-N s problemom bočnog izvijanja**

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \times M_{y,Sd}}{\chi_{LT} \times \frac{W_y \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \times M_{z,Sd}}{\chi_{LT} \times \frac{W_z \times f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\mu_{LT} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot (2 \cdot \beta_{M,LT} - 4) = 1,08 \cdot (2 \cdot 1,3 - 4) = -1,512 \leq 0,9$$

Koeficijent  $\beta_{M,LT} = 1,300$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \times N_{Sd}}{\chi_{LT} \times A \times f_y} = 1 - \frac{-1,512 \times 106,62}{0,6098 \times 45,3 \times 23,5} = 1,25 > 1,0 \rightarrow k_{LT} = 1,0$$

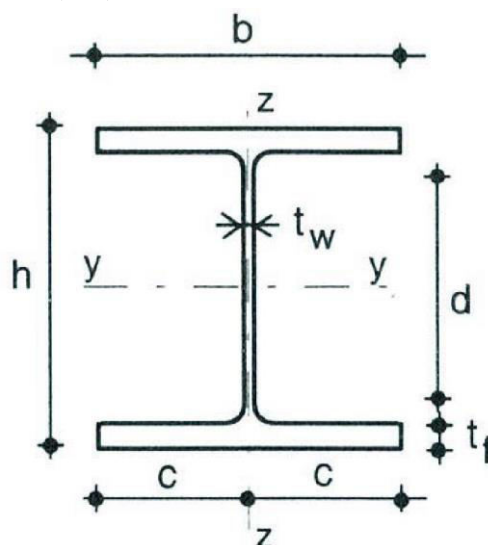
$$\frac{N_{Sd}}{\chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \times M_{y,Sd}}{\chi_{LT} \times \frac{W_y \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \times M_{z,Sd}}{\chi_{LT} \times \frac{W_z \times f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{80,71}{0,3348 \times \frac{45,3 \times 23,5}{1,1}} + \frac{1,0 \times 12,39 \times 100}{0,6098 \times \frac{294 \times 23,5}{1,1}} + \frac{1,0 \cdot 0,743 \times 100}{\frac{103 \times 23,5}{1,1}} =$$

$$0,61 < 1,0$$

Usvojeni presjek HE 180A.



### 6.2.2. Bočne podrožnice (B1)



$$M_y = 2,75 \cdot 1,5 \cdot \frac{6,1^2}{8} = 19,186 \text{ kNm}$$

$$V_z = 2,75 \cdot 1,5 \cdot \frac{6,1}{2} = 12,58 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 66,43 \text{ kN (tlak)}$$

- Odabran je isti presjek kao i kod krovnih podrožnica

#### Klasifikacija poprečnog presjeka

##### - Hrbat

Uvjet za klasu presjeka I:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{122,0}{6,0} = 20,33 < 33 \quad \varepsilon = 33 \rightarrow \text{klasa I Fe-360} \rightarrow \varepsilon = 1$$

$$a = \frac{N_{sd}}{2 \times t_w \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{66,43}{2 \times 0,6 \times \frac{23,5}{1,1}} = 2,6 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{1}{d} \times \left( \frac{d}{2} + a \right) = \frac{1}{12,2} \times \left( \frac{12,2}{2} + 2,6 \right) = 0,71$$

$$\alpha = 0,71 \rightarrow \alpha > 0,5$$

Uvjet za klasu presjeka I (hrbat izložen tlaku i savijanju) :

$$\frac{d}{t_w} \leq 396 \times \frac{\varepsilon}{13 \times \alpha - 1} = 396 \times \frac{1}{13 \times 0,71 - 1} = 38,12 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Hrbat je klase I.**- Pojasnica

Uvjet za klasu poprečnog presjeka I:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{90}{9,5} = 9,47 \leq 10 \times \varepsilon = 10 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Pojasnica je klase I.**Zaključak: **Odabrani presjek** je svrstan u **klasu I.****Otpornost poprečnog presjeka**- Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{C,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{45,3 \times 23,5}{1,1} = 967,77 \text{ kN}$$

Uvjet nosivosti:

$$N_{Sd} \leq N_{C,Rd}$$

$$66,43 \text{ kN} \leq 967,77 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

- Otpornost poprečnog presjeka izloženog savijanju

$$M_{Y,Rd} = \frac{W_y \times f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{2,94 \times 23,5}{1,1} = 62,81 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{y,sd} \leq M_{c,Rd}$$

$$19,186 \text{ kNm} \leq 62,81 \text{ kNm}$$

- Posmična otpornost poprečnog presjeka

$$\frac{d}{t_w} = \frac{122,0}{6,0} = 20,33 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69 \rightarrow \text{Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta.}$$

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{10,99 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 135,55 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 12,58 \text{ kN}$$

**Interakcija M - N - V**

Plastična interacijska formula: 
$$\frac{M_{Y,Sd}}{M_{N.V.Y,Rd}} \leq 1$$

Razina uzdužne sile:

$$N_{Sd} = 66,43 \text{ kN}$$

$$0,25 N_{Rd} = 0,25 * 967,77 = 241,94 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} \leq 0,25 N_{Rd} \rightarrow \text{niska razina uzdužne sile}$$

Poprečna sila:

$$V_{z,Sd} = 12,58 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$0,5V_{pl.z,Rd} = 0,5 * 135,55 = 67,78 \text{ kN}$$

$$V_{z,Sd} < 0,5V_{pl.z,Rd}$$

Za nisku razinu uzdužne sile i  $V_{z,Sd} < 0,5V_{pl.z,Rd}$  vrijedi:

$$\frac{M_{N.V.y,Rd}}{M_{y,Rd}} = 1$$

$$M_{N.V.y,Rd} = M_{y,Rd} = 62,81 \text{ kNm}$$

$$\frac{19,186}{62,81} = 0,31 \leq 1$$

Interakcija M-N-V zadovoljava.

**Tlačna otpornost elementa (otpornost elementa na izvijanje)**

Dokaz nosivosti prema  $\chi$  postupku

$$N_{b,Rd} = \chi \times N_{c,Rd}$$

Dužine izvijanja:

$$l_{iz} = 610,00 \text{ cm}; l_{iy} = 610,00 \text{ cm}$$

$$\text{Efektivna vitkost: } \lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = \frac{610,0}{7,4} = 82,43; \lambda_z = \frac{l_{iz}}{i_z} = \frac{610,00}{4,50} = 135,56$$

$$\text{Svedena vitkost: } \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a}$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \quad ; \quad \beta_a = 1,00$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a} = \frac{82,43}{93,9} \times \sqrt{1,0} = 0,88$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_a} = \frac{135,56}{93,9} \times \sqrt{1,0} = 1,44$$

Mjerodavna linija izvijanja:

$$\frac{h}{b} = \frac{171}{180} = 0,95 < 1,2$$

$$t_f = 11 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

Os y-y → mjerodavna linija izvijanja b:  $\bar{\lambda}_y = 0,88$

Os z-z → mjerodavna linija izvijanja c:  $\bar{\lambda}_z = 1,44$

Određivanje faktora redukcije

Očitano iz tablica:  $\chi_y = 0,7470$  ;  $\chi_z = 0,3348 \rightarrow \chi_{\min} = 0,3348$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \times N_{c,Rd} = 324,01 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd} \rightarrow 66,43 \text{ kN} < 324,01 \text{ kN}$$

### **Otpornost elemenata na bočno izvijanje**

$$g = -8,55 \text{ cm} ; \quad L = 610 \text{ cm}$$

$$G = \frac{E}{2 \times (1 + \nu)} = \frac{21000}{2,6} = 8077 \text{ kN/cm}^2$$

Na osnovu oblika momentnog dijagrama i načina pridržanja podrožnice imamo sljedeće koeficijente :

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

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

$$M_{cr} = 64,95 \text{ kNm}$$

-Relativna vitkost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,00 \cdot 325 \cdot 23,5}{6495,0}} = 1,08 \geq 0,4$$

$$\beta_w = 1,00$$

Mjerodavna linija izvijanja a:  $\chi_{LT} = 0,6098$  - faktor redukcije

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times \frac{\beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,6098 \cdot \frac{1 \cdot 325 \cdot 23,5}{1,1} = 42,33 \text{ kNm}$$

