

# Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale

---

Njavro, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

*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:123:099557>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-01**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

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

# **ZAVRŠNI RAD**

**Luka Njavro**

**Split, 2024.**

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

**Luka Njavro**

**Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale**

**Završni rad**

**Split, 2024.**

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Luka Njavro

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083226165

KATEDRA: **Katedra za metalne i drvene konstrukcije**

PREDMET: Osnove metalnih konstrukcija

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale

Opis zadatka: Prema zadanim podacima potrebno je dimenzionirati čeličnu halu koja se sastoji od glavne nosive konstrukcije, sekundarnih nosača te spregova konstrukcije.

Način izvedbe: montažno

Osnovni materijal: S 275

Objekt se nalazi na području Rijeke

Razmak okvira: 5,3 (m)

U Splitu, 15.3.2024.

Voditelj Završnog rada:

Prof.dr.sc. Ivica Boko

# Proračun čelične konstrukcije proizvodne hale

## ***Sažetak:***

Projektirana je čelična hala smještena u Rijeci, pri čemu su dimenzionirani glavni nosivi elementi, sekundarni nosači, spregovi i temelji. Proračun je proveden prema graničnom stanju nosivosti (GSN) i uporabljivosti (GSU). Konstrukcija je podložna stalnim (vlastita težina i dodatna stalna opterećenja) i promjenjivim opterećenjima (snijeg i vjetar). Unutarnje sile su izračunate korištenjem programa „SCIA Engineer 23.0“.

## ***Ključne riječi:***

Čelik, hala, nosiva konstrukcija, rešetka, stup, podrožnice, spregovi, dimenzioniranje, spojevi.

# Design of a steel manufacturing hall

## ***Abstract:***

A steel hall located in Rijeka has been designed, including the main supporting structure, secondary beams, bracing, and foundations. The design was based on the ultimate limit state (ULS) and serviceability limit state (SLS). The structure is subjected to permanent loads (self-weight and additional permanent loads) and variable loads (snow and wind). The internal forces were calculated using the software “SCIA Engineer 23.0.”

## ***Keywords:***

Steel, hall, load-bearing structure, grating, column, purlins, bracings, design, joints.

# Sadržaj

<b>1.</b>	<b>TEHNIČKI OPIS</b>	<b>1</b>
1.1.	OPIS KONSTRUKCIJE	1
1.1.1	OPĆENITO-GEOMETRIJA	1
1.1.2	KONSTRUKTIVNI ELEMENI	2
1.1.3	SPOJEVI	2
1.2	STATIČKA ANALIZA SUSTAVA	3
1.3	MATERIJALI	3
1.4	PRIMJENJENI PROPISI	3
1.5	ANTI-KOROZIJSKA ZAŠTITA	4
1.6	MONTAŽA I TRANSPORT	4
1.7	ZAŠTITA OD POŽARA	4
<b>2</b>	<b>ANALIZA OPTEREĆENJA</b>	<b>5</b>
2.1	GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA (OKVIR)	5
2.1.1	STALNO OPTEREĆENJE	5
2.1.2	PROMJENJIVO OPTEREĆENJE	6
<b>3</b>	<b>KONTROLA PROGIBA</b>	<b>14</b>
3.1	VERTIKALNI PROGIB	14
3.2	HORIZONTALNI PROGIB	14
<b>4</b>	<b>DIJAGRAMI REZIH SILA ZA KOMBINACIJE DJELOVANJA (GSN)</b>	<b>15</b>
4.1	GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA	15
4.1.1	KOMBINACIJA $1,35*(G_0+G_1)+0,9 W_{Pritiskajući} + 1,5 S$	15
4.1.2	KOMBINACIJA $1,35*(G_0+G_1) + 0,9 S + 1,5 W_{Pritiskajući}$	17
4.1.3	KOMBINACIJA $1,0*(G_0+G_1) + 1,5 W_{Odižući}$	18
4.2	SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA	19
4.2.1	ZABATNI STUPOVI	19
4.2.2	KROVNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI	21
4.2.3	BOČNI (VERTIKALNI) SPREGOVI	22
4.2.4	KROVNA PODROŽNICA	23
4.2.5	BOČNA PODROŽNICA	25
<b>5</b>	<b>DIMENZIONIRANJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE PREMA GRANIČNOM STANJU NOSIVOSTI</b>	<b>27</b>
5.1	GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA	27
5.1.1	GORNJI POJAS REŠETKE (GP)	27
5.1.2	DONJI POJAS REŠETKE (DP)	29
5.1.3	DIJAGONALE REŠETKE (D)	30
5.1.4	VERTIKALE REŠETKE (V)	32
5.1.5	STUPOVI OKVIRA (S)	34
5.2	SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA	38
5.2.1	ZABATNI STUPOVI (ZS)	38
5.2.2	KROVNI SPREGOVI (KSD)	40
5.2.3	BOČNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI (ZATEGE) (BS)	41
5.2.4	KROVNE PODROŽNICE (KP)	42
5.2.5	BOČNE PODROŽNICE (BP)	44
<b>6</b>	<b>DIMENZIONIRANJE SPOJEVA ELEMENATA KONSTRUKCIJE</b>	<b>47</b>
6.1	UPETI SPOJ TEMELJ – STUP	47
6.2	VLAČNI NASTAVAK REŠETKE	50
6.3	SPOJ STUP - REŠETKA	52
6.4	SPOJ KROVNE PODROŽNICE NA GORNJI POJAS	55
6.5	NASTAVAK KROVNE PODROŽNICE	57



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Luka Njavro

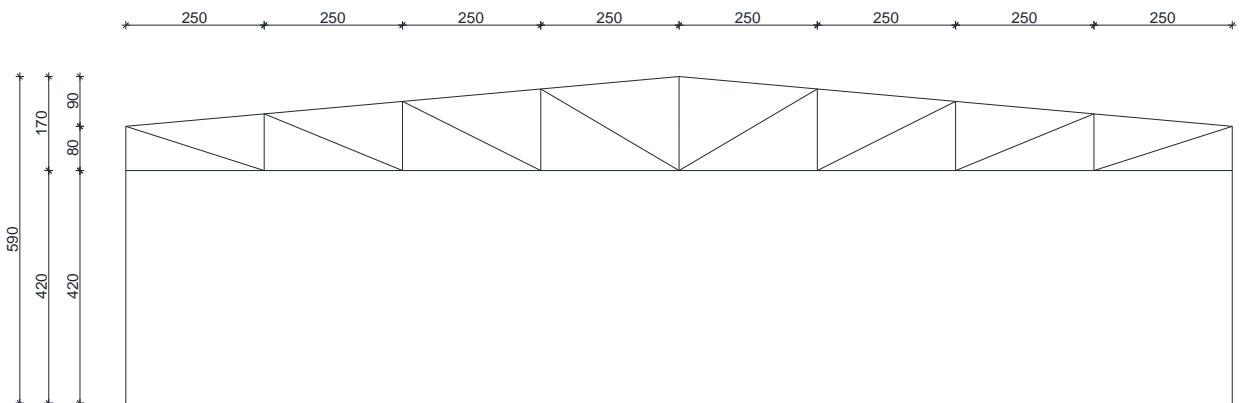
<b>7</b>	<b>LITERATURA</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b>NACRTI</b>	<b>62</b>

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. OPIS KONSTRUKCIJE

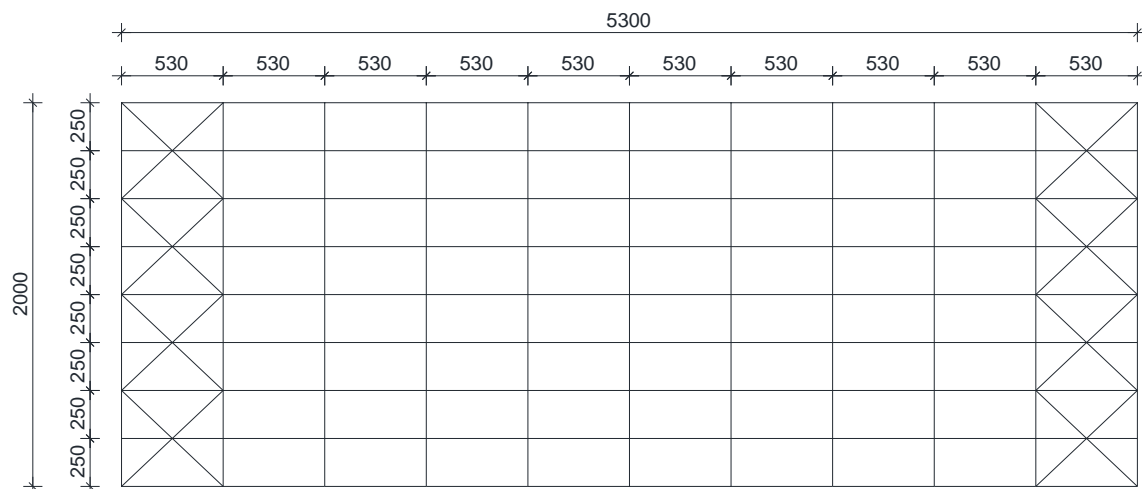
### 1.1.1 OPĆENITO-GEOMETRIJA

Tlocrtna dimenzija je 20,0 x 53,0 (m), a visina iznosi 5,9 (m). Krovna ploha je u odnosu na horizontalnu ravninu nagnuta pod kutom  $\alpha = 5,14^\circ$ , što je ekvivalentno nagibu od 9%.



Slika 1 - Prikaz glavnog nosača

Glavni nosivi sustav hale je zamišljen kao sustav 11 ravninskih rešetki raspona 20 (m), stabilnih u svojoj ravnini, na međusobnom osnom razmaku od 5,30 (m).



Slika 2 - Tlocrtni prikaz konstrukcije

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 aluminijski sendvič paneli. Stupovi i grede su nosači međusobno spojeni upetim vezama zbog zahtjeva uporabljivosti same hale. Spoj stupa sa temeljem ostvaren je također upetom vezom.



## **1.1.2 KONSTRUKTIVNI ELEMETNI**

### **1.1.2.1 GLAVNA REŠETKA**

Glavne rešetke su dimenzionirane da prime utjecaj od vlastite težine čitave konstrukcije i opterećenja od snijega i vjetra. Profili gornjeg pojasa su kvadratnog šupljeg poprečnog presjeka CFRHS 100×100×8 (mm), a donjeg pojasa CFRHS 100×100×8 (mm) spojeni u čvorovima. Profili vertikala su kvadratnog šupljeg presjeka CFRHS 40×40×4 (mm), dok su profili dijagonala također kvadratnog šupljeg presjeka CFRHS 60×60×4(mm). Sami elementi geometrije prikazani su na generalnom planu pozicija.

### **1.1.2.2 STUPOVI**

Proračunom su odabrani stupovi valjanih I profila HEA240 ukupne dužine 4,1 (m).

### **1.1.2.3 SEKUNDARNI KROVNI NOSAČI**

Proračunom su odabrani sekundarni krovni nosači (podrožnice) valjanih I profila IPE180.

### **1.1.2.4 SEKUNDARNI BOČNI NOSAČI**

Proračunom su odabrani sekundarni bočni nosači (podrožnice) valjanih I profila IPE 160.

### **1.1.2.5 SPREGOVI**

Dijagonale krovnog i bočnog sprega su odabrani okrugli puni profili promjera 12(mm).

### **1.1.2.6 TEMELJI**

Proračunom su odabrani temelji dimenzija 2×2×1 (m).

## **1.1.3 SPOJEVI**

### **1.1.3.1 SPOJ STUP-TEMELJ**

Spoj se izvodi podložnom pločom dimenzija 450/300/30 (mm) navarenom na kraj stupa i pričvršćenom vijcima M20 k.v. 5,6. nosivim na vlak i odrez, te sidrenim u armirano–betonski temelj. Između podložne ploče i armirano–betonskog temelja podlijeva se ekspandirajući mort.

### **1.1.3.2 SPOJ VLAČNI NASTAVAK REŠETKE**

Vlačni nastavak rešetke ostvaruje se s dvije čeone pločice dimenzija 250/250/12 (mm) i vijcima M20 k.v. 5,6 nosivim na vlak i odrez.

### **1.1.3.3 SPOJ STUP-REŠETKA**

Spoj stupa i donjeg pojasa rešetke ostvaruje se čeonom pločom dimenzija 300x400x10 i vijcima M12 k.v. 5.6 nosivim na vlak i odrez.

### **1.1.3.4 NASTAVAK KROVNE PODROŽNICE**

Spoj se izvodi navarivanjem ploče dimenzija 300x150x10 na krajeve podrožnica međusobno pričvršćenim vijcima M12 k.v. 5.6 nosivim na vlak i odrez.

### 1.1.3.5 SPOJ KROVNE PODROŽNICE I GORNJEG POJASA

Spoj se izvodi navarivanjem ploče dimenzija 200x91x10 na element gornjeg pojasa. Međusobno se povezuju pločica i pojasnica podrožnice vijcima M12 k.v. 5.6 nosivim na vlak i odrez

## 1.2 STATIČKA ANALIZA SUSTAVA

Proračun je izvršen prema EC 1.

Konstrukcija je izložena djelovanju sljedećih opterećenja: vlastita težina, vjetar i snijeg. Predmetna građevina se nalazi na području Rijeke, do 100 m nadmorske visine.

Odgovarajući koeficijenti za vjetar i snijeg uzeti su prema tome iz propisanih tablica. Za statički proračun upotrijebljena je kombinacija s najvećim utjecajem, dakle vlastita težina konstrukcije + djelovanje snijega + djelovanje vjetra. Proračun reznih sila je pomoću računalnog programa Scia Engineer, na način da vertikale i dijagonale prenose samo uzdužnu silu.(FEM type-Axial force only).

Izvršena je analiza bočnog opterećenja u kombinaciji s vjetrom koji djeluje okomito na glavni nosač i izbočava ga. Cilj ovog proračuna je prostorna stabilizacija konstrukcije.

## 1.3 MATERIJALI

Svi elementi konstrukcije (glavni nosivi okvir i spojne ploče) izrađeni su od građevinskog čelika S275.

Temelji su izrađeni od armiranog betona klase C25/30, s betonskim čelikom B500B kao armaturom. Na spoju stupa i temelja koristi se ekspandirajući mort.

## 1.4 PRIMJENJENI PROPISI

Proračun čelične konstrukcije hale proveden je prema sljedećim propisima:

### *Analiza opterećenja*

građevine	HR EN 1991-2-1	vlastita težina
	HR EN 1991-2-3	djelovanje snijega na konstrukciju
	HR EN 1991-2-4	djelovanje vjetra na konstrukciju

### *Dimenzioniranje*

HR EN 1993	dimenzioniranje čeličnih konstrukcija
HR EN 1992	dimenzioniranje armirano-betonskih konstrukcija

## **1.5 ANTIKOROZIJSKA ZAŠTITA**

Zaštitu čelične konstrukcije od korozije treba provesti u skladu s normama HRN EN ISO 12944. Kao vrsta zaštite od korozije odabrana je zaštita pocinčavanjem. Ukupna debljina zaštitnog sloja usvaja se 200  $\mu\text{m}$ .

## **1.6 MONTAŽA I TRANSPORT**

Posebnu pažnju treba obratiti na montažu i transport da bi se izbjegla nepotrebna oštećenja. Izvođač je dužan izraditi plan montaže nosača kojeg treba zajedno s transportnim planom dostaviti nadzornoj službi na suglasnost. Glavni nosači se izrađuju na podu, zatim se pomoću dizalice podižu u vertikalni položaj i to tako da se podignu prvo glavni nosači povezani spregom, a nakon toga ostali. Konačno na već postavljenu konstrukciju postavlja se pokrov. Nosači se trebaju transportirati u takvom položaju u kakvom će kasnije primiti opterećenje.

## **1.7 ZAŠTITA OD POŽARA**

U svrhu produljenja zagrijavanja konstruktivnih elemenata predmetne hale, svi takvi elementi moraju se zaštititi posebnim premazima otpornim na visoke temperature. Također je potrebno opremiti objekt za slučaj nastanka požara uređajima za najavu požara kao i opremom za njegovo gašenje.

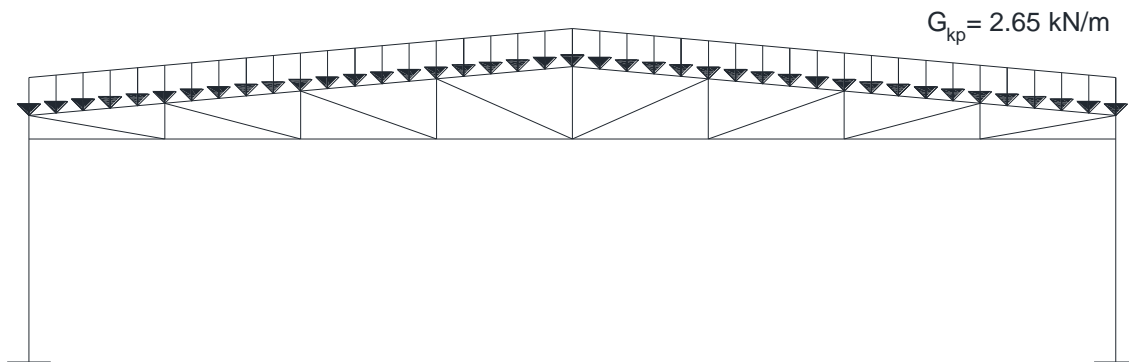
## 2 ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1 GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA (OKVIR)

#### 2.1.1 STALNO OPTEREĆENJE

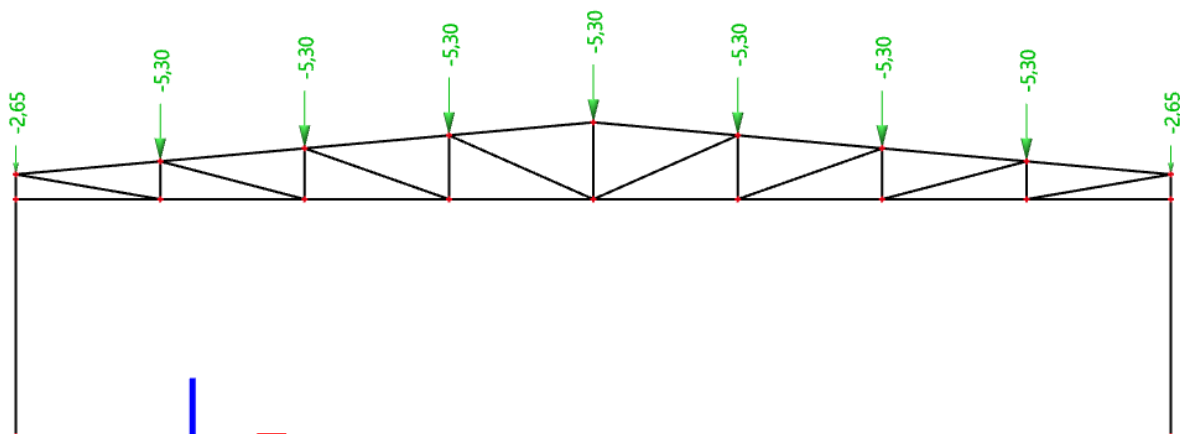
- sendvič paneli (aluminij) .....	0,20	kN/m <sup>2</sup>
- sekundarna konstrukcija i spregovi .....	0,20	kN/m <sup>2</sup>
- instalacije .....	0,10	kN/m <sup>2</sup>
	$\Sigma =$	0,50 kN/m <sup>2</sup>

$$G_{kp} = 0,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 5,3 \text{ m} = 2,65 \text{ kN/m'}$$



Slika 3 - Stalno opterećenje pročelja

$$G_d = 2,65 \cdot 2,0 = 5,3 \text{ kN}$$



## 2.1.2 PROMJENJIVO OPTEREĆENJE

### 2.1.2.1 DJELOVANJE SNIJEGA

$$s = s_k * \mu_i * c_e * c_t \text{ [ kN/m}^2 \text{ ]}$$

$s_k \Rightarrow$  karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u  $\text{kN/m}^2$