Uvjet nosivosti:

$$M_{y,Sd} \leq M_{b,Rd}$$

$$19,186 \text{ kNm} < 42,33 \text{ kNm}$$

### Interakcija M-N (savijanje i uzdužna sila) bez problema bočnog izvijanja

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \times M_{y,Sd}}{\frac{W_y \times f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Koeficijenti:  $\beta_{My} = 1,300$  ;

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \times (2 \times \beta_{My} - 4) = 0,88 \times (2 \times 1,3 - 4) = -1,232 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{Sd}}{\chi_y \times A \times f_y} = 1 - \frac{-1,232 \times 106,62}{0,6098 \times 45,3 \times 23,5} = 1,13$$

$$k_y = 1,13 \leq 1,5$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \times M_{y,Sd}}{\frac{W_y \times f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{66,43}{0,3348 \times \frac{45,3 \times 23,5}{1,1}} + \frac{1,13 \times 19,186 \times 100}{\frac{294 \times 23,5}{1,1}} = 0,56 \leq 1,0$$

Interakcija M-N zadovoljava

**Interakcija M-N s problemom bočnog izvijanja**

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \times M_{y,sd}}{\chi_{LT} \times \frac{W_y \times f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\mu_{LT} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot (2 \cdot \beta_{M,LT} - 4) = 1,08 \cdot (2 \cdot 1,3 - 4) = -1,512 \leq 0,9$$

Koeficijent  $\beta_{M,LT} = 1,300$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \times N_{sd}}{\chi_{LT} \times A \times f_y} = 1 - \frac{-1,512 \times 66,43}{0,6098 \times 45,3 \times 23,5} = 1,15 > 1,0 \rightarrow k_{LT} = 1,0$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \times M_{y,sd}}{\chi_{LT} \times \frac{W_y \times f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{66,43}{0,3348 \times \frac{45,3 \times 23,5}{1,1}} + \frac{1,0 \times 19,186 \times 100}{0,6098 \times \frac{294 \times 23,5}{1,1}} =$$

$$0,71 < 1,0$$

Usvojeni presjek HE 180 A.

**6.2.3. Krovni spregovi (S1)**

Maksimalna vlačna sila :

$$N_{sd} = 95,86 \text{ kN}$$

$$N_{sd} \leq \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \Rightarrow A \geq \frac{\gamma_{M0} \cdot N_{sd}}{f_y} = \frac{1,1 \cdot 95,86}{23,5} = 4,49 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,49}{\pi}} = 2,4 \text{ cm}$$

**$d_{odabrano} = 25 \text{ mm}$**

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{2,5^2 \cdot \pi}{4} = 4,91 \text{ cm}^2$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,91 \cdot 23,5}{1,1} = 104,9 \text{ kN} > N_{sd} = 95,86 \text{ kN}$$

Usvojeni profil  $\Phi 25$

### 6.2.4. Bočni spregovi (S2)

Maksimalna vlačna sila:

$$N_{sd} = 176,75 \text{ kN}$$

$$N_{sd} \leq \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \Rightarrow A \geq \frac{\gamma_{M0} \cdot N_{sd}}{f_y} = \frac{1,1 \cdot 176,75}{23,5} = 8,27 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,27}{\pi}} = 3,24 \text{ cm}$$

$$d_{odabrano} = 33 \text{ mm}$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{3,3^2 \cdot \pi}{4} = 8,6 \text{ cm}^2$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,6 \cdot 23,5}{1,1} = 183,73 \text{ kN} > N_{sd} = 176,75 \text{ kN}$$

Usvojeni profil  $\Phi 33$

Napomena: Za bočne spregove odabran je veći profil da bi bili istih dimenzija kao i krovni spregovi ( $\Phi 33$ ).

## 7. PRORAČUN SPOJEVA

### 7.1. Dimenzioniranje vlačnog nastavka rešetke

Poprečni presjek:      gornji pojas (140x80x6)  
                                  donji pojas (140x80x6)

Mjerodavna kritična kombinacija:

1,35Xstalno opterećenje + 1,5Xsnijeg

$N_{sd}=156,56$  kN (vlak)

Materijal:

Osnovni materijal: Fe-360

Vijci: k.v. 10.9

#### 1. Kontrola varova

Max. debljina vara

$$a_{\max} = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 6,0 = 4,2 \text{ mm}$$

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

Otpornost vara

$$L = O = 2 \cdot 140 + 2 \cdot 80 = 440 \text{ mm}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{M_w}} \cdot \frac{L}{100} = \frac{103,9}{1,25} \cdot \frac{440}{100} = 365,73 \text{ kN} > N_{sd} = 263,3 \text{ kN}$$

#### 2. Proračun vijaka

Pretpostavljeni vijak M16; k.v. 10.9, n=4

Otpornost vijaka

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M_1}} = \frac{141,3}{1,25} = 113,0 \text{ kN}$$

$$F_{t,Sd} = \frac{N_{sd}}{n} = \frac{156,56}{4} = 39,16 \text{ kN}$$

$$F_{t,Sd} < F_{t,Rd}$$

$$39,16 \text{ kN} < 113,00 \text{ kN}$$



### 3. Proračun ploče

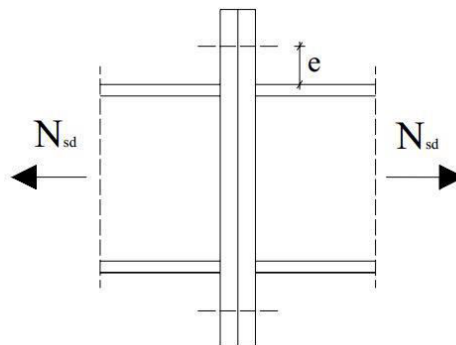
#### Proračun dimenzija pločice

$$c = 2d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 16 + 4\sqrt{2} = 37,7\text{mm} \approx 38\text{mm}$$

$$b_{pl,\min} = 2 \cdot e_2 + p_2 = 2 \cdot 40 + 55 = 135\text{mm}$$

$$b_{pl,\min} = b + 2 \cdot a\sqrt{2} + 20\text{mm} = 80 + 2 \cdot 4\sqrt{2} + 20 = 112\text{mm}$$

odabrane dim.ploče: 270x135 (mm)



#### Proračun min. debljine pločice

$$e = 40\text{mm}$$

$$b_{pl} = 270\text{mm}$$

$$M_{sd} = 2 \cdot F_{t,sd} \cdot e = 2 \cdot 65,83 \cdot 0,040 = 5,27\text{kNm}$$

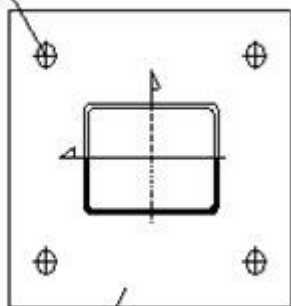
$$M_{sd} \leq \frac{W_{\min} \cdot f_y}{1,0} \Rightarrow W = \frac{1,0 \cdot M_{sd}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^{\min}}{6}$$

$$\Rightarrow t_{pl}^{\min} = \sqrt{\frac{1 \cdot M_{sd} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 527 \cdot 6}{27 \cdot 27,5}} = 2,2324\text{cm}$$

$$t_{pl,oda} = 23\text{cm}$$

Odabrana pločica : 270x135x23 (mm)

M 16  
k.v.10:9



t=23

## 7.2. Dimenzioniranje spoja stup-rešetka

$$N_{sd} = 50,83 \text{ kN (vlak)}$$

$$V_{sd} = 6,67 \text{ kN}$$

### Materijal:

Osnovni materijal: Fe-360

Vijci: k.v. 8.8

### Poprečni presjek:

Profil: HEB 400

$h = 400 \text{ mm}$

$b = 300 \text{ mm}$

$t_w = 13,5 \text{ mm}$

$t_f = 24,0 \text{ mm}$

Profil 140 x 80 x 6

$h = 140 \text{ mm}$

$b = 80 \text{ mm}$

$t = 6 \text{ mm}$

### 1. Kontrola varova

$$F_{w, sd} = (50,83^2 + 6,67^2)^{0,5} = 50,27 \text{ kN}$$

### Profil HEB 400

-Duljina vara

$$l = 2 \cdot 400 + 2 \cdot 300 + 2 \cdot 376 \approx 2152 \text{ mm}$$

-Maksimalna debljina vara obzirom na debljinu hrpta i pojaseva nosača

$$a_{\max} = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 13,5 = 9,45 \text{ mm}$$

### Profil 140x80x6

-Duljina vara :

$$l \approx 2 \cdot 300 + 80 = 680 \text{ mm}$$

-Maksimalna debljina vara obzirom na debljinu elementa:

$$a_{\max} = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 6 = 3,2 \text{ mm}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{1,25} \times \frac{L}{100} = \frac{77,9}{1,25} \times \frac{680}{100} = 423,78 \text{ kN} > F_{w,sd}$$

## 2. Proračun vijaka

Uz pretpostavku vijaka M16 (kv. 8.8), udaljenost  $c_{\min}$  od ruba pojasnice iznosi :

$$c_{\min} = 2 \cdot d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 16 + 4\sqrt{2} = 37,65 \text{ mm}$$

Odabrano:  $c=40 \text{ mm}$

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

Otpornost vijka na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{113,0}{1,25} = 90,4 \text{ kN} > \frac{F_{t,sd}}{2} = \frac{50,83}{2} = 25,415 \text{ kN}$$

Otpornost vijaka na posmik:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{75,4}{1,25} = 60,32 \text{ kN} > F_{v,sd} = \frac{V_{sd}}{2} = \frac{6,67}{2} = 3,335 \text{ kN}$$

Napomena : Za kombinaciju ( vl. težina+stalni teret G + snijeg S ) javlja se poprečna sila :

$$V_{z,sd} = 1,5 \cdot V_{w1} + 1 \cdot V_{vl.tež.} + 1 \cdot V_G = 15,24 \text{ kN}$$

Međutim u toj kombinaciji se javlja uzdužna tlačna sila u stupu pa ćemo samo provjeriti otpornost vijka na posmik, budući je veća ova poprečna sila od prethodne kombinacije u kojoj se javlja uzdužna vlačna sila u stupu.

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{75,4}{1,25} = 60,32 \text{ kN} > F_{v,sd} = \frac{V_{sd}}{2} = \frac{15,24}{2} = 7,62 \text{ kN}$$

Interakcija uzdužne i posmične sile na vijak

$$\frac{F_{t,sd}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,sd}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0 \Rightarrow \frac{3,335}{1,4 \cdot 113,0} + \frac{7,62}{60,32} = 0,15 < 1,0$$

## 3. Proračun dimenzija ploče

Proračun duljine i širine ploče:

$$a_{pl}^{\min} = h = 400 \text{ mm}$$

$$b_{pl}^{\min} = b = 300 \text{ mm}$$

Odabrane dimenzije duljine i širine ploče su 400x300mm.

Pritisak po omotaču rupe osnovnog materijala:

$$F_{v,sd} = \frac{6,67}{2} = 3,335 \text{ kN} = F_{b,sd} < F_{b,Rd} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t^{pl}}{10} \Rightarrow t^{pl} > \frac{F_{b,sd} \cdot \gamma_{Mb} \cdot 10}{F_{b,Rk}}$$

$$t^{pl} > \frac{3,335 \cdot 1,25 \cdot 10}{106,7} = 0,391 \text{ mm}$$

Savijanje ploče od vlačnih vijaka:

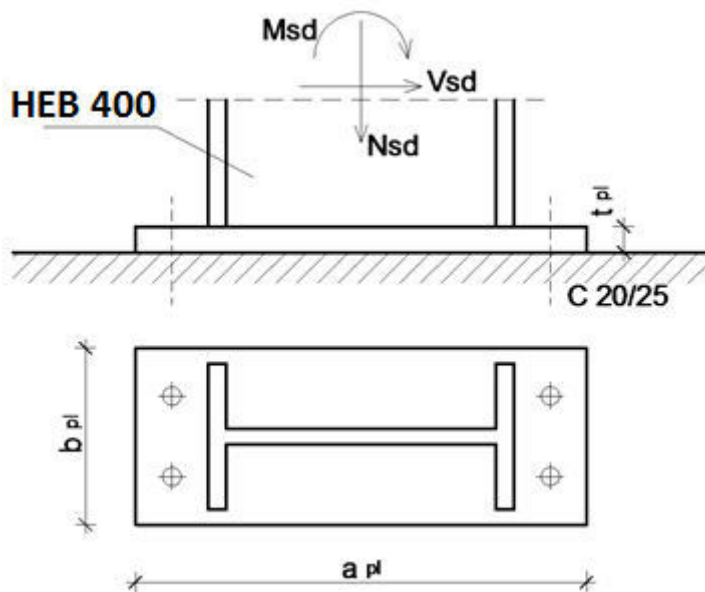
$$M_{sd} = F_{t,sd} \cdot c = 3,335 \cdot 0,025 = 0,083 \text{ kNm}$$

$$\rightarrow t_{pl,\min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{sd} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 8,3 \cdot 6}{30 \cdot 23,5}} = 0,27 \text{ cm} = 2,7 \text{ mm} \rightarrow \text{usvojeno } 10 \text{ mm}$$

Usvojene dimenzije ploče su 400x300x10mm.

### 7.3. Dimenzioniranje upetog spoja stup - temelj

#### Ulazni podaci



#### Veličine djelovanja:

$$N_{sd} = 50,83 \text{ kN (Vlak)}$$

$$M_{sd} = 227,37 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = 54,94 \text{ kN}$$

#### Materijal:

Osnovni materijal: Fe-360

Vijci: k.v. 10.9

#### Poprečni presjek:

Profil: HEB 400

$h = 400 \text{ mm}$

$b = 300 \text{ mm}$

$t_w = 13,5 \text{ mm}$

$t_f = 24,0 \text{ mm}$

#### Raspodjela sila po presjeku nosača:

#### Pojasnice:

*Vlačna sila u pojasnici od momenta savijanja*

$$N_p^{*M} = \frac{M_{sd}}{h'} = \frac{227,37}{(0,40 - 0,024)} = 604,71 \text{ kN}$$

$$N_p^N = \frac{A_p}{A} \cdot N_{sd} = \frac{30 \cdot 2,4}{197,8} \cdot 50,83 = 18,50 \text{ kN}$$

*Ukupna sila u vlačnoj pojasnici*

$$N_p = N_p^{*M} + N_p^N = 623,21 \text{ kN} = F_{w,sd}$$

Kontrola varova:

*Dužina vara pojasnice*

$$l_1 = 2 \cdot 300 = 600 \text{ mm}$$

*Dužina vara hrpta:*

$$l_2 = 2 \cdot 352 = 704 \text{ mm}$$

*Maksimalna debljina vara s obzirom na debljinu hrpta i pojaseva nosača*

$$a_{\max} = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 13,5 = 9,45 \text{ mm}$$

*Za pretpostavljeni var  $a=8,0 \text{ mm}$*

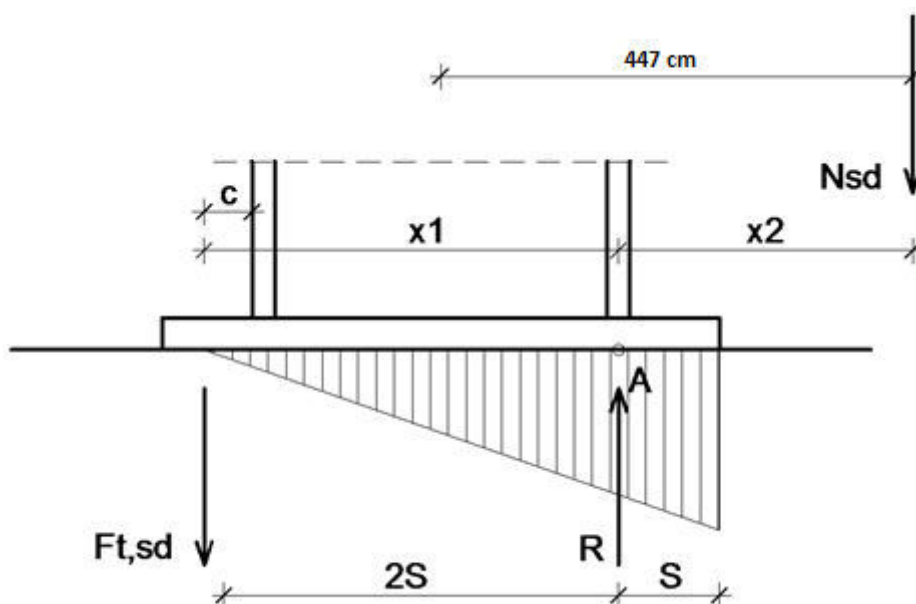
*Uzdužna sila*

$$F_{w,rd} = \frac{F_{w,rk}}{\gamma_{M1}} \cdot \frac{l_1}{100} = \frac{207,8}{1,25} \cdot \frac{600}{100} = 997,44 \text{ kN} > F_{w,sd} = 623,21 \text{ kN}$$

*Poprečna sila*

$$F_{w,rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{M1}} \cdot \frac{l_2}{100} = \frac{207,8}{1,25} \cdot \frac{704}{100} = 1170,33 \text{ kN} > V_{sd} = 50,83 \text{ kN}$$

Proračun vijaka:



Pretpostavljeni vijak

M 27 ; k.v. 10.9

$$c_{\min} = 2 \cdot d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 27 + 8\sqrt{2} = 65,31\text{mm}$$

Usvojeni  $c = 70\text{ mm}$ .