$s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2 \Leftrightarrow$  za Rijeku, od 0-100 m nadmorske visine

- Nagib krova :

$\mu_i \Rightarrow$  koeficijent oblika za opterećenje snijegom , očitamo ga ovisno o  $\alpha$ ,

$\alpha$  je nagib krova

$$\text{tg} \alpha = 9/100 = 0,09 \rightarrow \alpha = 5,00^\circ ;$$

$\mu_i = 0,8 \Leftrightarrow$  za nagib krova  $0^\circ < \alpha < 15^\circ \quad \alpha_1 = \alpha_2$

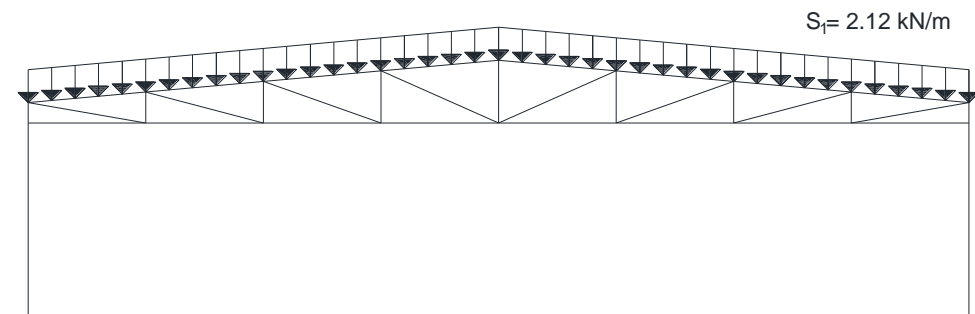
$c_e \Rightarrow$  koeficijent izloženosti (uzima se 1,0)

$c_t \Rightarrow$  toplinski koeficijent (uzima se 1,0)

Opterećenje snijegom preko cijele krovne površine:  $s_1 = 0,5 * 1,0 * 1,0 * 0,8 = 0,4 \text{ [ kN/m}^2 \text{ ]}$

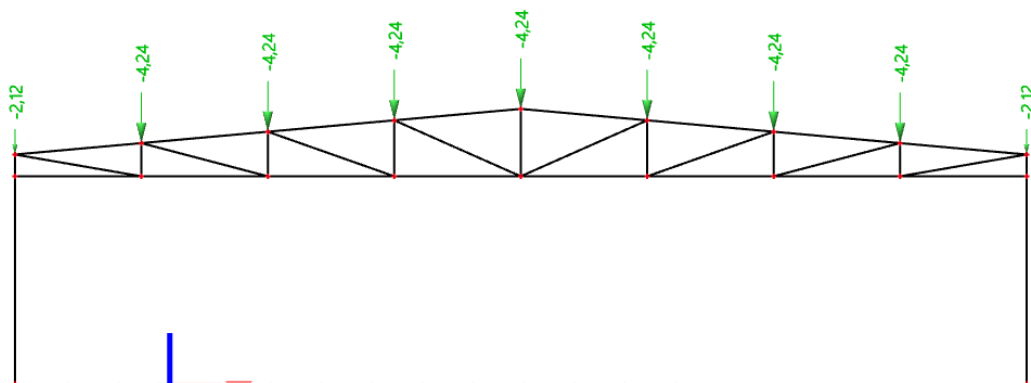
Raspodijeljena sila na glavni nosač:

$$S_1 = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot 5,3 \text{ m} = 2,12 \text{ kN/m}$$



Slika 4 - Opterećenje snijegom pročelja

$$S_d = 2,12 * 2,0 = 4,24 \text{ Kn}$$



### 2.1.2.2 OPTEREĆENJE VJETROM

$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$  [ kN/m<sup>2</sup> ] - pritisak vjetra na vanjske površine

$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$  [ kN/m<sup>2</sup> ] - pritisak vjetra na unutarnje površine

$q_{p(z_e)}$  => pritisak brzine vjetra pri udaru

$z_e$  => referentna visina za vanjski(unutarnji) pritisak

$c_{pe}$  => vanjski koeficijent pritiska

$c_{pi}$  => unutarnji koeficijent pritiska

Određivanje pritiska brzine vjetra pri udaru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$\rho$  => gustoća zraka(usvaja se  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ )

$v_b$  => osnovna brzina vjetra

$$v_b = c_{season} \cdot c_{dir} \cdot v_{b,0} \text{ (m/s)}$$

$v_{b,0}$  => fundamentalna vrijednost brzine vjetra(očitano s karte  $v_{b,0} = 25 \text{ (m/s)}$ )

$c_{dir}$  => faktor smjera vjetra(uzima se 1,0)

$c_{season}$  => faktor doba godine(uzima se 1,0)

$$v_b = 25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 25 \text{ (m/s)}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 0,391 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$c_{e(z)}$  => faktor izloženosti

$c_{e(z)} = 2,6$  (iz grafa za kategoriju zemljišta 0)

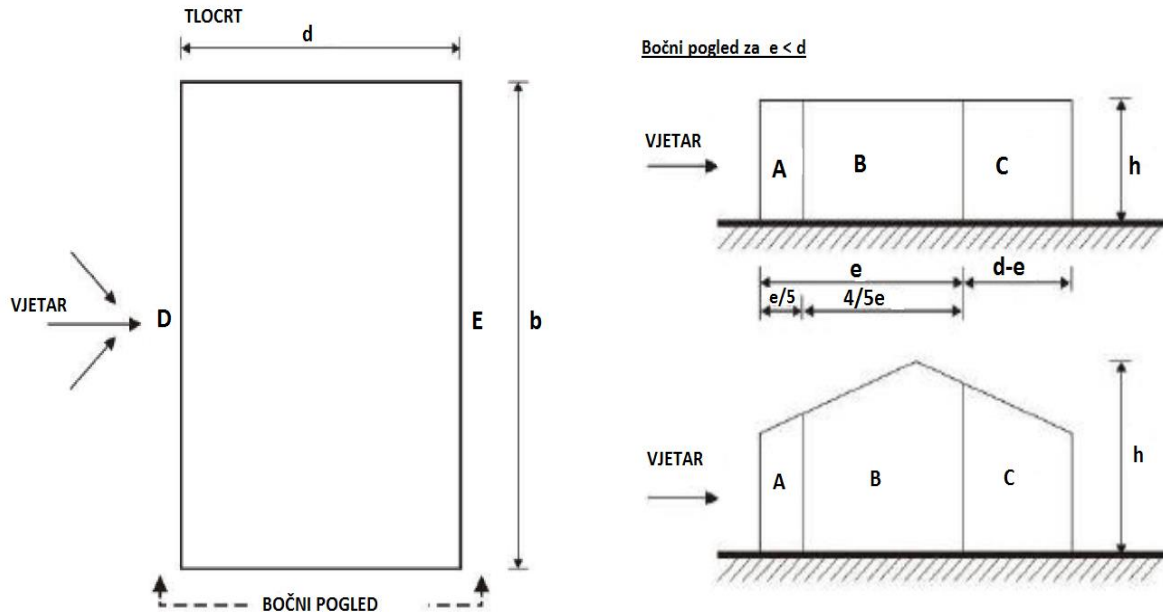
Pritisak brzine vjetra pri udaru:

$$q_p(z) = c_e \cdot q_b = 2,6 \cdot 0,391 = 1,017 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Budući da je odnos:

$$\frac{h}{L} = \frac{5,8}{20} = 0,29$$

-Parametar  $e$ :  $e = \min\{b; 2h\} = \min\{53; 11,6\} = 11,6m$



Tablica 1.: Vrijednosti koeficijenta vanjskog pritiska za vertikalne zidove:

Područje	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$\geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenome terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.  
Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.  
Za zgrade čiji je omjer  $h/d > 5$ , ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

-Očitavamo koeficijente vanjskog pritiska za zone (iz tablice 1.):

$h/L$	A	B	C	D	E
0,29	-1,2	-0,8	-0,5	0,71	-0,31

Kut nagiba krova:  $\alpha = 5,00^\circ$

Parametar  $e$ :  $e = 11,6$

Smjer vjetra:  $\theta = 0^\circ$

Tablica 6.: Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za područja dvostrešnog krova ( $\theta = 0$ ). (odsječena tablica)

5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	+0,2
	+0,0		+0,0		+0,0			-0,6

-Očitavamo koeficijente vanjskog pritiska za zone (iz tablice 6.):

<i>a</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>J</i>
5,00°	-1,7/+0,0	-1,2/+0,0	-0,6/+0,0	+0,2/-0,6

## REZULTANTNO DJELOVANJE VJETRA

PRVA KOMBINACIJA – neg. vani “+“ poz. unutra: (max odizanje)

$$D: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,71 - 0,2) = 0,519 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$E: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,31 + 0,2) = 0,519 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (1,7 + 0,2) = 1,932 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$G: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (1,2 + 0,2) = 1,424 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$H: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,6 + 0,2) = 0,814 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$J: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,6 + 0,2) = 0,814 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

DRUGA KOMBINACIJA – poz. vani “+“ poz. unutra :

$$D: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,71 - 0,2) = 0,509 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$E: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,31 + 0,2) = 0,519 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (1,7 + 0,2) = 1,932 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$G: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (1,2 + 0,2) = 1,424 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$H: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,6 + 0,2) = 0,814 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$J: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,2 - 0,2) = 0,0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



TREĆA KOMBINACIJA – neg. vani “+“ neg. unutra :

$$D: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,71 + 0,3) = 1,027 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$E: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,31 - 0,3) = 0,010 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (1,7 - 0,3) = 1,424 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$G: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (1,2 - 0,3) = 0,915 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$H: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,6 - 0,3) = 0,305 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$J: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,6 - 0,3) = 0,305 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ČETVRTA KOMBINACIJA – poz. vani “+“ neg. unutra : (max pritisak)

$$D: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,71 + 0,3) = 1,027 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$E: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,31 - 0,3) = 0,010 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (1,7 - 0,3) = 1,424 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$G: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (1,2 - 0,3) = 0,915 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$H: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,6 - 0,3) = 0,305 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$J: w = q_p \cdot (c_{pe} + c_{pi}) = 1,017 \cdot (0,2 + 0,3) = -0,509 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Sile u čvorovima od vjetra W1:

$$(1,424 \cdot 5,3 \cdot 1,16) + (0,814 \cdot 5,3 \cdot 0,095) = 9,165 \text{ (kN)} = w_1$$

$$(0,814 \cdot 5,3 \cdot 2,51) = 10,828 \text{ (kN)} = w_2$$

$$(0,814 \cdot 5,3 \cdot 2,51) = 10,828 \text{ (kN)} = w_3$$

$$(0,814 \cdot 5,3 \cdot 2,51) = 10,828 \text{ (kN)} = w_4$$

$$(0,814 \cdot 1,255 \cdot 5,3) = 5,414 \text{ (kN)} = w_5$$

$$(0,814 \cdot 1,255 \cdot 5,3) = 5,414 \text{ (kN)} = w_6$$

$$(0,814 \cdot 2,51 \cdot 5,3) = 10,828 \text{ (kN)} = w_7$$

$$(0,814 \cdot 2,51 \cdot 5,3) = 10,828 \text{ (kN)} = w_8$$

$$(0,814 \cdot 2,51 \cdot 5,3) = 10,828 \text{ (kN)} = w_9$$

$$(0,814 \cdot 1,255 \cdot 5,3) = 5,414 \text{ (kN)} = w_{10}$$

Sile vjetra na zid od vjetra W1:

*Područje D:*

$$W(D1) = 0,519 \cdot 0,4 \cdot 5,3 = 1,100 \text{ kN}$$

$$W(D2) = 0,519 \cdot (0,4 + 0,685) \cdot 5,3 = 2,985 \text{ kN}$$

$$W(D3) = 0,519 \cdot 1,37 \cdot 5,3 = 3,768 \text{ kN}$$

$$W(D4) = 0,519 \cdot 1,37 \cdot 5,3 = 3,768 \text{ kN}$$

$$W(D5) = \frac{W(D4)}{2} = 1,884 \text{ kN}$$

*Područje E:*

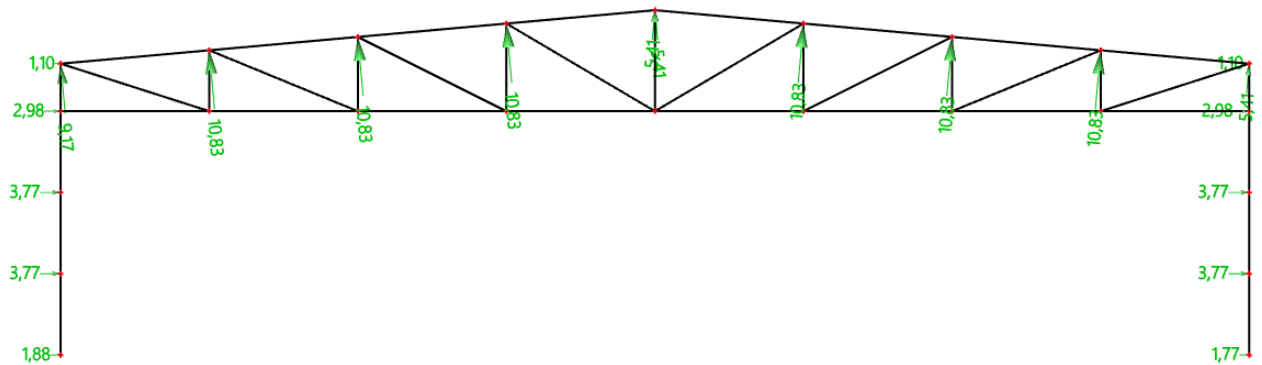
$$W(E1) = 0,519 \cdot 0,4 \cdot 5,3 = 1,100 \text{ kN}$$

$$W(E2) = 0,519 \cdot (0,4 + 0,685) \cdot 5,3 = 2,985 \text{ kN}$$

$$W(E3) = 0,519 \cdot 1,37 \cdot 5,3 = 3,768 \text{ kN}$$

$$W(E4) = 0,519 \cdot 1,37 \cdot 5,3 = 3,768 \text{ kN}$$

$$W(E5) = \frac{W(E4)}{2} = 1,884 \text{ kN}$$



Sile u čvorovima od vjetra W2:

$$(0,915 \cdot 5,3 \cdot 1,16) + (0,305 \cdot 5,3 \cdot 0,095) = 5,779 \text{ (kN)} = w_1$$

$$(0,305 \cdot 5,3 \cdot 2,51) = 4,057 \text{ (kN)} = w_2$$

$$(0,305 \cdot 5,3 \cdot 2,51) = 4,057 \text{ (kN)} = w_3$$

$$(0,305 \cdot 5,3 \cdot 2,51) = 4,057 \text{ (kN)} = w_4$$

$$(0,305 \cdot 1,255 \cdot 5,3) = 2,029 \text{ (kN)} = w_5$$

$$(-0,509 \cdot 1,255 \cdot 5,3) = -3,386 \text{ (kN)} = w_6$$

$$(-0,509 \cdot 2,51 \cdot 5,3) = -6,771 \text{ (kN)} = w_7$$

$$(-0,509 \cdot 2,51 \cdot 5,3) = -6,771 \text{ (kN)} = w_8$$

$$(-0,509 \cdot 2,51 \cdot 5,3) = -6,771 \text{ (kN)} = w_9$$

$$(-0,509 \cdot 1,255 \cdot 5,3) = -3,386 \text{ (kN)} = w_{10}$$

Sile vjetra na zid od vjetra W2:

Područje D:

$$W(D1) = 1,027 \cdot 0,4 \cdot 5,3 = 2,177 \text{ kN}$$

$$W(D2) = 1,027 \cdot (0,4 + 0,685) \cdot 5,3 = 5,906 \text{ kN}$$

$$W(D3) = 1,027 \cdot 1,37 \cdot 5,3 = 7,457 \text{ kN}$$

$$W(D4) = 1,027 \cdot 1,37 \cdot 5,3 = 7,457 \text{ kN}$$

$$W(D5) = \frac{W(D4)}{2} = 3,729 \text{ kN}$$

Područje E:

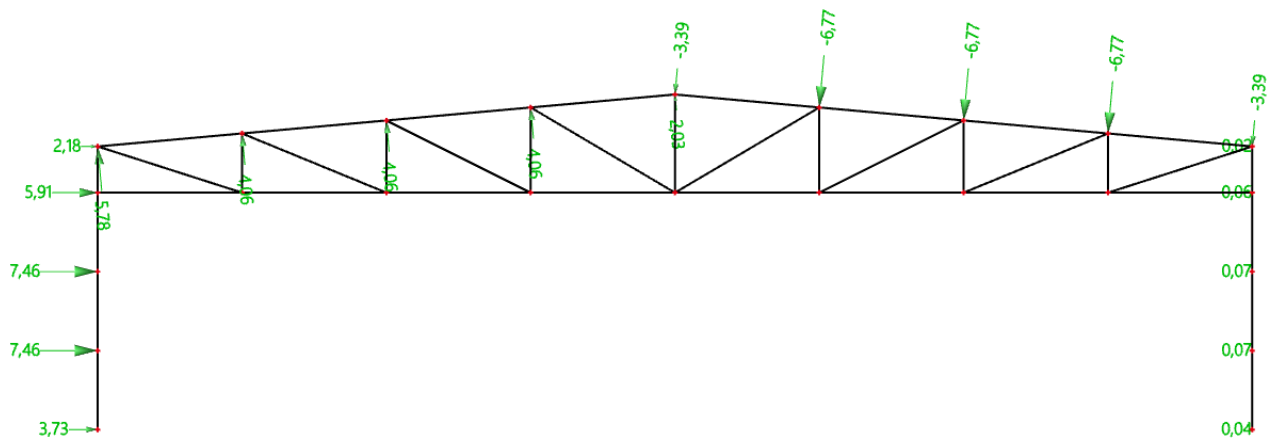
$$W(E1) = 0,010 \cdot 0,4 \cdot 5,3 = 0,021 \text{ kN}$$

$$W(E2) = 0,010 \cdot (0,4 + 0,685) \cdot 5,3 = 0,058 \text{ kN}$$

$$W(E3) = 0,010 \cdot 1,37 \cdot 5,3 = 0,073 \text{ kN}$$

$$W(E4) = 0,010 \cdot 1,37 \cdot 5,3 = 0,073 \text{ kN}$$

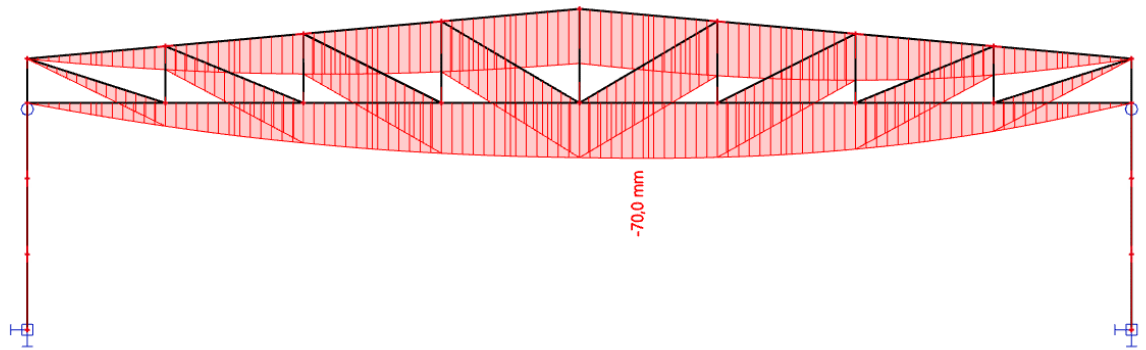
$$W(E5) = \frac{W(E4)}{2} = 0,036 \text{ kN}$$