Ekscentricitet uzdužne sile:

$$e = \frac{M_{sd}}{N_{sd}} = \frac{227,37}{50,83} = 4,47\text{m}$$

$$\text{Ekscentricitet } x_1 = 70 + 400 - 12 = 458\text{mm} = 0,458\text{m}$$

$$\text{Ekscentricitet } x_2 = 4470 - \frac{400}{2} + 12 = 4,282\text{m}$$

Iz ravnoteže sila slijedi:

$$N_{sd} \cdot x_2 = F_{t,sd} \cdot x_1 \Rightarrow F_{t,sd} = \frac{N_{sd} \cdot x_2}{x_1} = \frac{50,83 \cdot 4,28}{0,458} = 474,7\text{kN}$$

Otpornost vijka na vlak

$$F_{t,rd} = \frac{F_{t,rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{413,1}{1,25} = 330,48\text{kN} > \frac{F_{t,sd}}{2} = \frac{474,7}{2} = 237,35\text{kN}$$

*Otpornost vijaka na posmik*

Poprečna sila se raspoređuje na 4 vijaka.

$$F_{v,rd} = \frac{F_{v,rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{229,5}{1,25} = 183,6 \text{ kN} > F_{v,sd} = \frac{V_{sd}}{4} = \frac{54,94}{4} = 13,735 \text{ kN}$$

*Interakcija uzdužne i posmične sile na vijak*

$$\frac{F_{t,sd}}{1,4 \cdot F_{t,rd}} + \frac{F_{v,sd}}{F_{v,rd}} \leq 1,0 \Rightarrow \frac{237,35}{1,4 \cdot 330,48} + \frac{13,735}{183,6} = 0,59 < 1,0$$

Proračun dimenzija ploče:

Proračun širine i dužine ploče

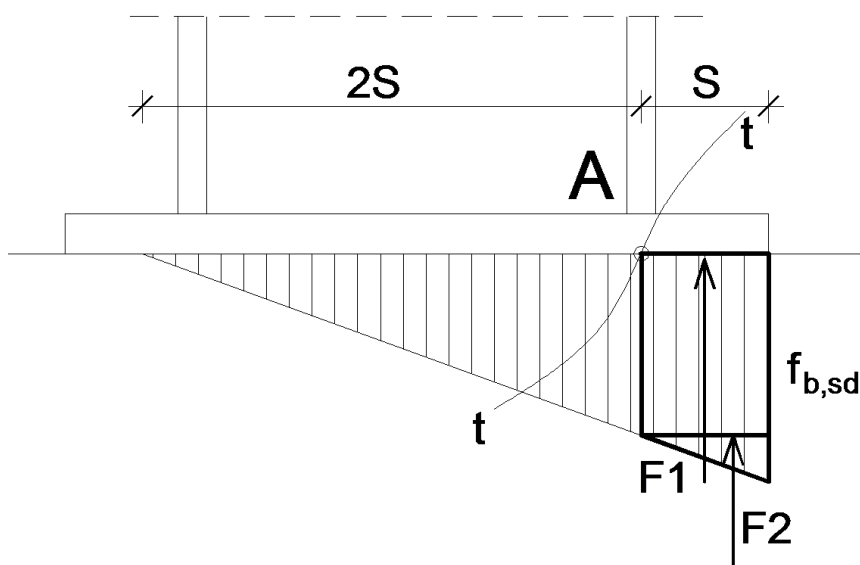
$$a_{pl}^{\min} = h + 2 \cdot (c + e_1) = 400 + 2 \cdot (70 + 70) = 680 \text{ mm}$$

$$b_{pl}^{\min} = b + 2a\sqrt{2} + 20 = 300 + 2 \cdot 8 \cdot \sqrt{2} + 20 = 342,62 \text{ mm}$$

$$b_{pl}^{\min} = p_2 + 2 \cdot e_2 = 90 + 2 \cdot 55 = 200 \text{ mm}$$

Odabrane dimenzije širine i dužine ploče su 680x346mm

Proračun debljine ploče



*Pritisak po omotaču rupe osnovnog materijala*

$$F_{v,Sd} = \frac{V_{Sd}}{4} = 13,735 \text{ kN} = F_{b,Sd} < F_{b,Rd} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t^{pl}}{10} \Rightarrow t^{pl} > \frac{F_{b,Sd} \cdot \gamma_{Mb} \cdot 10}{F_{b,Rk}}$$

$$t^{pl} > \frac{13,735 \cdot 1,25 \cdot 10}{182,3} = 0,94 \text{ mm}$$



Savijanje ploče od odgovora betonske podloge

$$S = (680 - 400 + 13,5) / 2 = 146,75 \text{ mm} = 14,68 \text{ cm}$$

$$R = F_{t,sd} + N_{sd} = 237,35 + 54,94 = 292,29 \text{ kN}$$

Naprezanje na betonu

$$f_{B,sd} = \frac{R}{\frac{3 \cdot S \cdot b_{pl}}{2}} = \frac{292,29}{\frac{3 \cdot 14,68 \cdot 34,5}{2}} = 0,38 \text{ kN/cm}^2 \leq \frac{f_{ck}}{1,5} = \frac{2,0}{1,5} = 1,33 \text{ kN/cm}^2$$

Savijanje ploče

$$\begin{aligned} M_{sd} &= F_1 \cdot \frac{S}{2} + F_2 \cdot \frac{3 \cdot S}{2} = \frac{2}{3} f_{B,sd} \cdot S \cdot b_{pl} \cdot \frac{S}{2} + \frac{1}{3} \cdot f_{B,sd} \cdot S \cdot b_{pl} \cdot \frac{2}{3} \cdot S = \\ &= \frac{2}{3} \cdot 3800 \cdot 0,1468 \cdot 0,345 \cdot \frac{0,1468}{2} + \frac{1}{3} \cdot 3800 \cdot 0,1468 \cdot 0,345 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,1468 = 12,56 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Savijanje ploče od vlačnih vijaka

$$M_{sd} = F_{t,sd} \cdot (c + t_f / 2) = 237,35 \cdot (0,07 + 0,012) = 19,5 \text{ kNm} \Rightarrow \text{mjerodavnije}$$

$$M_{sd} \leq \frac{W_{\min} \cdot f_y}{1,1} \Rightarrow W_{\min} = \frac{1,1 \cdot M_{sd}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^2}{6} \Rightarrow t_{pl}^{\min} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot M_{sd} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 1950 \cdot 6}{34,6 \cdot 23,5}} = 3,98 \text{ cm}$$

$$t_{pl} = 4,0 \text{ cm}$$

Debljina ploče ne smije biti veća od 4 cm, pa prema tome za debljinu ploče usvajamo  $d=4$  cm uz postavljanje vijaka s obje strane pojasnice kao što je prikazano u nacrtima !

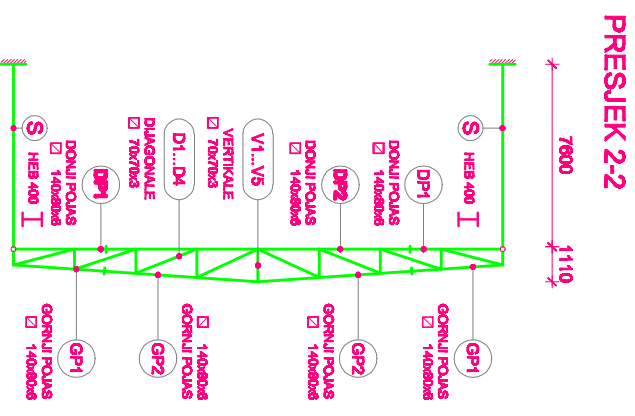
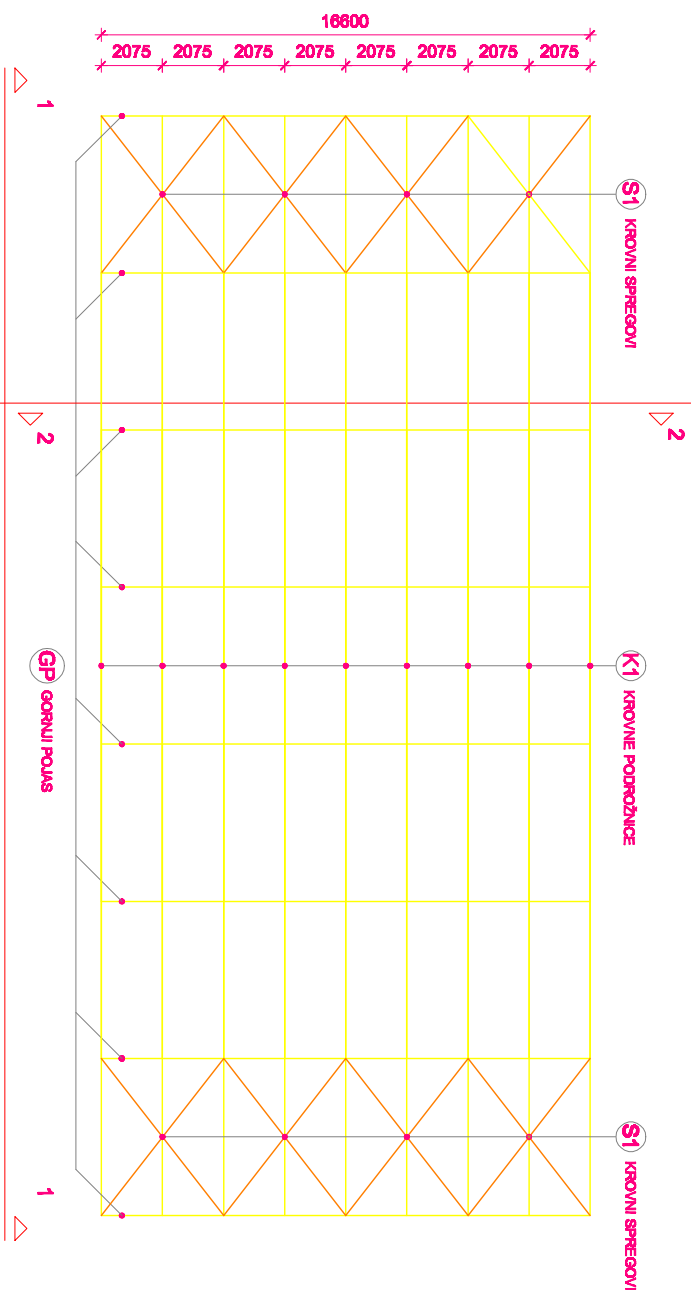
Usvojene dimenzije ploče su 680x346x40 mm

## **8. NACRTI**

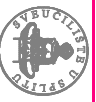
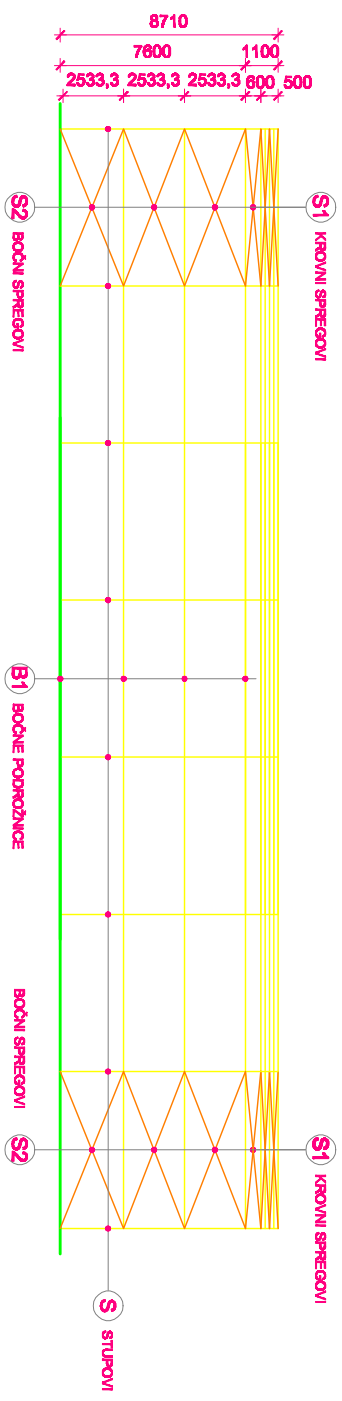
# TLOCRTNI PRIKAZ



# GENERALNI PLAN POZICIJA M1:200



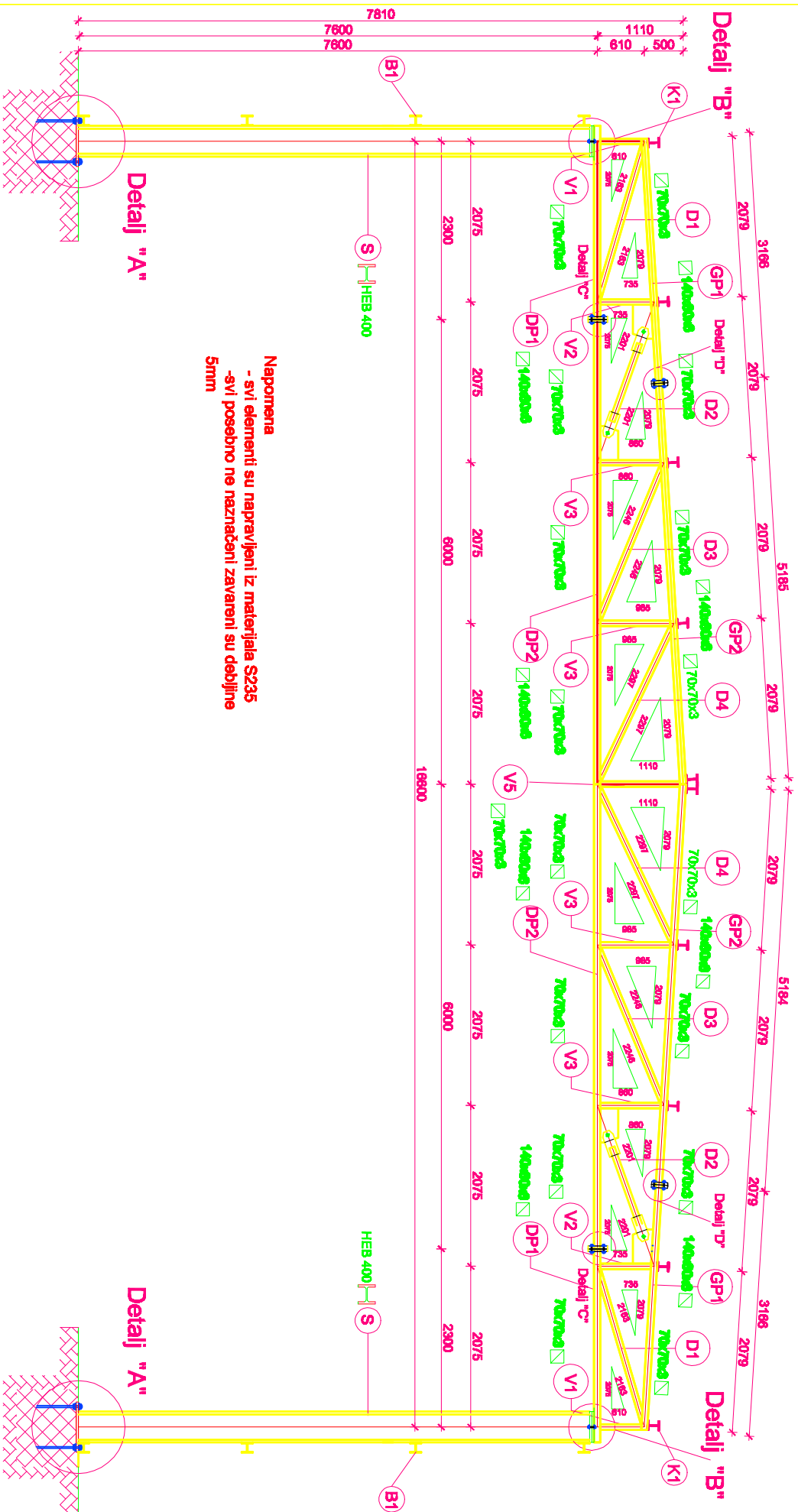
POGLED 1-1



Školski zavod za građevinarstvo i arhitekturu  
 Sveučilište u Zagrebu  
 Fakultet građevinarstva i arhitekture  
 20000 Zagreb, Matije Gupca 10