### 3 KONTROLA PROGIBA

#### 3.1 VERTIKALNI PROGIB

1D deformations  
Values:  $u_y$   
Linear calculation  
Combination: PROGIB  
Coordinate system: Global  
Extreme 1D: Global  
Selection: All



Slika 5 - Vertikalni progib glavnog nosača

Najveći progib krovišta dobivamo za kombinaciju :  $1,0G_0 + 1,0G_1 + 1,0S + 1,0 W_{(PRITISKAJUĆI)}$

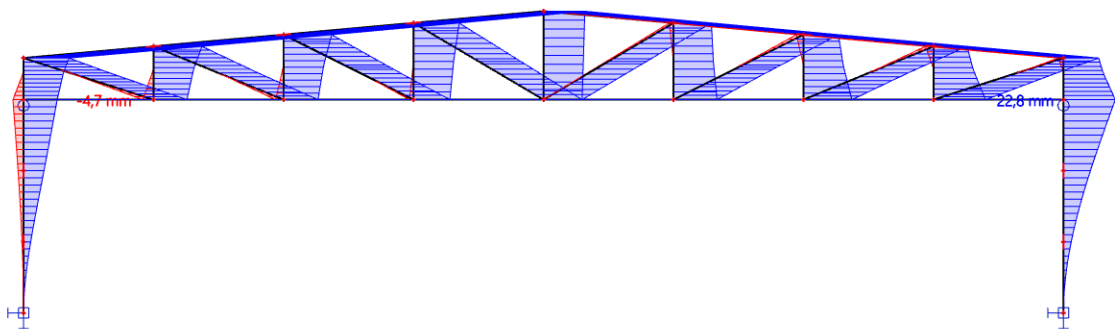
Dopušteni progib:  $L/250 = 20000\text{mm}/250 = 80\text{ mm}$

$$70/80 = 0,875 = 87,5\%$$

Najveći progib krovišta zadovoljava u odnosu na dopušteni sa iskoristivosti 87,5%

#### 3.2 HORIZONTALNI PROGIB

1D deformations  
Values:  $u_x$   
Linear calculation  
Combination: PROGIB  
Coordinate system: Global  
Extreme 1D: Global  
Selection: All



Slika 6 - Horizontalni progib glavnog nosača

Najveći progib krovišta dobivamo za kombinaciju : **1,0G<sub>0</sub> + 1,0G<sub>1</sub> + 1,0S + 1,0 W<sub>(PRITISKAJUĆI)</sub>**

Dopušteni progib:  $H/150 = 4100\text{mm}/150 = 27.33 \text{ mm}$

$$22,8/27,33 = 0,834 = 83,4\%$$

Najveći progib stupova zadovoljava u odnosu na dopušteni sa iskoristivosti 83,4%

Korišteni profili za GSU:

Stupovi- HEA 240

Donji pojas – CFRHS 50 x 50 x 5

Gornji pojas – CFRHS 50 x 50 x 4

Dijagonale – CFRHS 40 x 40 x 4

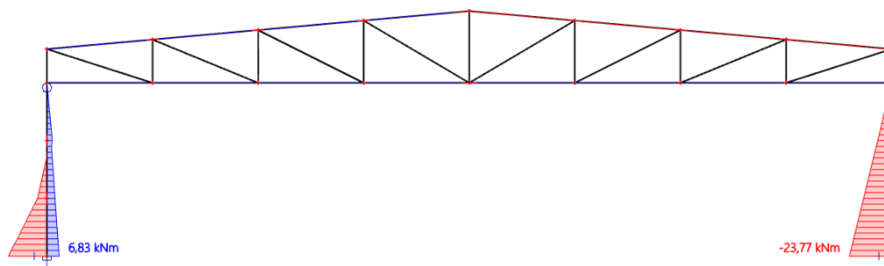
Vertikale – CFRHS 40 x 40 x 4

## 4 DIJAGRAMI REZIH SILA ZA KOMBINACIJE DJELOVANJA (GSN)

### 4.1 GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA

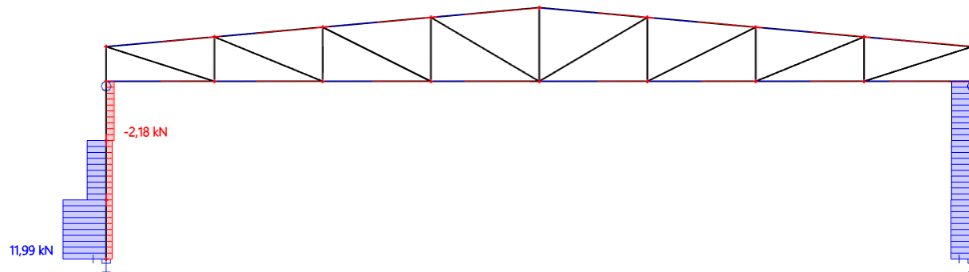
#### 4.1.1 KOMBINACIJA $1,35 \cdot (G_0 + G_1) + 0,9 W_{\text{Pritiskajući}} + 1,5 S$

1D internal forces  
Values: M<sub>z</sub>  
Linear calculation  
Combination: CO1  
Coordinate system: Member  
Extreme ID: Global  
Selection: All



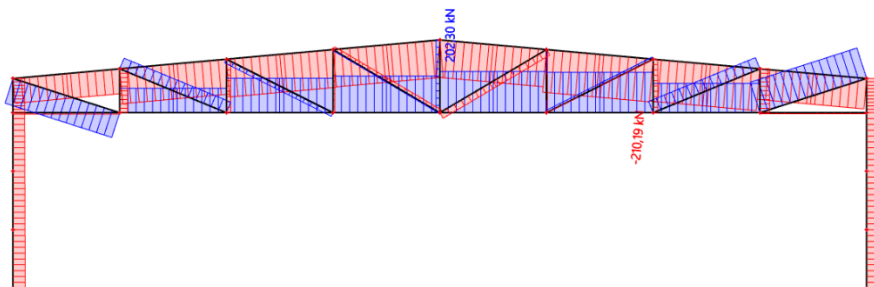
Slika 7 - Momentni dijagram kombinacije 1

ID internal forces  
 Values:  $V_y$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Member  
 Extreme ID: Global  
 Selection: All



Slika 8 - Dijagram poprečnih sila kombinacije 1

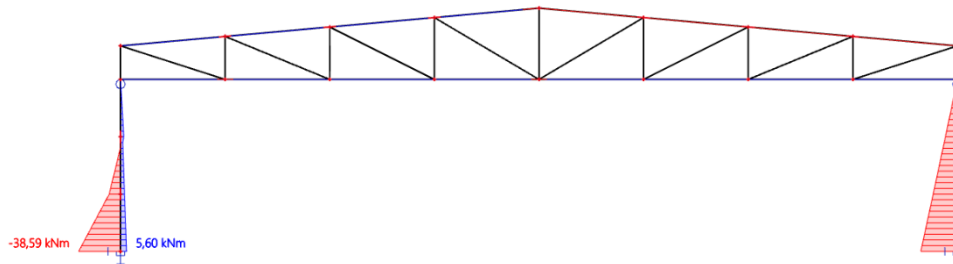
ID internal forces  
 Values: N  
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Member  
 Extreme ID: Global  
 Selection: All



Slika 9 - Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 1

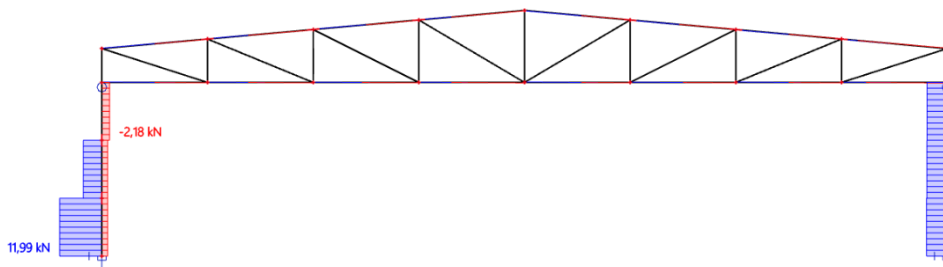
#### 4.1.2 KOMBINACIJA $1,35*(G_0+G_1) + 0,9 S + 1,5 W$ Pritiskajući

1D internal forces  
 Values:  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: CO2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme ID: Global  
 Selection: All



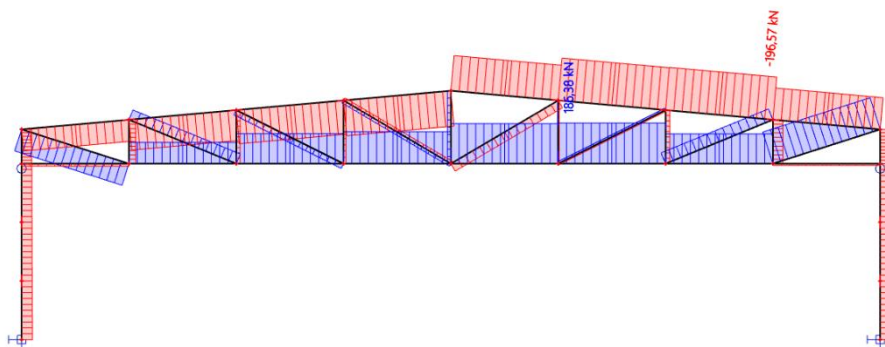
Slika 10 - Momentni dijagram kombinacije 2

1D internal forces  
 Values:  $V_y$   
 Linear calculation  
 Combination: CO2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme ID: Global  
 Selection: All



Slika 11 - Dijagram poprečnih sila kombinacije 2

1D internal forces  
 Values: N  
 Linear calculation  
 Combination: CO2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme ID: Global  
 Selection: All

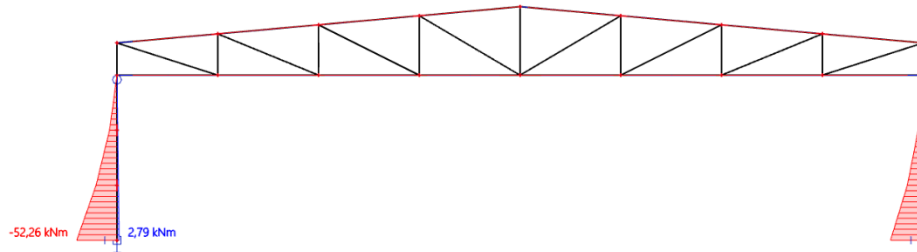


Slika 12 - Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 2



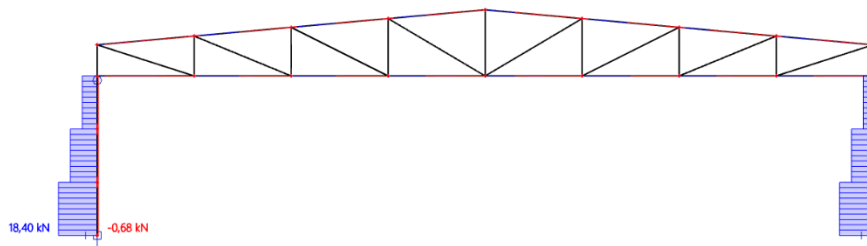
### 4.1.3 KOMBINACIJA $1,0*(G_0+G_1) + 1,5 W_{odizuci}$

1D internal forces  
 Values:  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: CO3  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



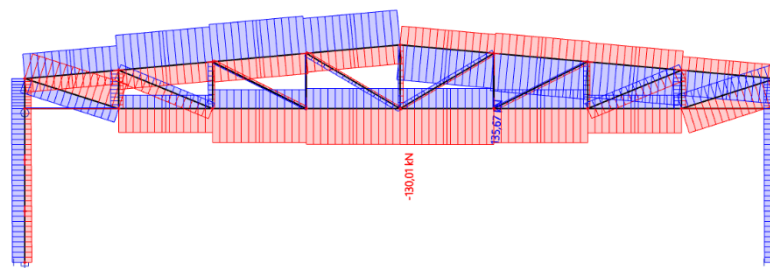
Slika 13 - Momentni dijagram kombinacije 3

1D internal forces  
 Values:  $V_y$   
 Linear calculation  
 Combination: CO3  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 14 - Dijagram poprečnih sila kombinacije 3

1D internal forces  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: CO3  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 15 - Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 3

## 4.2 SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA

### 4.2.1 ZABATNI STUPOVI (ZS)

#### Određivanje pritiska na zabatno pročelje

$$e = \min \{b, 2h\} = \min \{53 \text{ m}, 11,6 \text{ m}\} = 11,6 \text{ m} < d = 53 \text{ m}$$



$$h/d = 5,8/ 53 = 0,25$$

Područje	A		B		C		D		E	
$h/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$\geq 5$	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	+0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	1,2	1,4	0,8	1,1	0,5		+0,7	+1,0	-0,3	-0,5

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenome terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.  
Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.  
Za zgrade čiji je omjer  $h/d > 5$ , ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.

$$W_D = q_P(z) \cdot D = 1,017 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 0,7 = 0,712$$

Ovaj iznos svodimo na linijsko opterećenje množeći ga sa utjecajnom širinom.

$$W_1 = W_D \cdot 2,5 = 0,712 \cdot 2,5 = 1,78 \text{ (kN/m')}$$

$$W_2 = W_D \cdot 5 = 0,712 \cdot 5 = 3,56 \text{ (kN/m')}$$

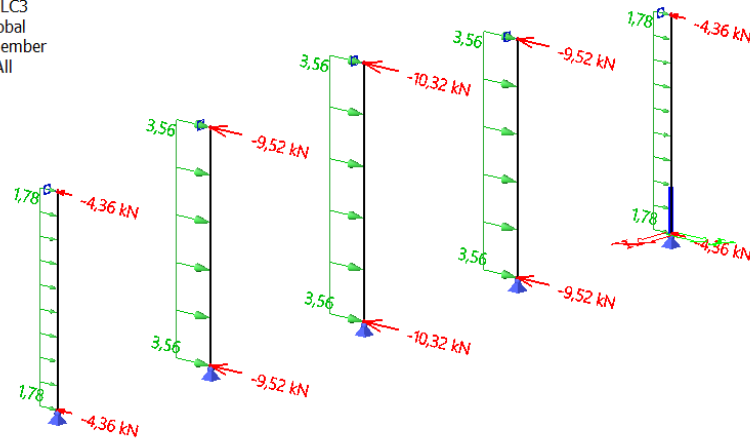
$$W_3 = W_D \cdot 5 = 0,712 \cdot 5 = 3,56 \text{ (kN/m')}$$

$$W_4 = W_D \cdot 5 = 0,712 \cdot 5 = 3,56 \text{ (kN/m')}$$

$$W_5 = W_D \cdot 2,5 = 0,712 \cdot 2,5 = 1,78 \text{ (kN/m')}$$

**Reactions**

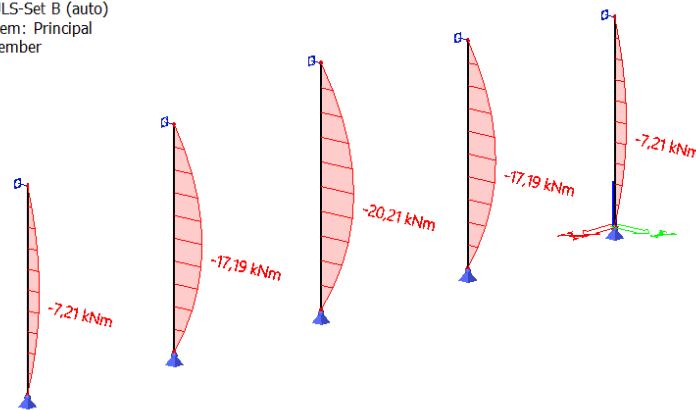
Values:  $R_y$   
 Linear calculation  
 Load case: LC3  
 System: Global  
 Extreme: Member  
 Selection: All



Slika 16 - Reakcije za djelovanje vjetra W1

**1D internal forces**

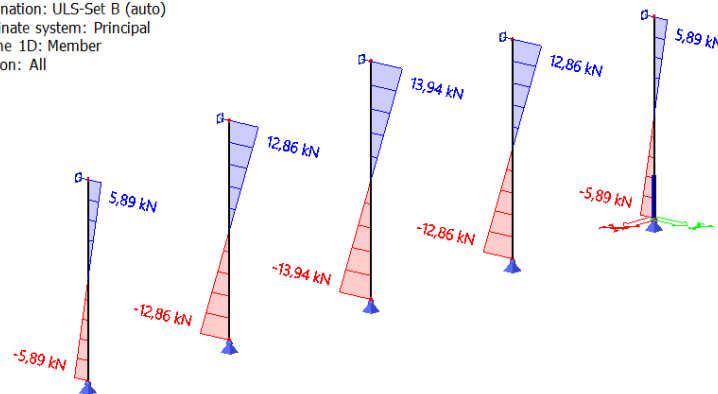
Values:  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: ULS-Set B (auto)  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



Slika 17 - Momentni dijagram za djelovanje vjetra W1

**1D internal forces**

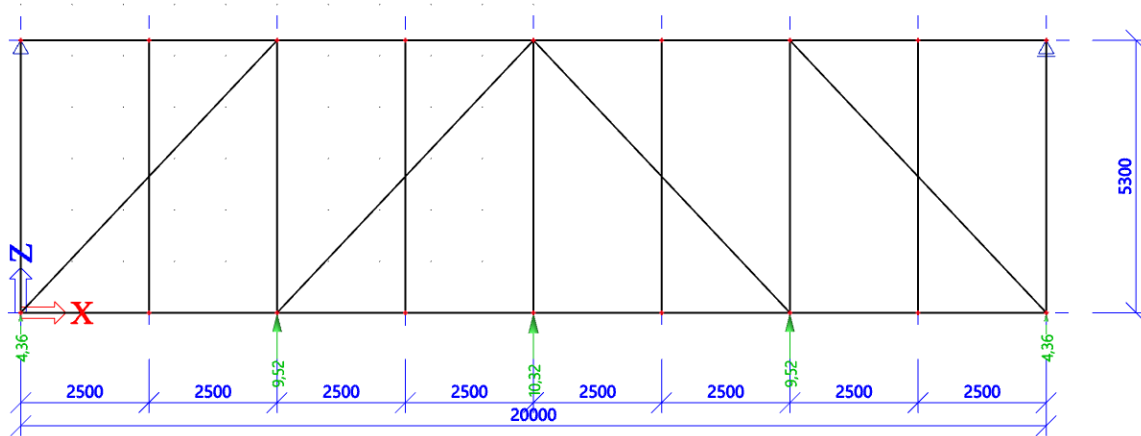
Values:  $V_y$   
 Linear calculation  
 Combination: ULS-Set B (auto)  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



Slika 18 - Dijagram poprečnih sila za djelovanje vjetra W1

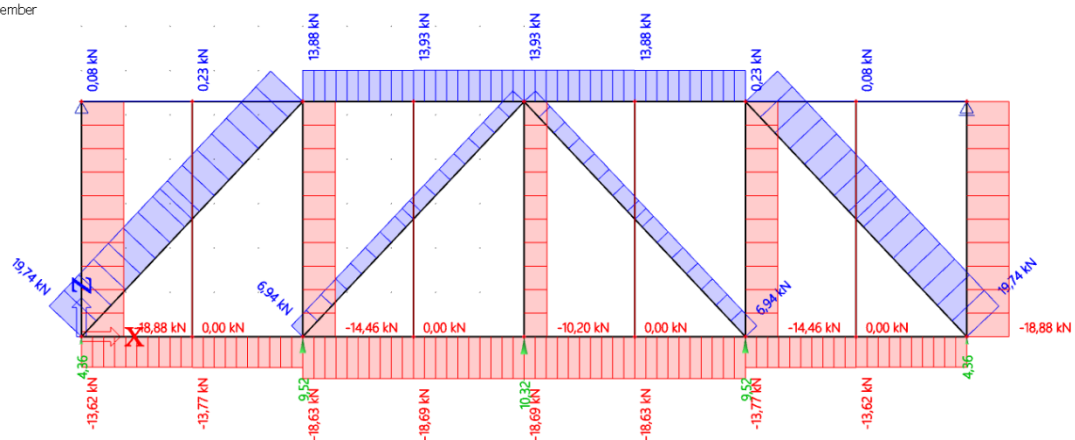
### 4.2.2 KROVNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI (KS)

Sile koje djeluju na krovne spregove su prenešene reakcije sa zabatnih stupova.



Slika 19 - Model krovnog sprega

1D internal forces  
 Values: N  
 Linear calculation  
 Load case: LC2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



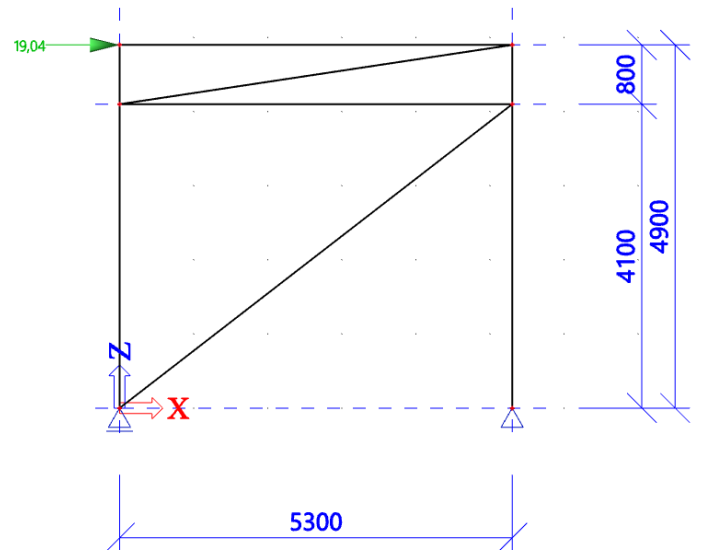
Slika 20 - Dijagram uzdužnih sila horizontalnog sprega

### 4.2.3 BOČNI (VERTIKALNI) SPREGOVI (BS)

Sile koje djeluju na bočne spregove su prenesene reakcije sa krovnih spregova.

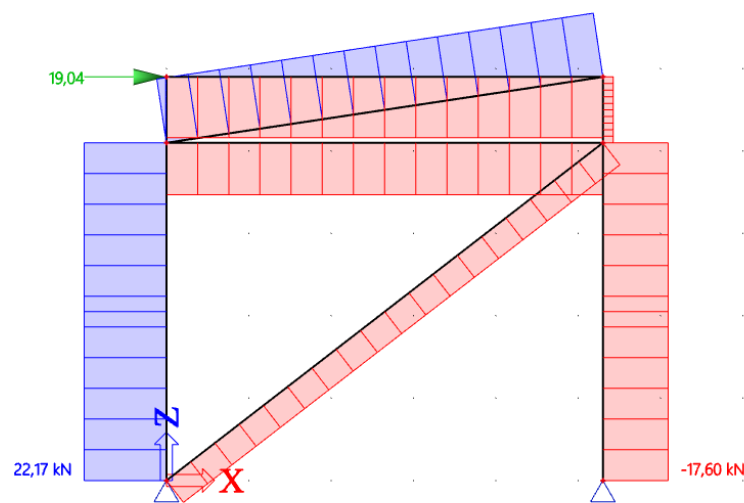
RD 12

Grid1



Slika 21 - Model bočnog sprega

1D internal forces  
Values: N  
Linear calculation  
Load case: LC2  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Global  
Selection: All



Slika 22 - Dijagram uzdužnih sila vertikalnog sprega

#### 4.2.4 KROVNA PODROŽNICA (KP)

Krovne podrožnice su duljine 5,3 m. Nalaze se na osnom razmaku od 2,51 m i pod kutom su od  $\alpha=5,14^\circ$ .

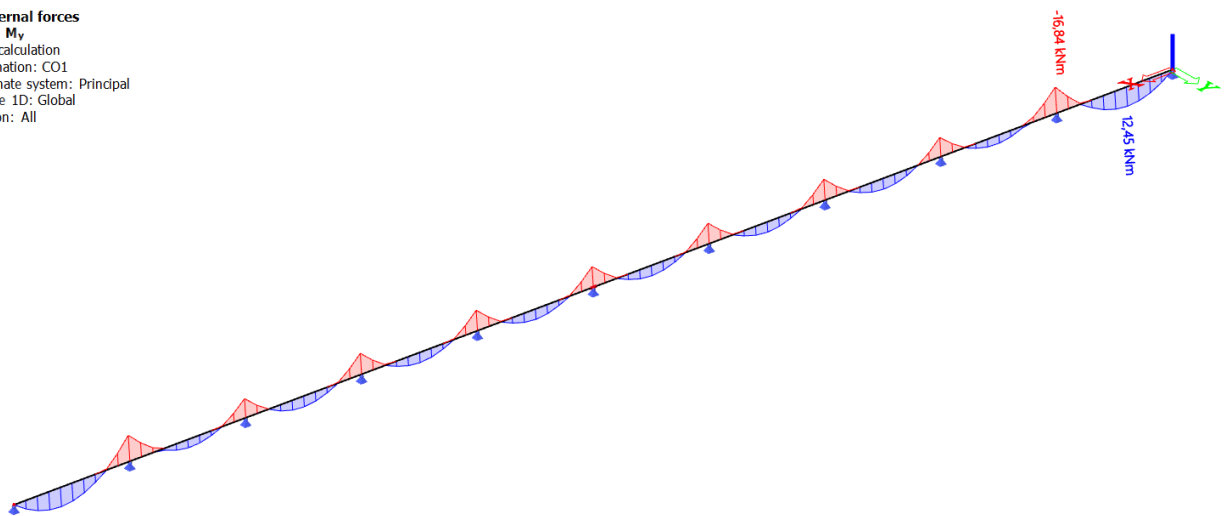
Djelovanja na krovnu podrožnicu su sljedeća:

- Dodatno stalno opterećenje G
- Snijeg S
- Vjetar W1
- Vjetar W2

Mjerodavna kombinacija:  $1,35G + 0,9 * S + 1,5 * W1$

##### 1D internal forces

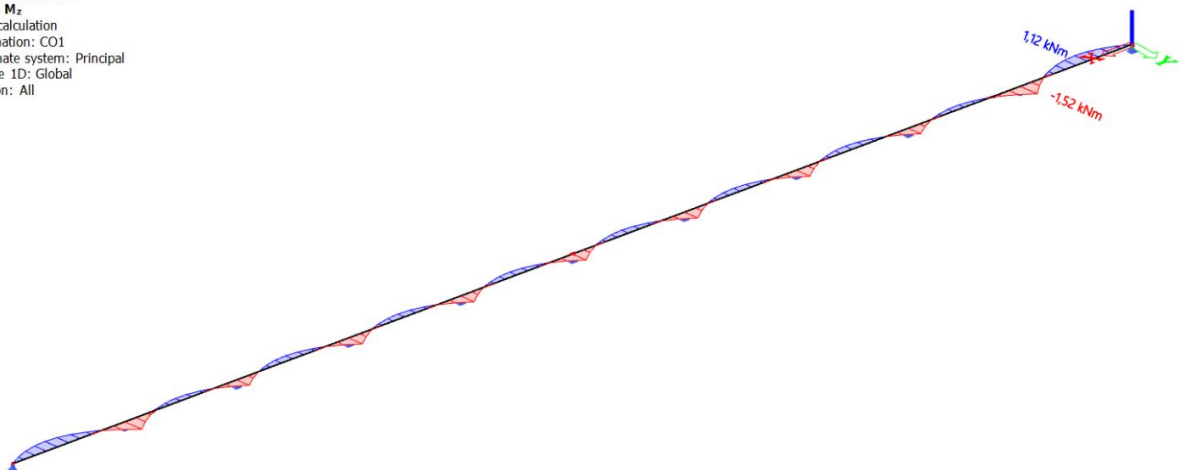
Values:  $M_y$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 23 - Momentni dijagram  $M_y$  za mjerodavnu kombinaciju

##### 1D internal forces

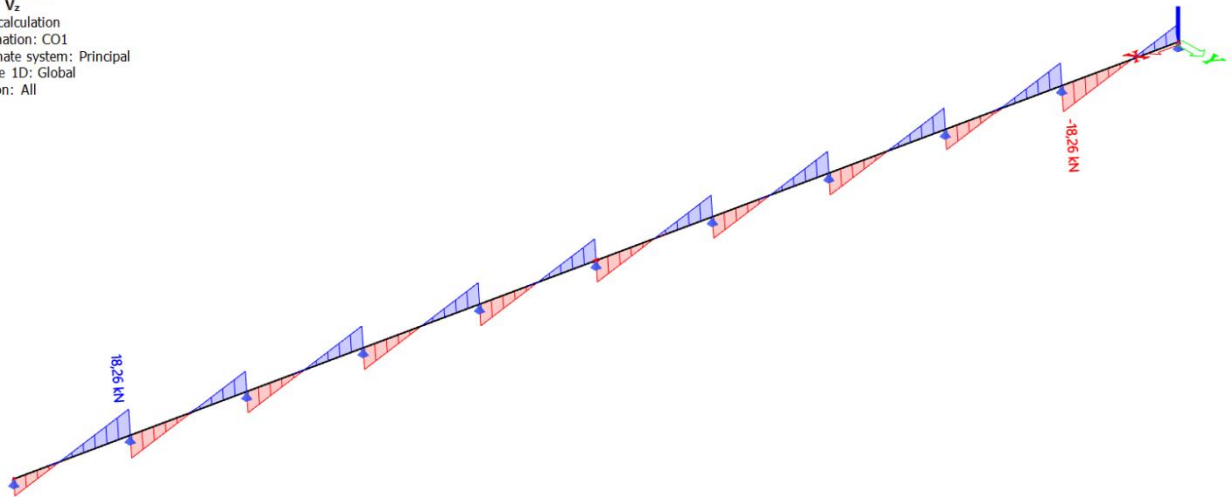
Values:  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 24 - Momentni dijagram  $M_z$  za mjerodavnu kombinaciju

**1D internal forces**

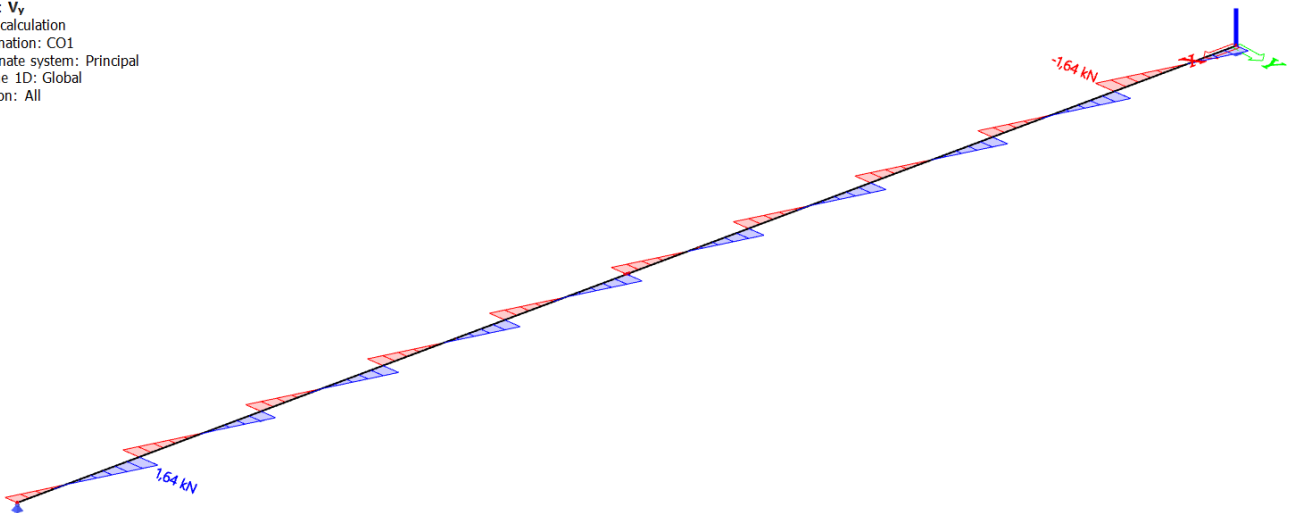
Values:  $V_z$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 25 - Dijagram poprečnih sila  $V_z$  za mjerodavnu kombinaciju

**1D internal forces**

Values:  $V_y$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All

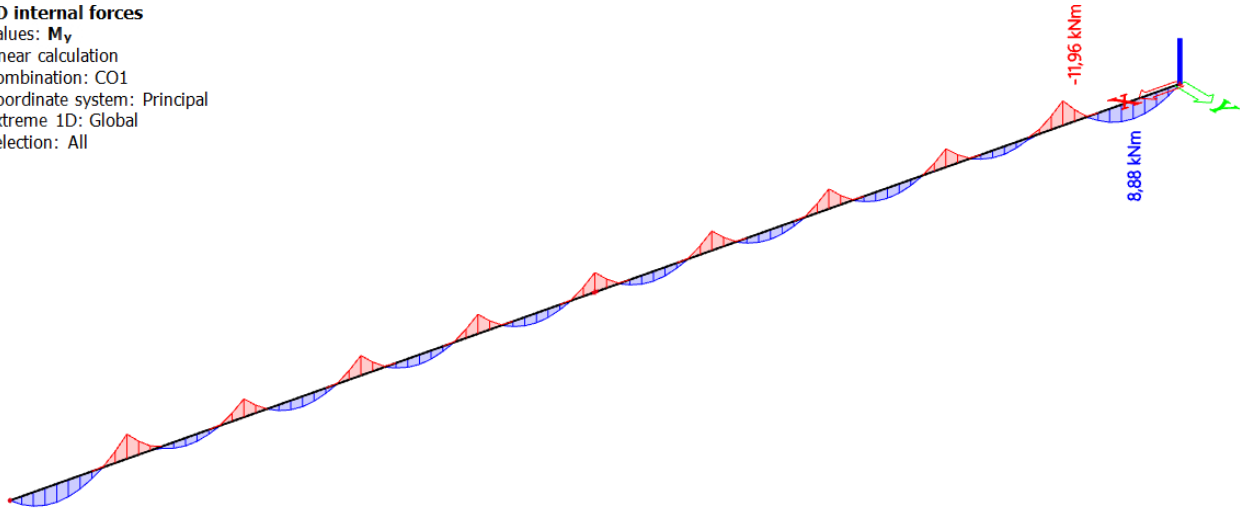


Slika 26 - Dijagram poprečnih sila  $V_y$  za mjerodavnu kombinaciju

## 4.2.5 BOČNA PODROŽNICA (BP)

### 1D internal forces

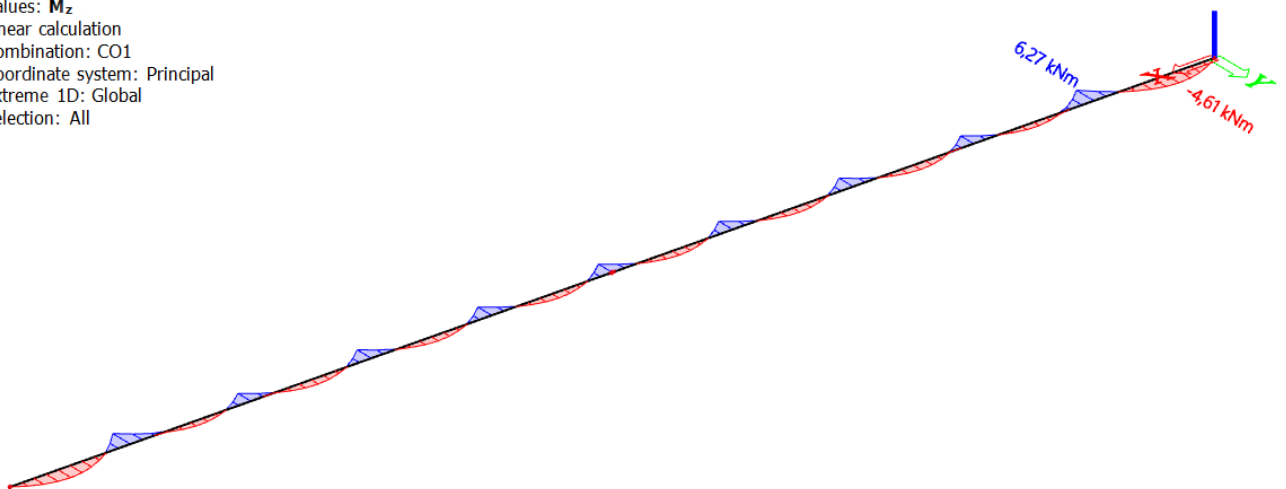
Values:  $M_y$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 27 - Momentni dijagram  $M_y$  za mjerodavnu kombinaciju

### 1D internal forces

Values:  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All

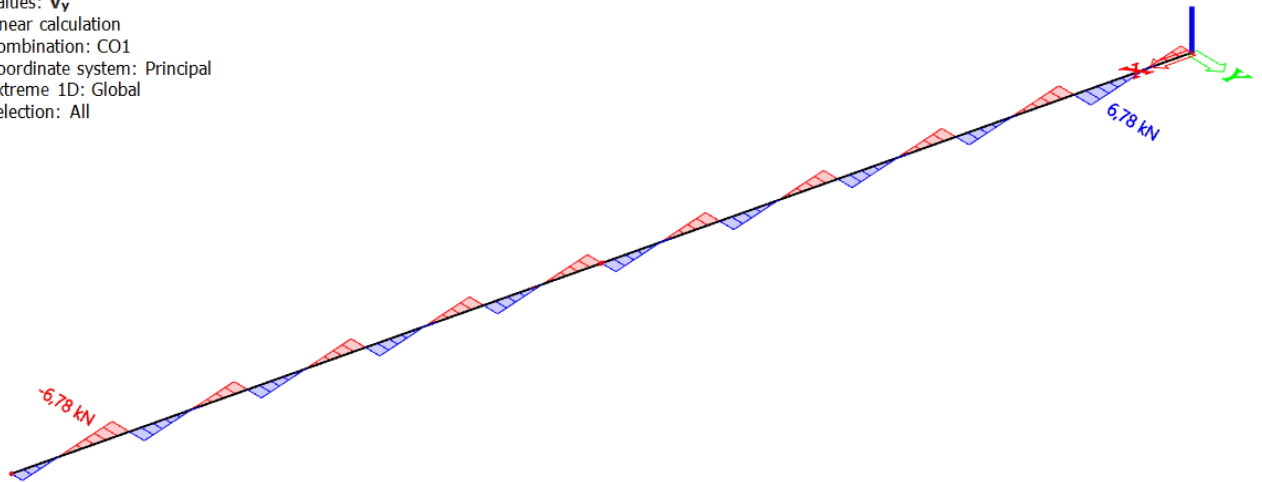


Slika 28 - Momentni dijagram  $M_z$  za mjerodavnu kombinaciju



**1D internal forces**

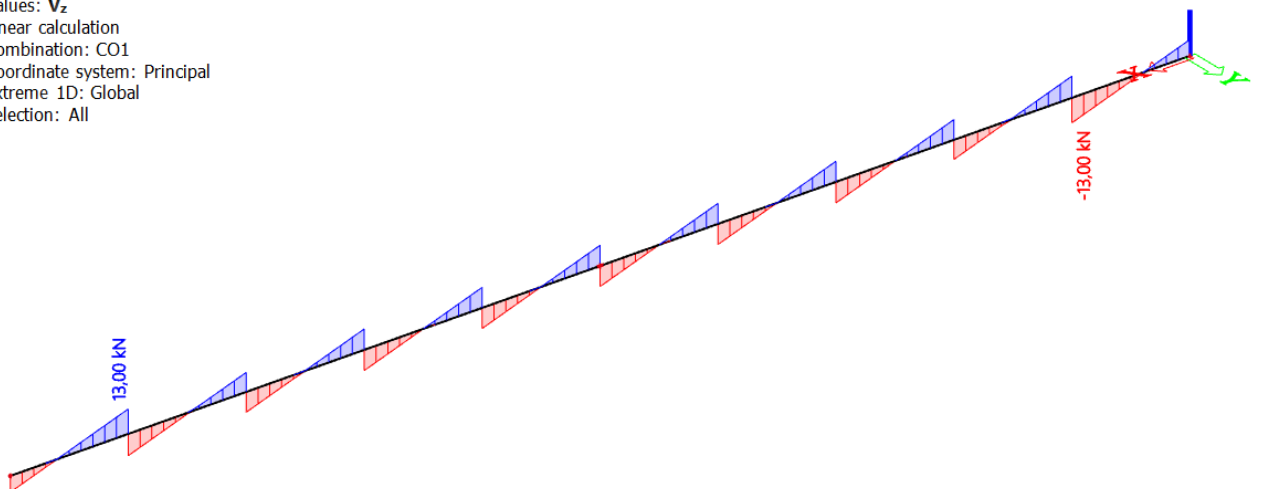
Values:  $V_y$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 29 - Dijagram poprečnih  $V_y$  za mjerodavnu kombinaciju

**1D internal forces**

Values:  $V_z$   
 Linear calculation  
 Combination: CO1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 30 - Dijagram poprečnih  $V_z$  sila za mjerodavnu kombinaciju

## 5 DIMENZIONIRANJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE PREMA GRANIČNOM STANJU NOSIVOSTI

### 5.1 GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA

#### 5.1.1 GORNJI POJAS REŠETKE (GP)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>CFRHS 100x100x8</b>	$\varepsilon = 0.92$		
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	10	t (cm)	0,8		
h (cm)	10	A (cm <sup>2</sup> )	27,24		
W <sub>pl,Y</sub> (cm <sup>3</sup> )	91,05	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	365,94		
W <sub>pl,Z</sub> (cm <sup>3</sup> )	91,05	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	365,94		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0.30

#### Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 1):

$$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = -210,19 \text{ (kN)}$$

#### Klasifikacija poprečnog presjeka:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 9,5$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon = 30,36 \quad \text{Hrbat je klase 1}$$

Poprečni presjek je klase 1.