|             |  |                                      |  |
|-------------|--|--------------------------------------|--|
| TEMA        |  | Osnove metalnih konstrukcija         |  |
| STUDENT     |  | Dobrota Kević 4088                   |  |
| BAVIO SE    |  | Projektiranje i dimenzioniranje hale |  |
| Mjerna lica |  | 1:200                                |  |
| Broj naloga |  | 1                                    |  |
| Datum       |  | 2014/2015                            |  |

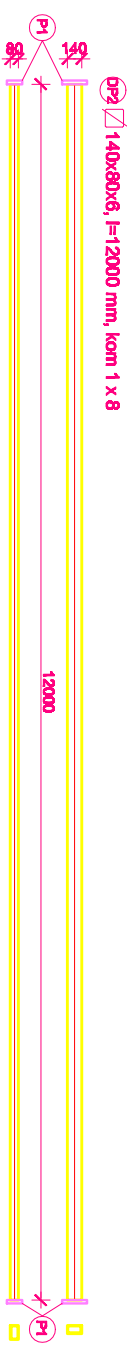
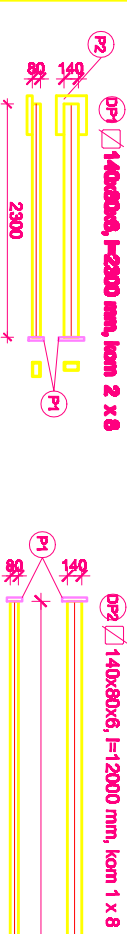
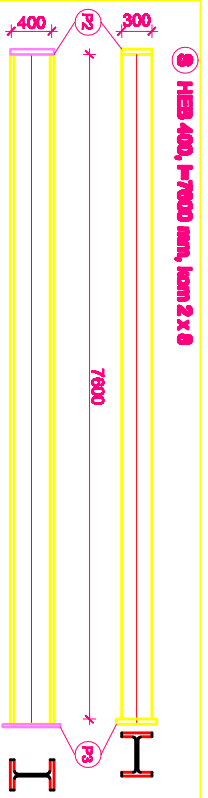
# PRESJEK KROZ GLAVNI OKVIR M 1:50



**Napomena**  
 - svi elementi su napravljeni iz materijala S235  
 - svi posebno ne naznačeni završeni su debljine 5mm

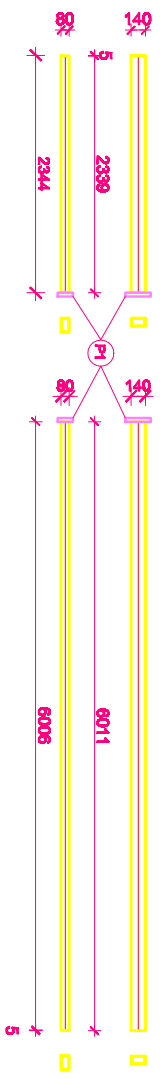
|  |   |
|--|---|
|  |   |
| <b>Omotev metalnih konstrukcija</b>  |   |
| TEMA   | <b>PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE</b> |
| STUDENT  | Đokica Kević 4088                           |
| BAVIO SE   | Presjek kroz glavni okvir                   |
| MASŠTO   | 1:50  |
| BRIG RUCIOVA   |   |
| AKCIJSKI BROJ  | 2014/2016                                   |
| STRANICA   | 2   |

# RADIONIČKI NACRT KONSTRUKCIJE M 1:50

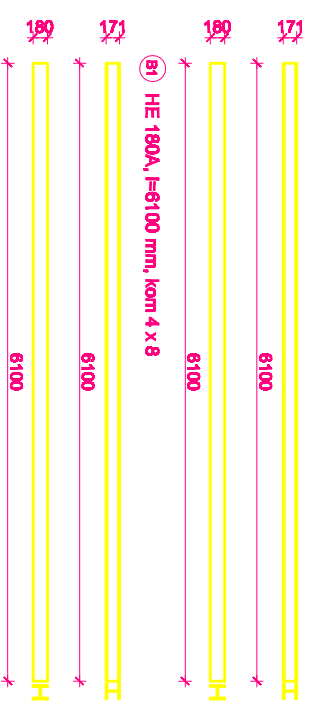


DP1  $\square$  140x80x6, l=2300 mm, kom 2 x 8

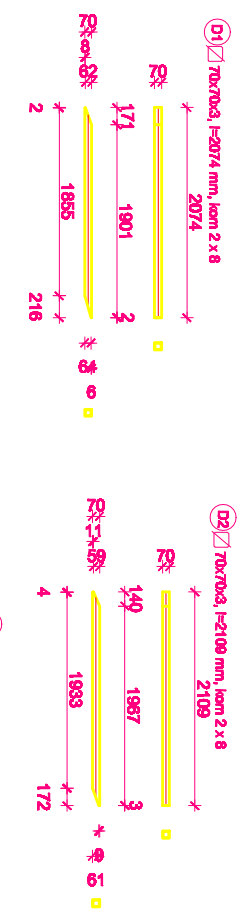
DP2  $\square$  140x80x6, l=6011 mm, kom 2 x 8



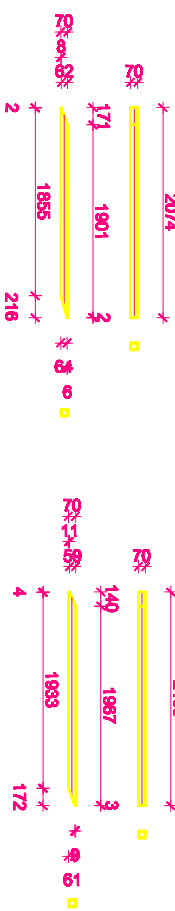
K1 HE 180A, l=6100 mm, kom 10 x 8



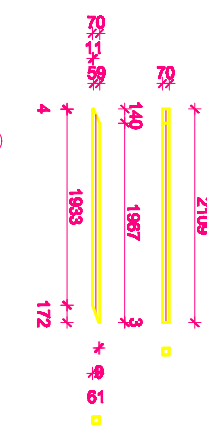
B1 HE 190A, l=6100 mm, kom 4 x 8



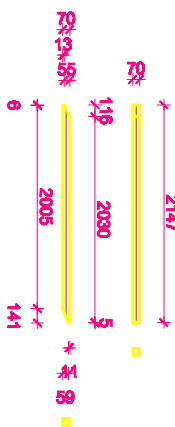
D1  $\square$  70x70x3, l=2074 mm, kom 2 x 8



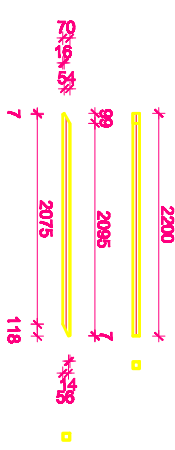
D2  $\square$  70x70x3, l=2108 mm, kom 2 x 8



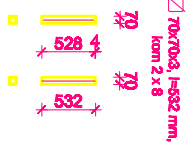
D3  $\square$  70x70x3, l=2147 mm, kom 2 x 8



D4  $\square$  70x70x3, l=2200 mm, kom 2 x 8



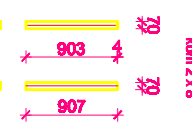
V1  $\square$  70x70x3, l=832 mm, kom 2 x 8