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna tlačna sila

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{27,24 \cdot 27,5}{1} = 749,1 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 210,19 \text{ (kN)}$$

### Otpornost poprečnog presjeka:

- Tlačna sila:

$$L_i^Z = 5,02 \text{ (m)} = 502 \text{ (cm)}$$

$$L_i^Y = 2,51 \text{ (m)} = 251 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 300,97 \text{ (kN)}$$

$$N_{CR}^Y = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_i^2} = 1203,88 \text{ (kN)}$$

Izvijanje oko osi: Y-Y ili Z-Z

Vruće dogotovljeni profil → Linija izvijanja: a → Faktor imperfekcije:  $\alpha=0.21$

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Z}} = 1,578$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 1,889$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi^Z = 0,341$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / Y_{M1} = 255,81 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 210,19 / 255,81 = 0,821651528 = \mathbf{82,17\%}$$

Profil CFRHS 100/100/8 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 82,17% oko osi z-z

#### oko osi y-y

$$\lambda^Y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Y}} = 0,789$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 0,873$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi^Y = 0,802$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / Y_{M1} = 600,80 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 210,19 / 600,80 = 0,349850503 = 34,99\%$$

Profil CFRHS 100/100/8 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 39,99% oko osi Y-Y

### 5.1.2 DONJI POJAS REŠETKE (DP)

PROFIL:	vrućevaljani	CFRHS 100x100x8	$\varepsilon = 0.92$		
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	10	t (cm)	0.8		
h (cm)	10	A (cm <sup>2</sup> )	27,24		
W <sub>pl,Y</sub> (cm <sup>3</sup> )	91,05	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	365,94		
W <sub>pl,Z</sub> (cm <sup>3</sup> )	91,05	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	365,94		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0.30

#### Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 1.):

$$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = +202,30 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = -129,07 \text{ (kN)}$$

#### Klasifikacija poprečnog presjeka:

- Hrnat:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 9,5$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon = 30,36 \quad \text{Hrnat je klase 1}$$

Poprečni presjek je klase 1.

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna vlačna sila  $N_{Ed} = +202,30 \text{ (kN)}$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{27,24 \cdot 27,5}{1} = 749,1 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 202,30 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 202,30 / 749,1 = 0,27$$

Profil CFRHS 100/100/8 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 27%

- Uzdužna tlačna sila  $N_{Ed} = -129,07$  (kN) za duljinu izvijanja  $l = 1/4 = 2500/4 = 625$  cm

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 194,16 \text{ (kN)}$$

Vruće dogotovljeni profil → Linija izvijanja: a → Faktor imperfekcije:  $\alpha = 0,21$

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Z}} = 1,964$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 2,614$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi^Z = 0,230$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 172,62 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 129,07 / 172,62 = 0,747695955 = \mathbf{74,77 \%}$$

Profil CFRHS 100/100/8 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 74,77 % oko osi z-z

### 5.1.3 DIJAGONALE REŠETKE (D)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>CFRHS 60x60x4</b>	$\varepsilon = 0.92$		
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5$ (kN/cm <sup>2</sup> )			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	6	t (cm)	0.4		
h (cm)	6	A (cm <sup>2</sup> )	8,55		
$W_{El,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	17,64	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	43,55		
$W_{Pl,Z}$ (cm <sup>3</sup> )	14,52	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	43,55		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0.30

**Rezne sile uslijed kritičnih kombinacija za mjerodavnu dijagonalu:**

<b>GSN 3</b>	<b>GSN 1</b>
$M_{Ed} = 0$ (kNm)	$M_{Ed} = 0$ (kNm)
$V_{Ed} = 0$ (kN)	$V_{Ed} = 0$ (kN)
$N_{Ed} = -92,98$ (kN)	$N_{Ed} = +156,9$ (kN)

### Klasifikacija poprečnog presjeka:

- Hrbat:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 12$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon = 30,36$       Hrbat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

### Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna vlačna sila  $N_{Ed} = +156,9$  (kN)

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{8,55 \cdot 27,5}{1} = 235,125 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = +156,9 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = +156,9 / 235,125 = 0,67$$

Profil CFRHS 60/60/4 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 67%

- Uzdužna tlačna sila  $N_{Ed} = -92,98$  (kN) za duljinu izvijanja  $l = 262,5$  cm

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_i^2} = 130,99 \text{ (kN)}$$

Vruće dogotovljeni profil → Linija izvijanja: a → Faktor imperfekcije:  $\alpha = 0,21$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Z}} = 1,340$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 1,517$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi = 0,449$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1} = 105,48 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 92,98 / 105,48 = 0,881470011 = \mathbf{88,15\%}$$

Profil CFRHS 60/60/4 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od **88,15%** oko obje osi

### 5.1.4 VERTIKALE REŠETKE (V)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>CFRHS 40x40x4</b>	$\varepsilon = 0.92$		
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5$ (kN/cm <sup>2</sup> )			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	4	t (cm)	0.4		
h (cm)	4	A (cm <sup>2</sup> )	4,35		
W <sub>EL,Y</sub> (cm <sup>3</sup> )	9,49	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	11,07		
W <sub>PL,Z</sub> (cm <sup>3</sup> )	7,01	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	11,07		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0.30

#### Rezne sile uslijed kritičnih kombinacija za mjerodavnu dijagonalu:

GSN 2	GSN 3
M <sub>Ed</sub> = 0 (kNm)	M <sub>Ed</sub> = 0 (kNm)
V <sub>Ed</sub> = 0 (kN)	V <sub>Ed</sub> = 0 (kN)
N <sub>Ed</sub> = - 71,34 (kN)	N <sub>Ed</sub> = +47,15(kN)

#### Klasifikacija poprečnog presjeka:

- Hrbat:

$$\frac{d}{t} = \frac{h-3*t}{t} = 7$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t} \leq 33 \varepsilon = 30,36$       Hrbat je klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

#### Otpornost poprečnog presjeka:

- Uzdužna vlačna sila N<sub>Ed</sub> = +47,15 (kN)

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{4,35 \cdot 27,5}{1} = 119,625 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = + 47,15 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = + 47,15 / 119,625 = 0,39$$

Profil CFRHS 40/40/4 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od 39%

- Uzdužna tlačna sila  $N_{Ed} = -71,34$  (kN) za duljinu izvijanja  $l = 80$  cm

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 358,50 \text{ (kN)}$$

Vruće dogotovljeni profil  $\rightarrow$  Linija izvijanja: a  $\rightarrow$  Faktor imperfekcije:  $\alpha = 0.21$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Z}} = 0,578$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 0,706$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi = 0,898$$

$$N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / Y_{M1} = 107,46 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 71,34 / 107,46 = 0,663904009 = \mathbf{66,39\%}$$

Profil CFRHS 40/40/4 zadovoljava otpor. elementa s iskoristivosti od **66,39%** oko obje osi

*Odabrani profili rešetke*

**GORNJI POJAS REŠETKE - CFRHS 100x100x8**

**DONJI POJAS REŠETKE - CFRHS 100x100x8**

**VANJSKE VERTIKALE - CFRHS 40x40x4**

**VANJSKE DIJAGONALE - CFRHS 60x60x4**



### 5.1.5 STUPOVI OKVIRA (S)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>HEA 240</b>		$\varepsilon = 0.92$	
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	23	r (cm)	2,1	$t_f$ (cm)	1.2
h (cm)	24	A (cm <sup>2</sup> )	76,8	$t_w$ (cm)	0,8
$W_{El,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	675	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	7760	$I_w$ (cm <sup>6</sup> )	328490
$W_{Pl,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	745,83	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	2770	$I_T$ (cm <sup>4</sup> )	41,6
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	$\nu$	0.30

**Rezne sile uslijed kritičnih kombinacija za mjerodavni stup:**

<b>GSN 3</b>
$M_{Ed} = 52,23 \text{ (kNm)}$
$V_{Ed} = 18,39 \text{ (kN)}$
$N_{Ed} = -47,03 \text{ (kN)}$

**Klasifikacija profila:**

- Hrnat (savijanje):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{t_w} = 21,75$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t_w} \leq 72 \varepsilon = 66,24$       Hrnat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5 \cdot (b - 2 \cdot r - t_w)}{t_f} = 7,5$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 8,28$       Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

Klasifikacija hrpta izloženog tlaku i savijanju:

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1}$$

$$a = N_{Ed} / (2 \cdot t_w) \cdot f_y / Y_{M0} = 1,069$$

$$\alpha = (1/d) \cdot ((d/2) + a) = 0,5642$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{t_w} = 20,5 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 53,01$$

Hrnat je klase 1.

### Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{1053 * 35,5}{1} = 20510,325 \text{ (kNcm)} = 205,10 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd} = 205,10 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^{Gsn3} = 52,23 \text{ (kNm)}$$

- Posmik:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f}{t_w} = \frac{21,6}{0,8} = 27 \leq 72 \frac{\epsilon}{\eta} = 72 \frac{0,92}{1,20} = 55,2$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,z} = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f = 25,2 \text{ (cm}^2) \geq \eta * h_w * t_w = 20,74 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^Z = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{25,2 * 27,5}{1,7321} = 400,1 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 400,1 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 18,39 \text{ (kN)}$$

- Uzdužna tlačna sila

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{76,8 * 27,5}{1} = 2112 \text{ (kN)}$$

$$N_{c,Rd} = 2112 \text{ (kN)} \geq N_{Ed}^{Gsn3} = 47,03 \text{ (kN)}$$

- Interakcija M-V-N ( za kritičniju V-N kombinaciju GSN 3.):

$$0,25 * N_{c,Rd} = 528 \text{ (kN)} \geq N_{Ed}^{Gsn3} = 47,03 \text{ (kN)}$$

$$0,5 * V_{z,Rd} = 200,05 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^{Gsn3} = 18,39 \text{ (kN)}$$

Nema redukcije  $M_{c,Rd}$  uslijed interakcije reznih sila!

### Otpornost elementa:

- Savijanje:

$$L_{CR} = 8,20 \text{ (m)} \approx 820 \text{ (cm)}$$

$$k = 1.0 \quad k_w = 1.0$$

$$C_1 = 1.77 \quad C_2 = 0.0$$

$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z} + (C_2 * z_g)^2} - C_2 * z_g \right] = 30428,29 \text{ (kNcm)} = 304,28 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{CR}}} = 0,821 \geq \lambda_{LT,0} = 0.4 \quad \text{Reduciramo } M_{c,Rd} \text{ zbog mogućnosti instabiliteta elementa.}$$

$$\text{Faktor imperfekcije: } \alpha_{LT} = 0.21 \quad \leftarrow \quad \text{Krivulja izvijanja: } a \begin{cases} \frac{h}{b} = 0,96 \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 0,902$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} * \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,783$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m1}} = 0,783 * \frac{745,83 * 27,5}{1} = 16069,403 \text{ (kNcm)} = 160,694 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^{GSN2} = 52,23 \text{ (kNm)}$$

- Tlačna sila:

$$L_i^Z = 0,7 * 4,10 \text{ (m)} = 287 \text{ (cm)}$$

$$L_i^Y = 2 * 4,10 \text{ (m)} = 820 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 6970,04 \text{ (kN)}$$

$$N_{CR}^Y = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_i^2} = 2391,96 \text{ (kN)}$$

$$\text{Izvijanje oko osi Z-Z: Faktor imperfekcije: } \alpha = 0.49 \quad \leftarrow \text{Linija izvijanja: } b \begin{cases} t_f \leq 40 \text{ (mm)} \\ \frac{h}{b} = 0,95 < 1.2 \end{cases}$$

Izvijanje oko osi Y-Y: Faktor imperfekcije:  $\alpha=0.34$  ← Linija izvijanja: a  $\begin{cases} t_f \leq 40 \text{ (mm)} \\ \frac{h}{b} \leq 1.2 \end{cases}$

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Z}} = 0,550 \quad \chi^Z = 0,908$$

$$\lambda^Y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR}^Y}} = 0,9397 \quad \chi^Y = 0,709$$

$$N_{B,Rd} = \chi^Y \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 1497,41 \geq N_{Ed} = 47,03$$

- Interakcija  $M_b-N_b$  (jednoosno savijanje):

$$C_{MY} = C_{MLT} = 0.95 \quad \leftarrow \quad 0.95 + 0.05\alpha_s \geq 0.4 \quad \begin{cases} \alpha_s = 0 \\ \psi = 0 \end{cases}$$

$$k_{yy} = C_{MY} \left( 1 + (\chi^Y - 0.2) \frac{N_{Ed}}{\chi^Y \cdot N_{Rd}} \right) \leq C_{MY} \left( 1 + 0.8 \frac{N_{Ed}}{\chi^Y \cdot N_{Rd}} \right) \quad k_{yy} = 0,971$$

$$k_{zy} = 0.6 + \lambda^Z \leq \left( 1 - \frac{0.1\lambda^Z}{C_{MLT}} \cdot \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{m1}}{\chi^Y \cdot N_{Rk}} \right) \quad k_{zy} = 0,997$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{m1}}{\chi^Y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{Ed}^Y \cdot \gamma_{m1}}{\chi^{LT} \cdot M_{Rk}^Y} = 0.044 + 0.3844 = 0,4284$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{m1}}{\chi^Z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{Ed}^Y \cdot \gamma_{m1}}{\chi^{LT} \cdot M_{Rk}^Y} = 0.035 + 0,3947 = 0,4297$$

Profil HEA 240 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 42,84 %

## 5.2 SEKUNDARNA KONSTRUKCIJA

### 5.2.1 ZABATNI STUPOVI (ZS)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>HEA 180</b>		$\varepsilon = 0.92$	
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	18.0	r (cm)	1.5	$t_f$ (cm)	1
h (cm)	17.1	A (cm <sup>2</sup> )	45.3	$t_w$ (cm)	0.6
$W_{EL,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	294.00	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	2510	$I_w$ (cm <sup>6</sup> )	60211
$W_{PL,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	325	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	925	$I_T$ (cm <sup>4</sup> )	14,8
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	$\nu$	0.30

**Rezne sile uslijed kritične kombinacije za mjerodavni zabatni stup:**

$$M_{Ed} = 20,21 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 13,94 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = 0 \text{ (kN)} \rightarrow \text{zanemarena vlastita težina}$$

**Klasifikacija profila:**

- Hrnat (savijanje):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{t_w} = 20,16$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{d}{t_w} \leq 72 \varepsilon = 66,24 \quad \text{Hrnat je klase 1}$$

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5 \cdot (b - 2 \cdot r - t_w)}{t_f} = 7,2$$

$$\text{Uvjet za klasu 1: } \frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 8,28 \quad \text{Pojasnice su klase 1}$$

Poprečni presjek je klase 1.

**Otpornost poprečnog presjeka:**

- Savijanje:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{325 \cdot 27,5}{1} = 8937,5 \text{ (kNcm)} = 89,38 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd} = 89,38 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed} = 20,21 \text{ (kNm)}$$

- Posmik:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} = \frac{15,1}{0,6} = 25,17 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{0,92}{1,20} = 55,2$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,z} = A - 2*b*t_f + (t_w + 2*r)*t_f = 12,9 \text{ (cm}^2) \geq \eta * h_w * t_w = 10,87 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^{Z} = V_{Pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{12,9 * 27,5}{1,7321} = 174,49 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^{Z} = 174,49 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 13,94 \text{ (kN)}$$

Interakcija M-V:

$$0,5 * V_{z,Rd} = 87,25 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 13,94 \text{ (kN)}$$

Nema redukcije  $M_{c,Rd}$  uslijed interakcije reznih sila!

**Otpornost elementa:**

- Savijanje:

$$L_{CR} = 5,80 \text{ (m)} = 580 \text{ (cm)}$$

$$k = 1,0 \quad C_1 = 1,0$$

$$k_w = 1,0 \quad C_2 = 0$$

$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z} + (C_2 * z_g)^2} - C_2 * z_g \right] = 9448,2 \text{ (kNcm)} = 94,5 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{PLY} * f_y}{M_{CR}}} = 0,973 \geq \lambda_{LT,0} = 0,4 \quad \text{Reduciramo } M_{c,Rd} \text{ zbog mogućnosti instabiliteta elementa.}$$

$$\text{Faktor imperfekcije: } \alpha_{LT} = 0,21 \quad \leftarrow \quad \text{Krivulja izvijanja : a} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{b} = 0,9 \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{array} \right.$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 1,104$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} * \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,614$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{m1}} = 0,614 * \frac{325 * 27,5}{1} = 5492,06 \text{ (kNcm)} = 54,92 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed} = 20,21 \text{ (kNm)}$$

Profil HEA 180 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 36,8 %

## 5.2.2 KROVNI SPREGOVI (KSD)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>RD 12</b>		$\varepsilon = 0.92$	
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
d (cm)	1.2	r (cm)	0.6	A (cm <sup>2</sup> )	1,131
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0.30

### Rezne sile uslijed kritične kombinacije

$$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = +19,74 \text{ (kN)}$$

### Otpornost poprečnog presjeka:

- Vlačna sila:

$$N_{T,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{1,131 \cdot 27,5}{1} = 31,10 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 19,74 \text{ (kN)}$$

Profil RD10 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 63,47%

### Vertikale sprega (KSV)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>CFRHS 60x60x4</b>		$\varepsilon = 0.92$	
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	6	t (cm)	0.4	b (cm)	6
h (cm)	6	A (cm <sup>2</sup> )	8,55	h (cm)	6
$W_{EL,Y} \text{ (cm}^3\text{)}$	17,64	$I_y \text{ (cm}^4\text{)}$	43,55	$W_{EL,Y} \text{ (cm}^3\text{)}$	17,64
$W_{PL,Z} \text{ (cm}^3\text{)}$	14,52	$I_z \text{ (cm}^4\text{)}$	43,55	$W_{PL,Z} \text{ (cm}^3\text{)}$	14,52
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000

- Tlačna sila:

$$N_{C,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{8,55 \cdot 27,5}{1} = 235,13 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 18,88 \text{ (kN)}$$

### Otpornost elementa na izvijanje:

Dužina izvijanja elementa:

$$L_i^Z = 530 \text{ (cm)}$$

$$L_i^Y = 530 \text{ (cm)}$$

$$N_{CR}^Z = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_i^2} = 32,13 \text{ (kN)}$$

$$\lambda^Z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{CR}^Z}} = 2,71 \quad \text{Linija izvijanja: a} \rightarrow \text{Faktor imperfekcije: } \alpha = 0,21$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 4,44$$

$$\chi = 1 / (\varphi + \sqrt{\varphi^2 + \lambda^2})$$

$$\chi = 0,104$$

$$N_{b,Rd} = N_{C,Rd} * \chi = 24,45$$

Profil CFRHS 60x60x4 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 77,2%

### 5.2.3 BOČNI (HORIZONTALNI) SPREGOVI (ZATEGE) (BS)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>RD 12</b>		$\varepsilon = 0,92$	
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27,5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
d (cm)	1.2	r (cm)	0.6	A (cm <sup>2</sup> )	1,131
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	v	0.30

**Rezne sile uslijed kritične kombinacije (GSN 5.2.3.):**

$$M_{Ed} = 0 \text{ (kNm)}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ (kN)}$$

$$N_{Ed} = +17,36 \text{ (kN)}$$

**Otpornost poprečnog presjeka:**

- Vlačna sila:

$$N_{T,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{1,131 * 27,5}{1} = 31,10 \text{ (kN)} \geq N_{Ed} = 17,36 \text{ (kN)}$$

Profil RD12 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 55,82%



## 5.2.4 KROVNE PODROŽNICE (KP)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>IPE 180</b>		$\varepsilon = 0.92$	
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	9.1	r (cm)	0.9	$t_f$ (cm)	0,8
h (cm)	18	A (cm <sup>2</sup> )	23.9	$t_w$ (cm)	0,53
$W_{El,Y}$ (cm <sup>3</sup> )		$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	1317	$I_w$ (cm <sup>6</sup> )	7430
$W_{Pl,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	166.45	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	101	$I_T$ (cm <sup>4</sup> )	4.73
$W_{El,Z}$ (cm <sup>3</sup> )		$A_{V,Z}$ (cm <sup>2</sup> )	8.74		
$W_{Pl,Z}$ (cm <sup>3</sup> )	34.6	$A_{V,Y}$ (cm <sup>2</sup> )	12.26		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	$\nu$	0.30

### Rezne sile uslijed kritične kombinacije:

Y-Y	Z-Z
$M_{Ed,Y} = 16,84 \text{ (kNm)}$	$M_{Ed,Z} = 1,52 \text{ (kNm)}$
$V_{Ed,Y} = 1,64 \text{ (kN)}$	$V_{Ed,Z} = 18,26 \text{ (kN)}$

### Klasifikacija profila:

- Hrbat (savijanje):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{t_w} = 27,55$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t_w} \leq 72 \varepsilon = 66,24$       Hrbat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5 \cdot (b - 2 \cdot r - t_w)}{t_f} = 4,23$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 8,28$       Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

### Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje (Y-Y):

$$M_{c,Rd}^Y = M_{pl,Rd}^Y = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{166,45 \cdot 27,5}{1} = 45,77 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Y = 45,77 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 16,84 \text{ (kNm)}$$

- Savijanje (Z-Z):

$$M_{c,Rd}^Z = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{34,6 * 27,5}{1} = 9,52 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Z = 9,52 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Z = 1,52 \text{ (kNm)}$$

- Posmik (Z)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f}{t_w} = \frac{16,4}{0,53} = 30,94 \leq 72 \frac{\epsilon}{\eta} = 72 \frac{0,92}{1,20} = 55,2$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,z} = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f = 11,2 \text{ (cm}^2) \geq \eta * h_w * t_w = 10,05 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^Z = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{11,2 * 27,5}{1,7321} = 177,82 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 177,82 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Z = 18,26 \text{ (kN)}$$

- Posmik (Y)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f}{t_w} = \frac{16,4}{0,53} = 30,94 \leq 72 \frac{\epsilon}{\eta} = 72 \frac{0,92}{1,20} = 55,2$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$$A_{v,y} \geq \eta * h_w * t_w = 10,43 \text{ (cm}^2)$$

Uvjet zadovoljen!

$$V_{Rd}^Y = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,y} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{12,26 * 27,5}{1,7321} = 194,65 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Y = 194,65 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Y = 1,64 \text{ (kN)}$$

$$0,5 * V_{RdZ} = 88,91 \text{ (kN)} \geq V_{Ed,z} = 18,26 \text{ (kN)}$$

$$0,5 * V_{RdY} = 97,33 \text{ (kN)} \geq V_{Ed,Y} = 1,64 \text{ (kN)}$$

Nema redukcije  $M_{c,Rd}$  uslijed interakcije reznih sila!

- Savijanje:

$$L_{CR} = 5,30 \text{ (m)} = 530 \text{ (cm)}$$

$$k = 1,0 \quad C_1 = 1,127$$

$$k_w = 1,0 \quad C_2 = 0,454$$

$$M_{CR} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L_{CR})^2} * \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 * \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k * L_{CR})^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z} + (C_2 * z_g)^2} - C_2 * z_g \right] = 1719,06 \text{ (kNcm)} = 17,19 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{PLY} * f_y}{M_{CR}}} = 1,632 \geq \lambda_{LT,0} = 0,4 \quad \text{Reduciramo } M_{c,Rd} \text{ zbog mogućnosti instabiliteta elementa.}$$

Faktor imperfekcije:  $\alpha_{LT} = 0,21 \leftarrow$  Krivulja izvijanja : a  $\left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{b} = 1,98 \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{array} \right.$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 1,982$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} * \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,399$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} * \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{m1}} = 1824,37 \text{ (kNcm)} = 18,24 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 16,84 \text{ (kNm)}$$

Profil IPE180 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 92,3%

## 5.2.5 BOČNE PODROŽNICE (BP)

PROFIL:	vrućevaljani	<b>IPE 160</b>		$\epsilon = 0,92$	
KVALITETA ČELIKA:	S275	$f_y = 27,5 \text{ (kN/cm}^2)$			
<b>GEOMETRIJSKI PODATCI PROFILA:</b>					
b (cm)	8.2	r (cm)	0.9	$t_f$ (cm)	0.74
h (cm)	16	A (cm <sup>2</sup> )	20.1	$t_w$ (cm)	0.5
$W_{El,Y}$ (cm <sup>3</sup> )		$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	869	$I_w$ (cm <sup>6</sup> )	3980
$W_{Pl,Y}$ (cm <sup>3</sup> )	124.0	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	68.3	$I_T$ (cm <sup>4</sup> )	3.62
$W_{El,Z}$ (cm <sup>3</sup> )		$A_{v,Z}$ (cm <sup>2</sup> )	7.30		
$W_{Pl,Z}$ (cm <sup>3</sup> )	26.10	$A_{v,Y}$ (cm <sup>2</sup> )	10.19		
<b>MEHANIČKI PODATCI ČELIKA:</b>					
E (kN/cm <sup>2</sup> )	21000	G (kN/cm <sup>2</sup> )	8077	$\nu$	0.30

**Rezne sile uslijed kritične kombinacije:**

Y-Y	Z-Z
$M_{Ed,Y} = 11,96 \text{ (kNm)}$	$M_{Ed,Z} = 6,27 \text{ (kNm)}$
$V_{Ed,Y} = 6,78 \text{ (kN)}$	$V_{Ed,Z} = 13,00 \text{ (kN)}$

**Klasifikacija profila:**

- Hrbat (savijanje):

$$\frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 * t_f - 2 * r}{t_w} = 26,67$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{d}{t_w} \leq 72 \varepsilon = 66,24$       Hrbat je klase 1

- Pojasnice (tlak):

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0.5 \cdot (b - 2 \cdot r - t_w)}{t_f} = 3,99$$

Uvjet za klasu 1:  $\frac{c}{t_f} \leq 9 \varepsilon = 8,28$       Pojasnice su klase 1

Poprečni presjek je klase 1.

### Otpornost poprečnog presjeka:

- Savijanje (Y-Y):

$$M_{c,Rd}^Y = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{124 \cdot 27,5}{1} = 34,1 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Y = 34,1 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Y = 11,96 \text{ (kNm)}$$

- Savijanje (Z-Z):

$$M_{c,Rd}^Z = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{26,10 \cdot 27,5}{1} = 7,18 \text{ (kNm)}$$

$$M_{c,Rd}^Z = 7,18 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^Z = 6,27 \text{ (kNm)}$$

- Posmik (Z)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} = \frac{14,52}{0,5} = 29,04 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{0,92}{1,20} = 55,2$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!

$A_{v,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 9,67 \text{ (cm}^2) \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w = 8,71 \text{ (cm}^2)$       Uvjet zadovoljen!

$$V_{Rd}^Z = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{7,3 \cdot 27,5}{1,7321} = 115,9 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^Z = 115,9 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^Z = 13 \text{ (kN)}$$

- Posmik (Y)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} = \frac{14,52}{0,5} = 29,04 \leq 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \frac{0,92}{1,20} = 55,2$$

Nije potrebna kontrola izbočavanja hrpta uslijed djelovanja posmika!



$$A_{v,y} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 9,67 \text{ (cm}^2) \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w = 8,71 \text{ (cm}^2) \quad \text{Uvjet zadovoljen!}$$

$$V_{Rd}^y = V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{10,19 \cdot 27,5}{1,7321} = 161,79 \text{ (kN)}$$

$$V_{Rd}^y = 161,79 \text{ (kN)} \geq V_{Ed}^y = 6,78 \text{ (kN)}$$

- Savijanje:

$$L_{CR} = 5,30 \text{ (m)} = 530 \text{ (cm)} \quad z_G = \frac{h}{2} = 8 \text{ (cm)}$$

$$k = 1,0 \quad C_1 = 1,127$$

$$k_w = 1,0 \quad C_2 = 0,454$$

$$M_{CR} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L_{CR})^2} \cdot \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \cdot L_{CR})^2 \cdot G \cdot I_T}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot z_g)^2 - C_2 \cdot z_g \right] = 1243,56 \text{ (kNcm)} = 12,44 \text{ (kNm)}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{CR}}} = 0,7596 \geq \lambda_{LT,0} = 0,4 \quad \text{Reduciramo } M_{c,Rd} \text{ zbog mogućnosti instabiliteta elementa.}$$

$$\text{Faktor imperfekcije: } \alpha_{LT} = 0,21 \quad \leftarrow \quad \text{Krivulja izvijanja : } a \begin{cases} \frac{h}{b} \leq 2 \\ \text{Vruće valjani I presjek} \end{cases}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,847$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} \cdot \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0,912$$

$$M_{B,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 3109,92 \text{ (kNcm)} = 31,1 \text{ (kNm)} \geq M_{Ed}^y = 11,96 \text{ (kNm)}$$

Profil IPE 160 zadovoljava otpornost elementa s iskoristivosti od 38,5%

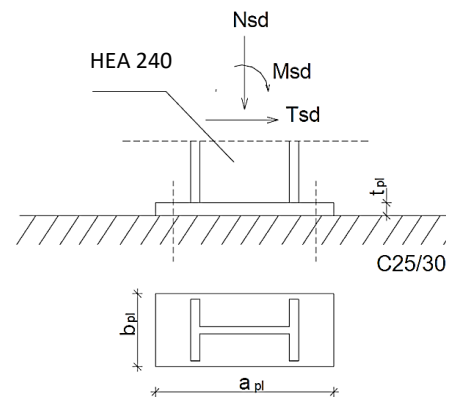
## 6 DIMENZIONIRANJE SPOJEVA ELEMENATA KONSTRUKCIJE

Proračun spojeva odrađen je nakon dimenzioniranja svih elemenata konstrukcije te su sukladno tome uzeti dijagrami reznih sila s usvojenim profilima kao mjerodavni.

### 6.1 UPETI SPOJ TEMELJ – STUP

GSN	
$M_{Ed}$	52,23 (kNm)
$V_{Ed}$	18,39 (kN)
$N_{Ed}$	-25,82(kN)

PODATCI O PROFILU			
b (cm)	24	$t_f$ (cm)	1,2
h (cm)	23	$t_w$ (cm)	0,75
PODATCI O VIJCIMA			
$\phi$ (mm)	M20	$f_{y,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300
K.V.	5,6	$f_{u,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	500



Skica upetog spoja temelj stup

$$N_P^M = \frac{M_{Ed}}{h - t_f} = \frac{52,23}{0,24 - 0,012} = 229,08 \text{ (kN)}$$

$$N_P^N = \frac{A^P}{A} N_{Ed} = \frac{24 \cdot 1,2}{76,8} \cdot 25,82 = 9,683 \text{ (kN)}$$

Ukupna sila u vlačnoj pojasnici:

$$F_{W,Ed} = N_P = N_P^M + N_P^N = 229,08 + 9,683 = 238,763 \text{ (kN)}$$

$$a_{MAX} = 0,7 \cdot t_{MIN} = 0,7 \cdot 0,75 = 0,525 \text{ (cm)}$$

→ Usvojeno: a = 5 (mm)

Otpornost vara:

$$\text{Duljina vara pojasnice: } l = 2 \cdot 240 = 480$$

$$\text{Duljina vara hrpta : } l = 2 \cdot 230 = 460$$

- Uzdužna sila:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk}}{1.25} \cdot \frac{L_{var}^F}{100} = \frac{146}{1.25} \cdot \frac{480}{100} = 560,64 \text{ (kN)} \geq F_{W,Ed} = 241,39 \text{ (kN)}$$

- Poprečna sila:

$$F_{W,Rd} = \frac{F_{W,Rk}}{1.25} \cdot \frac{L_{var}^W}{100} = \frac{146}{1.25} \cdot \frac{460}{100} = 537,28 \text{ (kN)} \geq V_{Ed} = 18,39 \text{ (kN)}$$

### Proračun vijaka: Za M 20

$$C_{MIN} = 2d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 20 + 7\sqrt{2} = 49,899 \text{ (mm)} \rightarrow \text{Usvojeno: } C = 50 \text{ (mm)}$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 2,02 \text{ (m)}$$

$$X_1 = C + h - \frac{t_f}{2} = 50 + 240 - 6 = 284 \text{ (mm)} = 0,284 \text{ (m)}$$

$$X_2 = e - \frac{h}{2} + \frac{t_f}{2} = 2020 - 120 + 6 = 1906 \text{ (mm)} = 1,906 \text{ (m)}$$

$$N_{Ed} \cdot X_2 = F_{T,Ed} \cdot X_1 \rightarrow F_{T,Ed} = N_{Ed} \cdot \frac{X_2}{X_1} = 173,285 \text{ (kN)}$$

- Uzdužna sila:

Otpornost vijka na vlak:

$$F_{T,Rd} = \frac{F_{T,Rk}}{1.25} = \frac{110,3}{1.25} = 88,24 \text{ (kN)} \geq \frac{F_{T,Ed}}{2} = 86,64 \text{ (kN)}$$

- Posmik:

$$F_{V,Rd} = \frac{F_{V,Rk}}{1.25} = \frac{73,5}{1.25} = 58,80 \text{ (kN)} \geq \frac{V_{Ed}}{4} = 4,598 \text{ (kN)}$$

- Interakcija:

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{T,Ed}}{1.4 \cdot F_{T,Rd}} = 0,0782 + 0,7013 = 0,7795 \leq 1,00$$

Proračun dimenzija pločice:

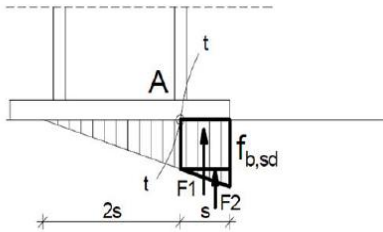
$$a_{PL}^{MIN} = h + 2(c + e_1) = 240 + 2(50 + 50) = 430 \text{ (mm)}$$

$$b_{PL}^{MIN} = b + 2a\sqrt{2} + 20 \text{ (mm)} = 240 + 2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} + 20 \text{ (mm)} = 271,31 \text{ (mm)}$$

$$b_{PL}^{MIN} = p_2 + 2e_2 = 70 + 2 \cdot 40 = 150 \text{ (mm)}$$

ODABRANO: 450x300 (mm)

Proračun debljine pločice:



Pritisak po omotaču rupe:

$$F_{B,Rd} = \frac{F_{B,Rk} t_{PL}}{1.25 \cdot 10} = \frac{162,9 t_{PL}}{1.25 \cdot 10} = 13,032 t_{PL} \geq F_{B,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4} = 4,5975 \text{ (kN)}$$

$$t_{PL} \geq 0.3528 \text{ (mm)}$$

Savijanje pločice zbog odgovora betona:

$$S = (450 - 230 + 12) / 2 = 116 \text{ (mm)} = 11,6 \text{ (cm)}$$

$$R = F_{T,Ed} + N_{Ed} = 173,285 + 25,82 = 199,105 \text{ (kN)}$$

Naprezanje u betonu:

$$f_{b,Ed} = 2R / (3 \cdot s \cdot b_{PL}) = 0,381 \leq f_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1.5} = 1.67 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

Savijanje pločice:

$$M_{Ed} = \frac{2}{3} \cdot f_{b,Sd} \cdot s \cdot b_{pl} \cdot \frac{s}{2} + \frac{\frac{1}{3} f_{b,Sd} \cdot s \cdot b}{2} \cdot \frac{2}{3} s = \frac{2}{3} \cdot 4597,5 \cdot 0.116 \cdot 0.30 \cdot \frac{0.116}{2} + \frac{\frac{1}{3} 4597,5 \cdot 0.116 \cdot 0.3}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 0.116 = 8,25 \text{ kNm}$$

Savijanje pločice zbog vlačnih vijaka:

$$M_{Ed} = F_{T,Ed} \left( c + \frac{t_f}{2} \right) = 173,285 (0.05 + 0.012) = 10,744 \text{ (kNm)}$$

$$M_{Ed}^{MAX} \leq \frac{W_{MIN} \cdot f_y}{1.10} \rightarrow t_{PL}^2 \geq \frac{1.1 \cdot M_{Ed}^{MAX}}{f_y} \cdot \frac{6}{b_{PL}} = 8,595$$

$$t_{PL} \geq 2,93 \text{ (cm)}$$

Konačno usvojene dimenzije pločice : **450 x 300 x 30 (mm)**



## 6.2 VLAČNI NASTAVAK REŠETKE

$$N_{Ed} = 120,01$$

CFRHS 100x100x8

### KONTROLA VAROVA

Određivanje maksimalne debljine vara

$$a_{max} = 0.7 \cdot t_{min} = 0.7 \cdot 8 = 5,6mm$$

odabrano  $a = 5 mm$

Otpornost vara

$$L_w = 0 = 4 \cdot 100 = 500mm$$

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{M_w}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{146}{1.25} \cdot \frac{500}{100} = 584 kN > N_{Ed} = 120,01 kN$$

### PRORAČUN VIJAKA

Pretpostavka: vijci M20 k.v.5.6.

n=4 vijka

Otpornost vijaka na vlak

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M_1}} = \frac{110,3}{1.25} = 88,24 kN$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{120,01}{4} = 30,00 kN < F_{t,Rd} = 88,24 kN$$