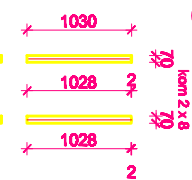
V2  $\square$  70x70x3, l=832 mm, kom 2 x 8



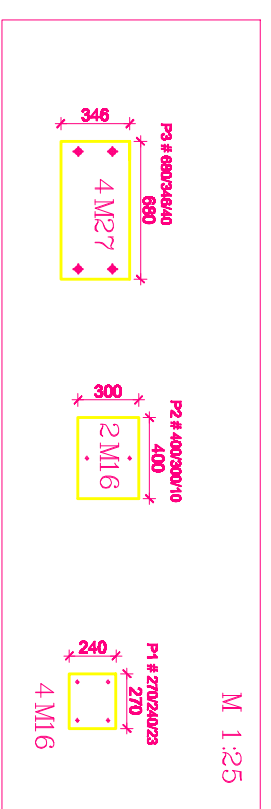
V3  $\square$  70x70x3, l=832 mm, kom 2 x 8



V4  $\square$  70x70x3, l=832 mm, kom 2 x 8



V5  $\square$  70x70x3, l=832 mm, kom 2 x 8



M 1:25

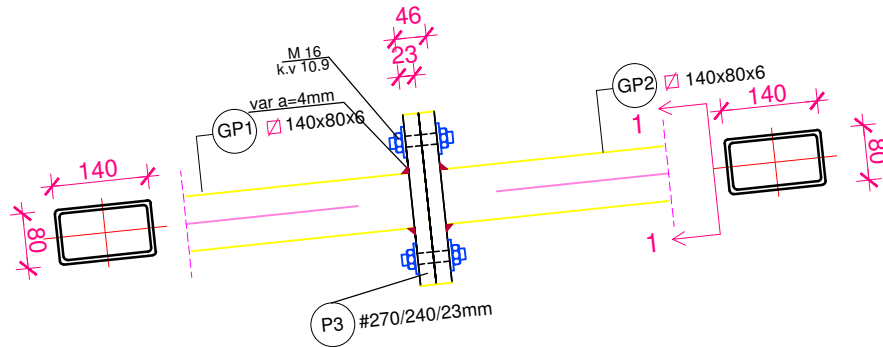


|  |   |
|--|---|
| Projekat: <b>PROJEKTOVANJE I DIMENZIONOVANJE HALE</b><br>Datum: <b>Krajić 4088</b> |   |
| Tekma: <b>STUDENT</b><br>Autor: <b>Radičonički nacrt glavnog okvira</b>            | Mesto: <b>BRUJ PULCOVA</b><br>Datum: <b>2014/2015</b> |
| Broj: <b>118</b>   | Stranica: <b>3</b>                                    |

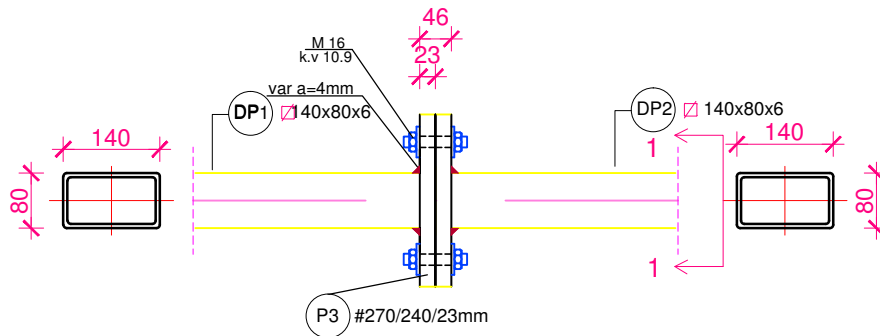
# DETALJ SPOJA M 1:10

## DETALJ "C" VLAČNI NASTAVAK REŠETKE DONJEG I GORNJEG POJASA

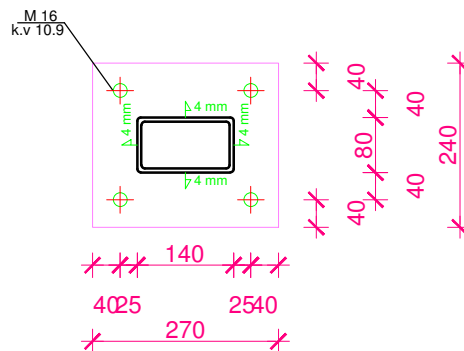
POGLED GORNJI POJAS




POGLED DONJI POJAS



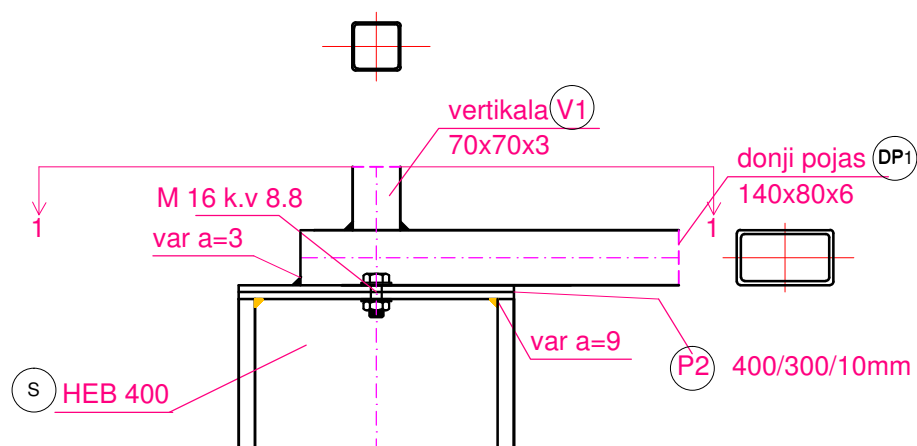
PRESJEK 1-1



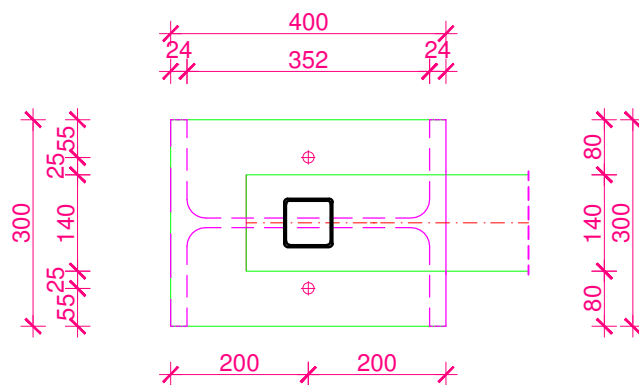
|  |                              |                                      |
|--|------------------------------|--------------------------------------|
|  <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU<br/>GRAĐEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET<br/>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p> | Osnove metalnih konstrukcija |                                      |
|  | TEMA                         | PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE |
|  | STUDENT                      | Dolores Klarić; 4036                 |
|  | SADRŽAJ                      | Detalj spoja "B"                     |
|  | AK.GODINA                    | 2014/2015                            |
|  | MJERILO                      | 1:10                                 |
|  | BROJ PRILOGA                 | 4                                    |


# DETALJ SPOJA M 1:10

## DETALJ "B" ZGLOBNI SPOJ STUPA S REŠETKOM



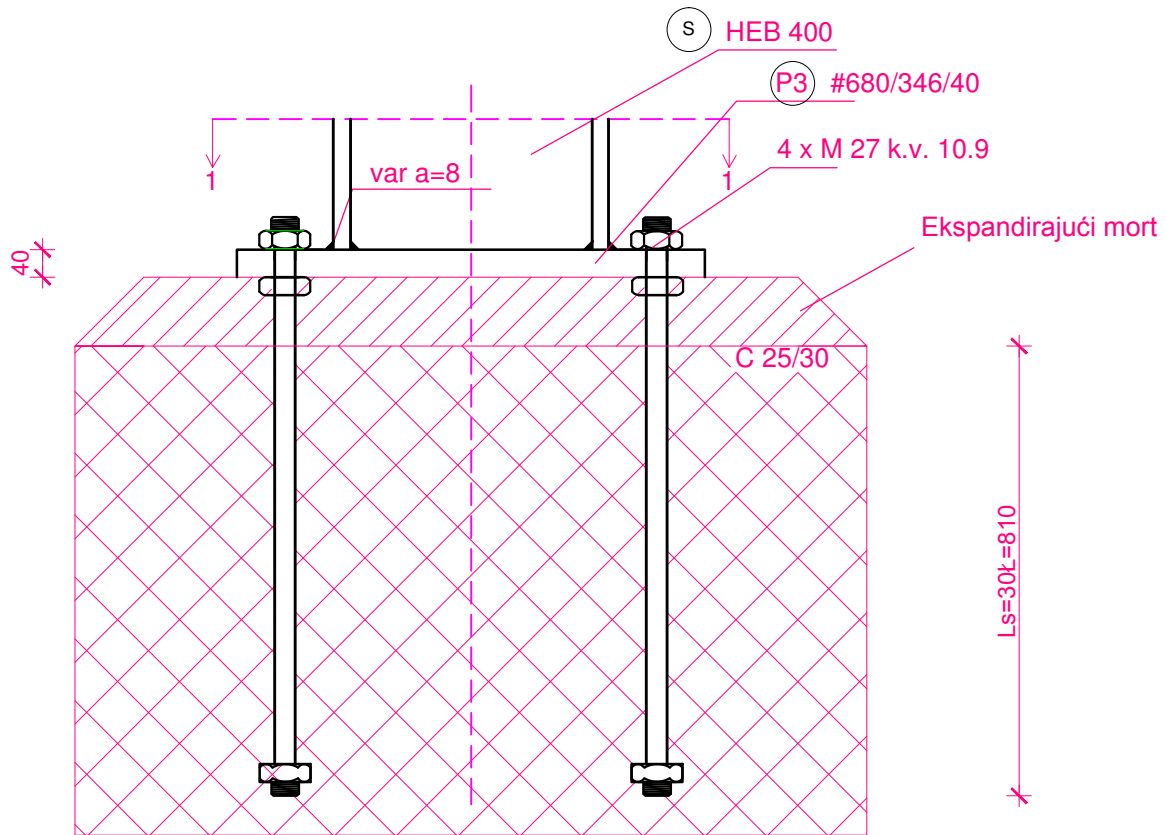
### PRESJEK 1-1



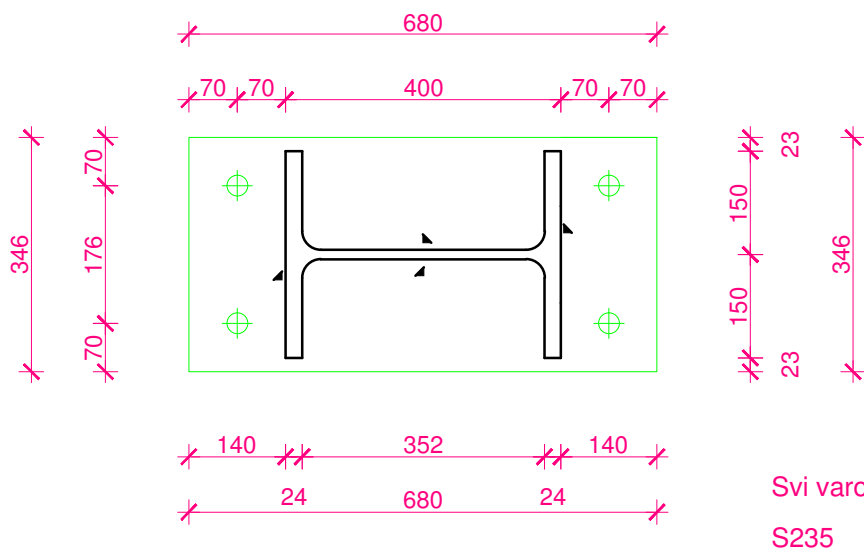
|  |                              |                                      |
|--|------------------------------|--------------------------------------|
| <br>SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>GRADEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 | Osnove metalnih konstrukcija |                                      |
|  | TEMA                         | PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE |
|  | STUDENT                      | Dolores Klarić; 4036                 |
|  | SADRŽAJ                      | Detalj spoja "B"                     |
|  | AK.GODINA                    | 2014/2015                            |
|  | MJERILO                      | 1:10                                 |
|  | BROJ PRILOGA                 | 5                                    |


# DETALJ SPOJA M 1:10

## DETALJ "A" UPETI SPOJ STUPA S TEMELJEM



### PRESJEK 1-1



|  |                              |                                      |
|--|------------------------------|--------------------------------------|
| <br>SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>GRAĐEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 | Osnove metalnih konstrukcija |                                      |
|  | TEMA                         | PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE |
|  | STUDENT                      | Dolores Klarić; 4036                 |
|  | SADRŽAJ                      | Detalji spoja "A"                    |
|  | AK.GODINA                    | 2014/2015                            |
|  | MJERILO                      | 1:10                                 |
|  | BROJ PRILOGA                 | 6                                    |



**TABLICA PREDMJERA MATERIJALA  
ZA JEDAN OKVIR (DUŽINSKI  
ELEMENTI)**

| TABLICA PREDMJERA MATERIJALA ZA JEDAN OKVIR (DUŽINSKI ELEMENTI) |          |             |        |                    |                    |
|---|----------|-------------|--------|--------------------|--------------------|
| POZICIJA  | PROFIL   | DUŽINA (mm) | KOMADA | JED. TEŽINA (kg/m) | UKUPNA TEŽINA (kg) |
| Stup S  | HEB 400  | 7600        | 2      | 155,27             | 2360,104           |
| Donji pojas DP1   | 140x80x6 | 2300        | 2      | 19,30              | 88,78              |
| Donji pojas DP2   | 140x80x6 | 12000       | 1      | 19,30              | 231,6              |
| Gornji pojas GP1  | 140x80x6 | 2344        | 2      | 19,30              | 90,47              |
| Gornji pojas GP2  | 140x80x6 | 6012        | 2      | 19,30              | 232,06             |
| Vertikala V1  | 70x70x3  | 464         | 2      | 6,24               | 5,79               |
| Vertikala V2  | 70x70x3  | 589         | 2      | 6,24               | 7,35               |
| Vertikala V3  | 70x70x3  | 714         | 2      | 6,24               | 8,91               |
| Vertikala V4  | 70x70x3  | 839         | 2      | 6,24               | 10,47              |
| Vertikala V5  | 70x70x3  | 1000        | 1      | 6,24               | 6,24               |
| Dijagonala D1   | 70x70x3  | 1971        | 2      | 6,24               | 24,60              |
| Dijagonala D2   | 70x70x3  | 2012        | 2      | 6,24               | 25,11              |
| Dijagonala D3   | 70x70x3  | 2052        | 2      | 6,24               | 25,61              |
| Dijagonala D4   | 70x70x3  | 2091        | 2      | 6,24               | 26,10              |

| TABLICA PREDMJERA MATERIJALA ZA JEDAN OKVIR (PLOČICE) |                |             |        |                                  |                    |
|---|----------------|-------------|--------|----------------------------------|--------------------|
| POZICIJA  | DIMENZIJE (mm) | DUŽINA (mm) | KOMADA | JED. TEŽINA (kg/m <sup>3</sup> ) | UKUPNA TEŽINA (kg) |
| Pločica P1  | 270x240x23     | -           | 8      | 7850                             | 93,60              |
| Pločica P2  | 400x300x10     | -           | 4      | 7850                             | 37,68              |
| Pločica P3  | 680x346x40     | -           | 2      | 7850                             | 153,73             |
| UKUPNO (kg)   |                |             |        |                                  | 3328,20            |
| + 5,0 % spojna sredstva                               |                |             |        |                                  | 3494,61            |

| TABLICA PREDMJERA MATERIJALA ZA SEKUNDARNU<br>KONSTRUKCIJU |         |             |        |                  |                  |
|--|---------|-------------|--------|------------------|------------------|
| POZICIJA   | PROFIL  | DUŽINA (mm) | KOMADA | JED. MASA (kg/m) | UKUPNA MASA (kg) |
| K1   | HE 180A | 6100        | 70     | 35,5             | 15158,5          |
| BP   | HE 180A | 6100        | 56     | 35,5             | 12126,8          |
| S1   | φ33     | 7856        | 8      | 6,71             | 411,71           |
| S2   | φ33     | 6618        | 12     | 6,71             | 522,88           |
| Ukupno (kg)  |         |             |        |                  | 28219,89         |