### PRORAČUN PLOČE

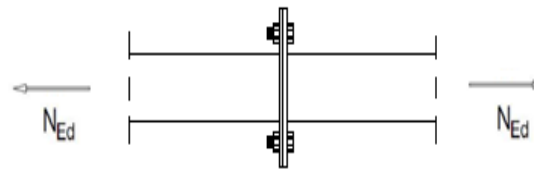
Proračun dimenzija ploče

$$c = 2d + a\sqrt{2} = 2 \cdot 20 + 4\sqrt{2} = 45,65 mm$$

Usvojeno  $c = 50 (mm)$ .

$$b_{pl,min} = b + 2a\sqrt{2} + 20 = 100 + 2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} + 20 = 131,31 mm$$

Odabrane dimenzije ploče su 250x250 mm



Skica vlačnog nastavka rešetke

Proračun minimalne debljine ploče  $t_{pl}$

$$e = 20 \text{ mm}$$

$$b_{pl} = 250 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = 2 \cdot F_{t,Ed} \cdot e = 2 \cdot 30 \cdot 0.020 = 1,2 \text{ kNm}$$

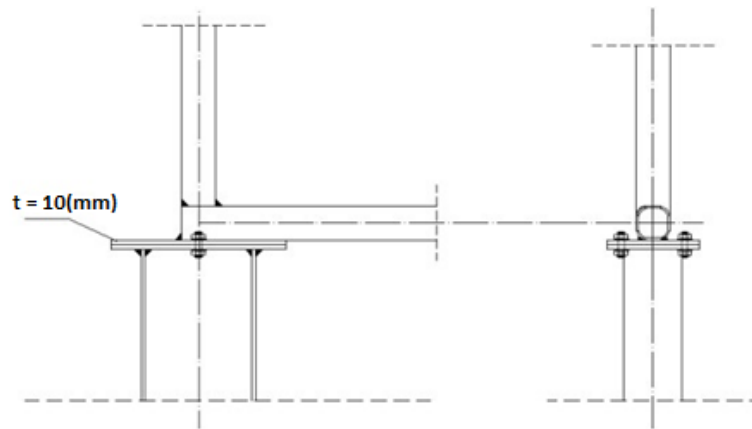
$$M_{Ed} \leq \frac{W_{min} \cdot f_y}{1.1} \rightarrow W_{min} = \frac{1.1 \cdot M_{Ed}}{f_y} = \frac{b_{pl} \cdot t_{pl}^2 \cdot min}{6}$$

$$\rightarrow t_{pl}^{min} = \sqrt{\frac{1.1 \cdot M_{Ed} \cdot 6}{b_{pl} \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{1.1 \cdot 120 \cdot 6}{250 \cdot 27,5}} = 1,07 \text{ cm}$$

Zadovoljava ploča debljine  $t_{pl} = 12 \text{ mm}$

Odabrane dimenzije ploče su **250x250x12mm.**

### 6.3 SPOJ STUP - REŠETKA



Slika 31 - Detalj spoja stup - rešetka

#### DJELOVANJA:

$N_{ED} = 23,4$  (kN) (tlak)

$V_{ED} = 7,09$  (kN)

#### PODACI O POPREČNOM PRESJEKU CFRHS 100/100/8

b(cm)	10	t(cm)	0,8
h(cm)	10		

#### PODATCI O PROFILU HEA 240

b (cm)	23	$t_F$ (cm)	1,2
h (cm)	24	$t_W$ (cm)	0,8

#### PODATCI O VIJCIMA

$\phi$ (mm)	$\phi 12$	$f_{y,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300
K.V.	5.6	$f_{u,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	500

Zavar u uvali:

$$F_{w,Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = \sqrt{23,4^2 + 7,09^2} = 24,45 \text{ (kN)}$$

**Kontrola varova:**

Duljina vara kod stupa:

$$l = 2 * 230 + 2 * (240 - 2 * 12) = 892 \text{ (mm)}$$

Maksimalna debljina vara:

$$a_{\max} = 0,7 * t_{\min} = 0,7 * 8 = 5,6 \text{ (mm)}$$

Odabrano:  $a = 5 \text{ (mm)}$

Otpornost vara:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{146}{1,25} \cdot \frac{892}{100} = 1041,856 \text{ (kN)} > F_{w,Ed} = 24,45 \text{ (kN)}$$

Duljina vara kod rešetke:

$$l = 2 * 100 = 200 \text{ (mm)}$$

Maksimalna debljina vara:

$$a_{\max} = 0,7 * t_{\min} = 0,7 * 8 = 5,6 \text{ (mm)}$$

Odabrano:  $a = 5 \text{ (mm)}$

Otpornost vara:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{146}{1,25} \cdot \frac{200}{100} = 233,6 \text{ (kN)} > F_{w,Ed} = 24,45 \text{ (kN)}$$

**Proračun vijaka:**

Pretpostavka: vijci M12, udaljenost  $c_{\min}$  iznosi:

Profil HEA 240

$$c_{\min} = 2 * d + a * \sqrt{2} = 2 * 12 + 5 * \sqrt{2} = 31,07 \text{ (mm)}$$

Profil CFRHS 100/100/8

$$c_{\min} = 2 * d + a * \sqrt{2} = 2 * 12 + 5 * \sqrt{2} = 31,07 \text{ (mm)}$$

Odabrano:  $c = 32 \text{ (mm)}$

### Otpornost vijaka na posmik:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{25,3}{1,25} = 20,24 \text{ (kN)}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{7,09}{2} = 3,545 \text{ (kN)} < F_{v,Rd} = 20,24 \text{ (kN)}$$

Napomena:

Za kombinaciju se javlja manja poprečna sila, a uzdužna sila je tlačna pa nije potrebno provjeravati tu kombinaciju.

### Proračun dimenzija ploče:

$$a_{pl,min} = h + 2 * a\sqrt{2} + 20 = 240 + 2 * 5\sqrt{2} + 20 = 274,14 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,min} = b + 2 * (c + e_1) = 240 + 2 * (32 + 30) = 364 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,min} = 2 * e_2 + p_2 = 2 * 25 + 40 = 90 \text{ (mm)}$$

Odabrano: 300 x 400 (mm)

### Proračun debljine ploče $t_{pl}$ :

Pritisak po omotaču rupe od osnovnog materijala:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{2} = 3,545 \text{ (kN)} < F_{b,Ed} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t_{pl}}{10} \rightarrow t_{pl} > \frac{F_{b,Ed} \cdot \gamma_{Mb} \cdot 10}{F_{b,Rk}}$$

$$t_{pl} > \frac{3,545 \cdot 1,25 \cdot 10}{99,2} = 0,447 \text{ (mm)}$$

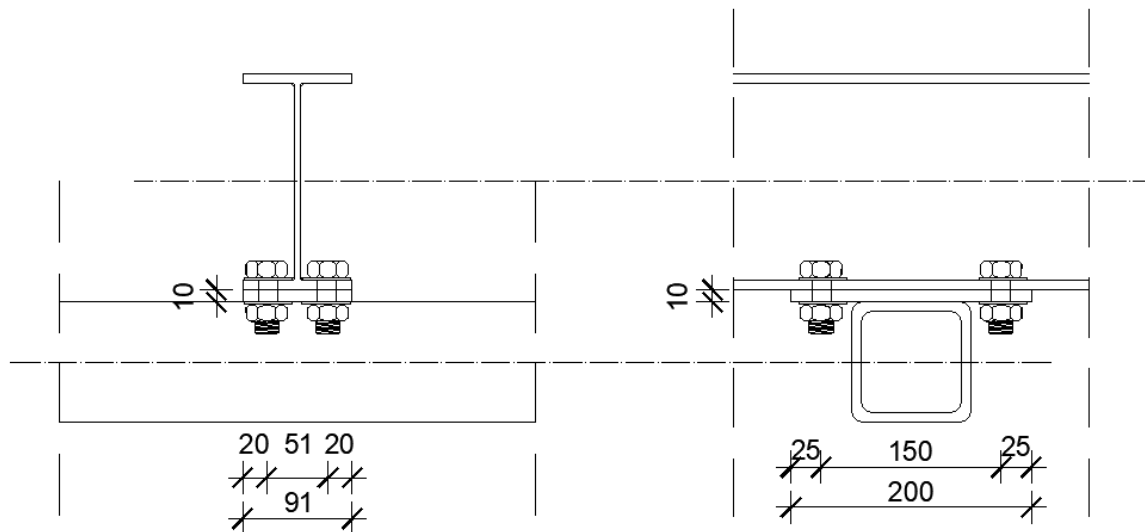
Savijanje ploče od vlačnih vijaka:

$$M_{Ed} = F_{t,Ed} * c = 24,45 * 0,031 = 0,758 \text{ (kNm)}$$

$$\rightarrow t_{pl,min} = \sqrt{\frac{1,1 * M_{Ed} * 6}{b_{pl} * f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 * 75,8 * 6}{40 * 27,5}} = 0,67 \text{ (cm)} \rightarrow 7 \text{ (mm)}$$

Usvojene dimenzije ploče su: 300 x 400 x 10 mm

## 6.4 SPOJ KROVNE PODROŽNICE NA GORNJI POJAS



Slika 32 - Detalj spoja krovne podrožnice na gornji pojas

Spoj podrožnice na gornji pojas izvest će se zavarivanjem pravokutne ploče na gornji pojas nosača dimenzija 91x200x10 mm.

DJELOVANJA:	
$V_{ED,Y}$	1,64 (kN)
$V_{ED,Z}$	18,26 (kN)

PODACI O POPREČNOM PRESJEKU CFRHS 100/100/8			
b(cm)	10	t(cm)	0,8
h (cm)	10		
PODATCI O PROFILU IPE 180			
h (cm)	18	$t_F$ (cm)	0,8
b (cm)	9,1	$t_W$ (cm)	0,53
PODATCI O VIJCIMA			
$\phi$ (mm)	$\phi$ 12	$f_{y,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300
K.V.	5.6	$f_{u,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	500

### Kontrola varova

Određivanje maksimalne debljine vara:

$$a_{\max} = 0,7 * t_{\min} = 0,7 * 8 = 5,6 \text{ (mm)}$$

Odabrano  $a=5$  (mm)

### Otpornost vara:

$$L_w = 0 = 2 \cdot 100 = 200 \text{ (mm)}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} \cdot \frac{L_w}{100} = \frac{146}{1,25} \cdot \frac{200}{100} = 233,6 \text{ (kN)} > V_{z,Ed} = 18,26 \text{ (kN)}$$

### Otpornost vijaka na posmik:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{25,3}{1,25} = 20,24 \text{ (kN)} > F_{v,Ed} = \frac{V_{y,Ed}}{4} = \frac{1,64}{4} = 0,41 \text{ (kN)}$$

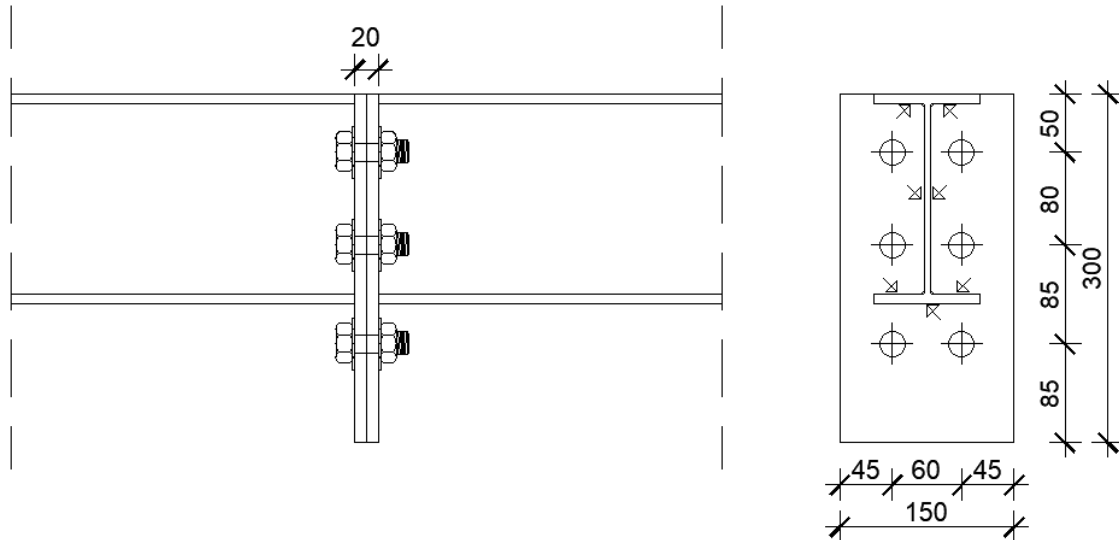
### Otpornost vijaka na pritisak po omotaču rupe:

$$F_{b,Rd} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t_{pl}}{10} = \frac{99,2}{1,25} \cdot \frac{10}{10} = 79,36 \text{ (kN)} > F_{v,Ed} = 0,41 \text{ (kN)}$$

### Otpornost vijaka na vlak:

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{37,9}{1,25} = 30,32 \text{ (kN)} > F_{t,Ed} = \frac{V_{y,Ed}}{4} = 0,41 \text{ (kN)}$$

## 6.5 NASTAVAK KROVNE PODROŽNICE



Slika 33 - Detalj nastavka krovnih podrožnica

Nastavci krovnih podrožnica postavljaju se na udaljenosti 6,5 m od rubova hale, a na ostatak hale postavljeni su na svakih 8 m. U tim spojevima se javljaju minimalni momenti.

<b>DJELOVANJA:</b>	
$M_{ED} = 2$ (kNm)	
$V_{ED} = 8$ (kN)	
$N_{ED} = 0$ (kN)	

<b>PODATCI O PROFILU IPE 180</b>			
h (cm)	18	$t_F$ (cm)	0,8
b (cm)	9,1	$t_w$ (cm)	0,53
<b>PODATCI O VIJCIMA</b>			
$\phi$ (mm)	$\phi$ M12	$f_{y,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	300
K.V.	5.6	$f_{u,B}$ (N/mm <sup>2</sup> )	500



## Raspodjela sila po presjeku nosača

### Pojasnice:

Vlačna sila u pojasnici od momenta savijanja:

$$N_p^M = \frac{M_{Ed}}{h'} = \frac{2}{(0,180 - 0,008)} = 11,63 \text{ (kN)}$$

Sila u pojasnici od uzdužne sile:

$$N_p^N = \frac{A_p}{A} * N_{Ed} = 0,0 \text{ (kN)}$$

Ukupna sila u vlačnoj pojasnici:

$$N_p = N_p^M + N_p^N = 11,63 + 0,0 = 11,63 \text{ (kN)} = F_{w,Ed}$$

## Kontrola vara na pojasnicima i hrptu

Dužina vara pojasnice:

$$l_1 = 2 * 91 = 181 \text{ (mm)}$$

Dužina vara hrpta:

$$l_2 = 2 * (180 - 2 * 8) = 328 \text{ (mm)}$$

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

$$a_{max} = 0,7 * t_{min} = 0,7 * 5,3 = 3,71 \text{ (mm)}$$

Za pretpostavljeni var  $a=3$  (mm)

## Otpornost vara na uzdužnu silu:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} * \frac{L_w}{100} = \frac{87,6}{1,25} * \frac{181}{100} = 126,84 \text{ (kN)} > F_{w,Ed} = 11,63 \text{ (kN)}$$

## Otpornost vara na poprečnu silu:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{w,Rk}}{\gamma_{Mw}} * \frac{L_w}{100} = \frac{87,6}{1,25} * \frac{328}{100} = 229,86 \text{ (kN)} > V_{Ed} = 8 \text{ (kN)}$$

## Proračun vijaka

Pretpostavka: vijci M 12 k.v. 5.6

$$c_{\min} = 2 * d + a * \sqrt{2} = 2 * 12 + 3 * \sqrt{2} = 28,24 \text{ (mm)}$$

Usvojeno  $c=30$  (mm)

## Otpornost vijaka na vlak:

Vlačna sila se raspoređuje na dva vijka.

$$F_{t,Rd} = \frac{F_{t,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{37,9}{1,25} = 30,32 \text{ (kN)} > F_{t,Ed} = \frac{N_p}{2} = \frac{11,63}{2} = 5,815 \text{ (kN)}$$

## Otpornost vijaka na posmik:

Poprečna sila se raspoređuje na 6 vijaka.

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M1}} = \frac{25,3}{1,25} = 20,24 \text{ (kN)} > F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{6} = \frac{8}{6} = 1,33 \text{ (kN)}$$

## Interakcija uzdužne i posmične sile na vijak:

$$\frac{F_{t,Ed}}{1,4 * F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{5,815}{1,4 * 30,32} + \frac{1,33}{20,24} = 0,2 < 1,0$$

## Proračun dimenzija ploče:

$$a_{pl,\min} = h + (c + e_1) = 180 + (30 + 30) = 240 \text{ (mm)}$$

$$b_{pl,\min} = p_2 + 2 * e_2 = 40 + 2 * 25 = 90 \text{ (mm)}$$

Odabrane dimenzije širine i dužine ploče su 300x 150(mm).

## Proračun debljine ploče

Pritisak po omotaču rupe od osnovnog materijala:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{6} = 1,33 \text{ (kN)} < F_{b,Ed} = \frac{F_{b,Rk}}{\gamma_{Mb}} \cdot \frac{t_{pl}}{10} \rightarrow t_{pl} > \frac{F_{b,Ed} \cdot \gamma_{Mb} \cdot 10}{F_{b,Rk}}$$

$$t_{pl} > \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot 10}{99,2} = 0,17 \text{ (mm)}$$

Savijanje ploče od vlačnih vijaka:

$$M_{Ed} = F_{t,Ed} * c = 5,815 * 0,029 = 0,168 \text{ (kNm)}$$

$$\rightarrow t_{pl,min} = \sqrt{\frac{1,1 * M_{Ed} * 6}{b_{pl} * f_y}} = \sqrt{\frac{1,1 * 16,8 * 6}{15 * 27,5}} = 0,51 \text{ (cm)}$$

**Usvojene dimenzije ploče su: 300 x 150 x 10 (mm)**

## 7 LITERATURA

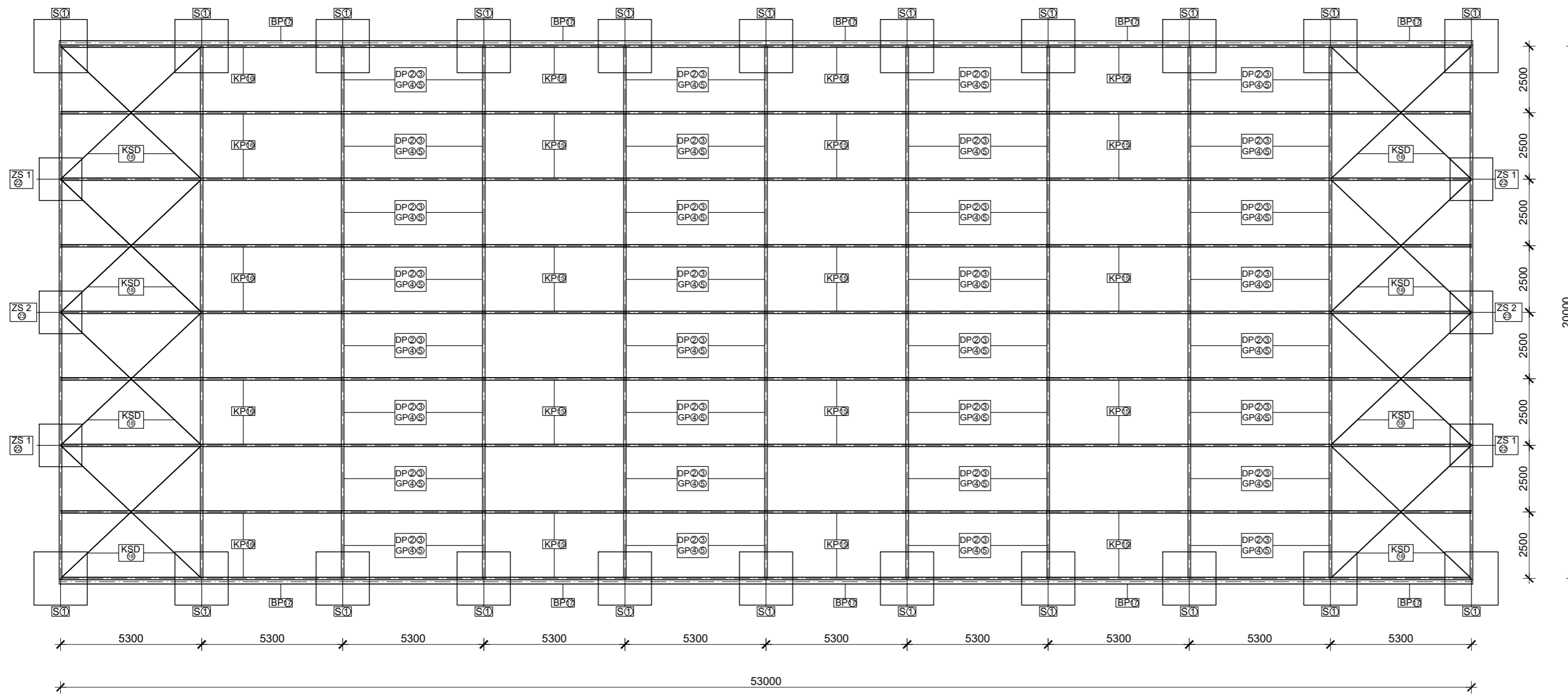
- [1] B. Androić; D. Dumović; I. Džeba: Metalne konstrukcije 1, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1994.
- [2] ENV 1993-1-1: 1992: Eurocode 3: Bemessung nach EC3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau.
- [3] Prof.dr.sc. Ivica Boko: Predavanja
- [4] Materijali sa vježbi: Osnove metalnih konstrukcija, katedra za metalne i drvene konstrukcije
- [5] FGAG repozitorij: Repozitorij Fakulteta Građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu



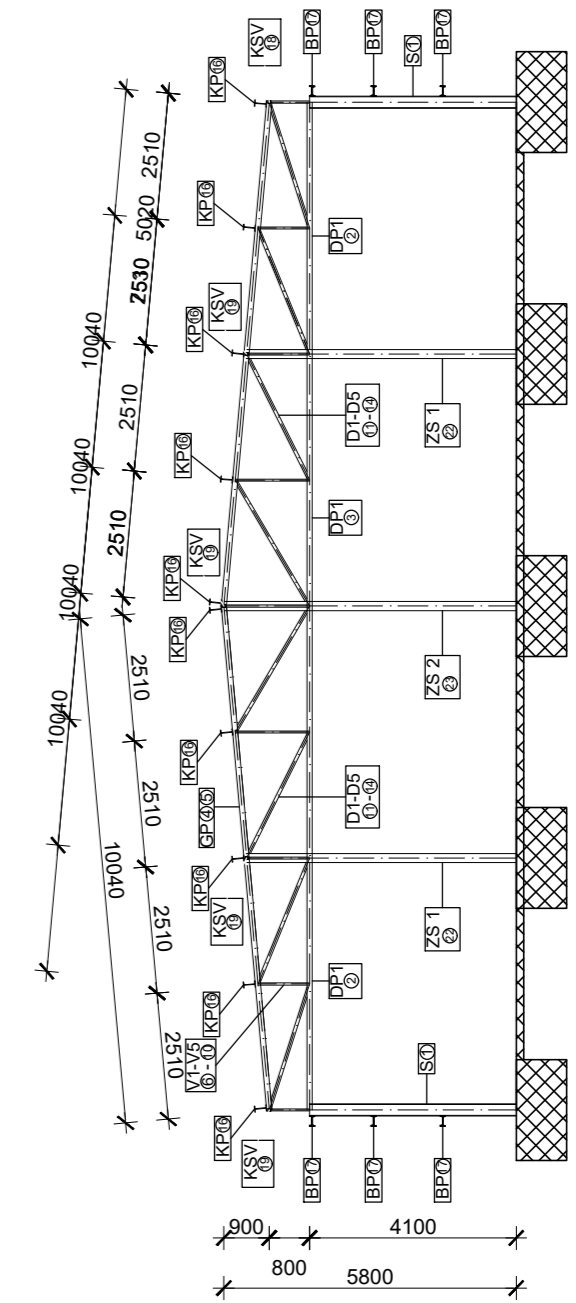
## 8 NACRTI

GENERALNI PLAN POZICIJA  
M 1:150

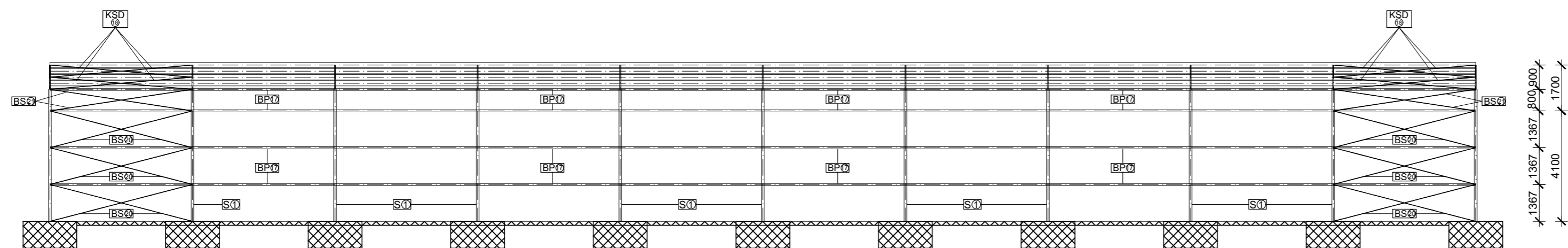
TLOCRTNI POGLED




BOČNI POGLED



UZDUŽNI POGLED



PRIKAZ I OPIS POZICIJA			
POZ.	ELEMENT	PROFIL	NAZIV
1	STUP (S)	HEA 240	Stup glavne konstrukcije
2-3	DONJI POJAS (DP)	CFRHS 100X100X8	Donji pojas krovne rešetke
4-5	GORNJI POJAS (GP)	CFRHS 100X100X8	Gornji pojas krovne rešetke
6-10	VERTIKALE (V)	CFRHS 40X40X4	Vertikalne ispune krovne rešetke
11-14	DIJAGONALE (D)	CFRHS 60X60X4	Dijagonalne ispune krovne rešetke
15-16	KROVNA PODR. (KP)	IPE 180	Sekundarna krovna konstrukcija
17	BOČNA PODR. (BP)	IPE 160	Sekundarna bočna konstrukcija
18	KROVNI SPREG DIJAGONALA (KSD)	RD 12	Krovna dijagonala vjetrovnog sprega
19	KROVNI SPREG VERTIKALA (KSV)	CFRHS 60x60x4	Krovna vertikala vjetrovnog sprega
20-21	BOČNI SPREG (BS)	RD 12	Bočna dijagonala vjetrovnog sprega
22-23	ZABATNI STUPOVI (ZS)	HEA 180	Sekundarna konstrukcija na zabatu hale



SVUČILIŠTE U SPLITU  
GRADEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Osnove metalnih konstrukcija

TEMA  
PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE

STUDENT  
Luka Njavro

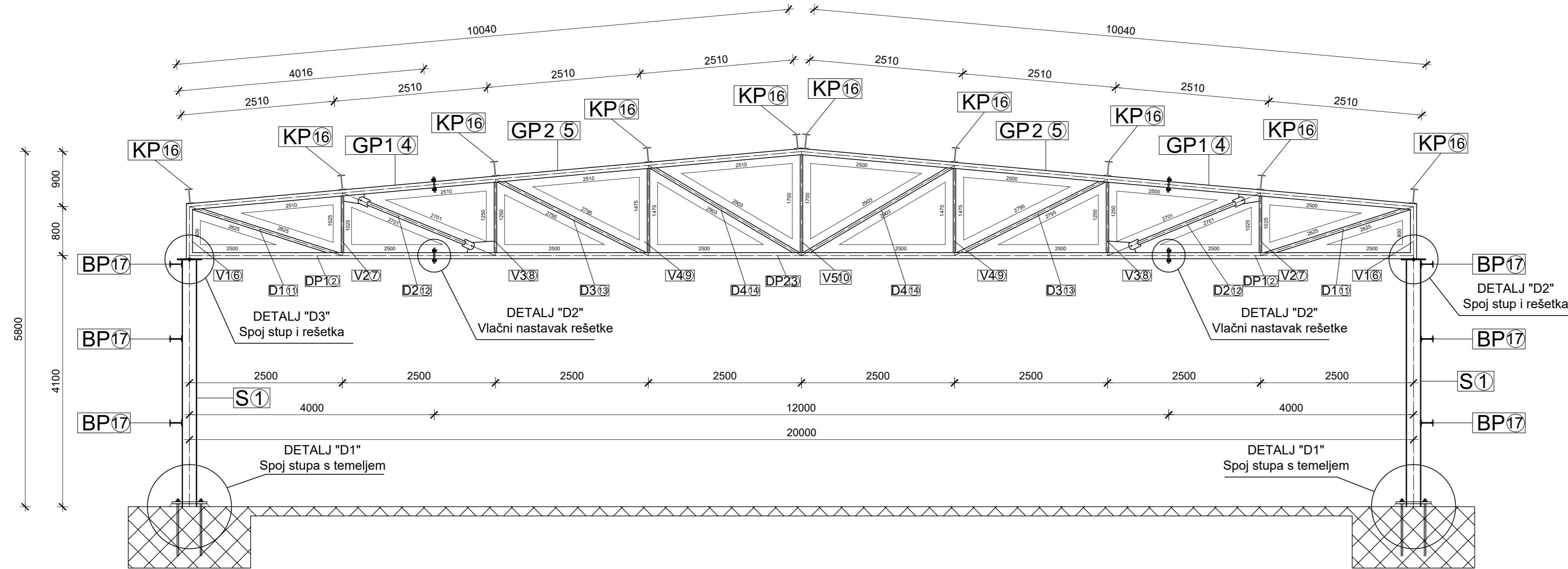
SADRŽAJ  
Generalni plan pozicija

DATUM  
lipanj 2024.

MJERILO  
1:150

BROJ PRILOGA  
1

PRESJEK KROZ GLAVNI OKVIR  
M 1:50



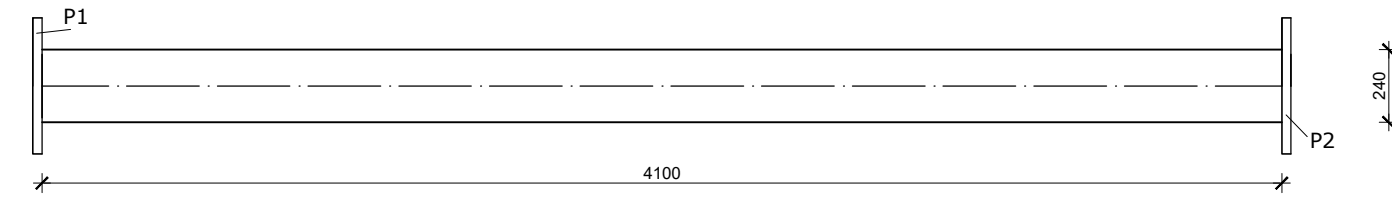
PRIKAZ I OPIS POZICIJA			
POZ.	ELEMENT	PROFIL	NAZIV
1	STUP (S)	HEA 240	Stup glavne konstrukcije
2-3	DONJI POJAS (DP)	CFRHS 100X100X8	Donji pojas krovne rešetke
4-5	GORNJI POJAS (GP)	CFRHS 100X100X8	Gornji pojas krovne rešetke
6-10	VERTIKALE (V)	CFRHS 40X40X4	Vertikalne ispune krovne rešetke
11-14	DIJAGONALE (D)	CFRHS 60X60X4	Dijagonalne ispune krovne rešetke
15	KROVNA PODR. (KP)	IPE 180	Sekundarna krovna konstrukcija
16	BOČNA PODR. (BP)	IPE 160	Sekundarna bočna konstrukcija

Napomena:  
Materijal konstrukcije za sve elemente  
je S275.

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU GRAĐEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p>	Osnove metalnih konstrukcija		
	TEMA	PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE	
	STUDENT	Luka Njavro	
	SADRŽAJ	Presjek kroz glavni okvir	MJERILO 1:50
	DATUM	lipanj 2024.	BROJ PRILOGA 2

# RADIONIČKI NACRT GLAVNOG NOSAČA M 1:25

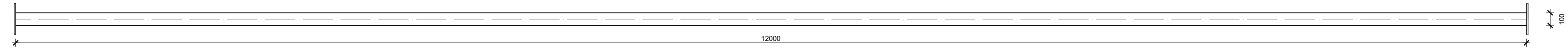
1 STUP (S) HEA 240, l=4100 mm, kom=22



2 DONJA POJASNICA (DP1) 10/100/8, l=4000 mm, kom=22



3 DONJA POJASNICA (DP2) 100/100/8, l=12000 mm, kom=11



4 GORNJA POJASNICA (GP1) 100/100/8, l=6012 mm, kom=22

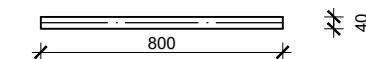


5 GORNJA POJASNICA (GP1) 100/100/8, l=4004 mm, kom=22

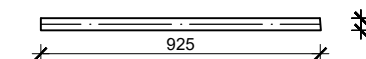


VERTIKALE CFRHS 40/40/4

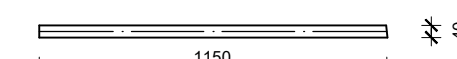
6 (V1) l=800 mm, kom=22



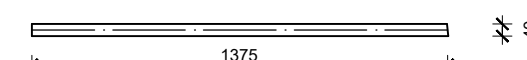
7 (V2) l=925 mm, kom=22



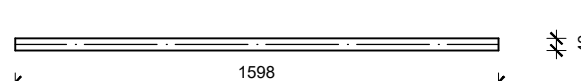
8 (V3) l=1150 mm, kom=22



9 (V4) l=1375 mm, kom=22

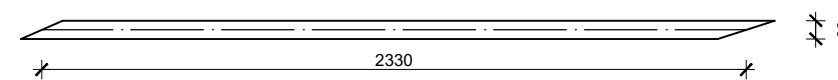


10 (V5) l=1598 mm, kom=11

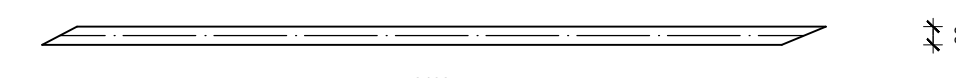


DIJAGONALE CFRHS 60/60/4

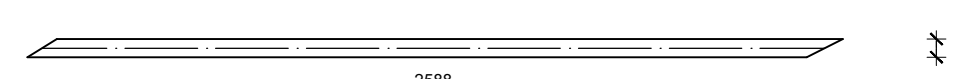
11 (D1) l=2330 mm, kom=22



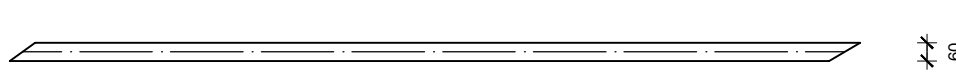
12 (D2) l=2462 mm, kom=22



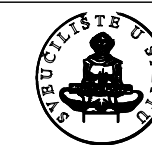
13 (D3) l=2588 mm, kom=22



14 (D4) l=2719 mm, kom=22



Pozicija	Element	Poprečni presjek	Površina(mm <sup>2</sup> )	Duljina (mm)	Masa (kg/m <sup>3</sup> )	Broj komada	Masa (kg)
1	S	HEA 240	7680	4100	60,3	22	5439,06
2	DP1	CFRHS 100/100/8	2724	4000	22,6	22	1988,8
3	DP2	CFRHS 100/100/8	2724	12000	22,6	11	2983,2
4	GP1	CFRHS 100/100/8	2724	6012	22,6	22	2989,17
5	GP2	CFRHS 100/100/8	2724	4004	22,6	22	1990,79
6	V1	CFRHS 40/40/4	435	800	4,4	22	77,44
7	V2	CFRHS 40/40/4	435	925	4,4	22	89,54
8	V3	CFRHS 40/40/4	435	1150	4,4	22	111,32
9	V4	CFRHS 40/40/4	435	1375	4,4	22	133,10
10	V5	CFRHS 40/40/4	435	1598	4,4	11	77,34
11	D1	CFRHS 60/60/4	855	2330	6,9	22	353,69
12	D2	CFRHS 60/60/4	855	2462	6,9	22	373,73
13	D3	CFRHS 60/60/4	855	2588	6,9	22	392,86
14	D4	CFRHS 60/60/4	855	2719	6,9	22	412,74
							Σ= 18039,05



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
GRAĐEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Osnove metalnih konstrukcija

TEMA  
PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE

STUDENT  
Luka Njavro

SADRŽAJ  
Radionički nacrt glavnog nosača

DATUM  
lipanj 2024.

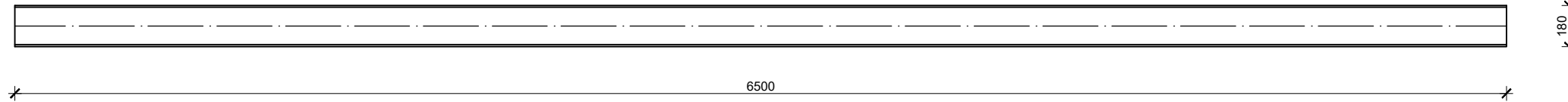
MJERILO  
1:25

BROJ PRILOGA  
3

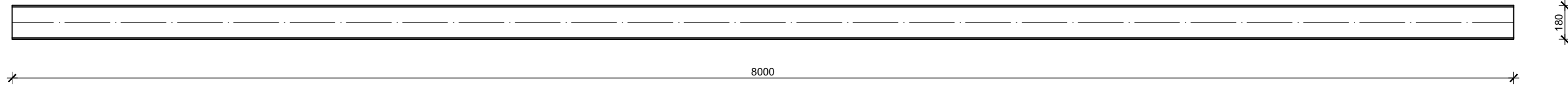


# RADIONIČKI NACRT SEKUNDARNIH NOSAČA M 1:25

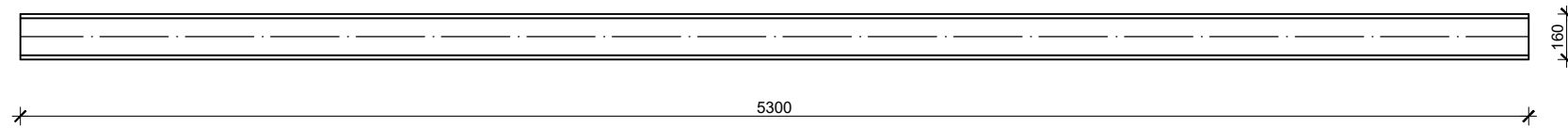
15 KROVNA PODROŽNICA (KP1) IPE 180, l=6500 mm, kom=100



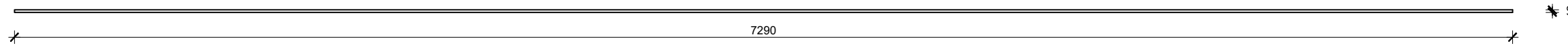
16 KROVNA PODROŽNICA (KP2) IPE 180, l=8000 mm, kom=100



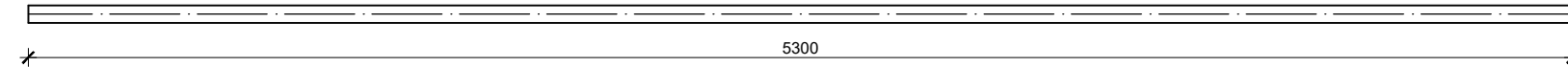
17 BOČNA PODROŽNICA (BP) IPE 160, l=5300 mm, kom=100



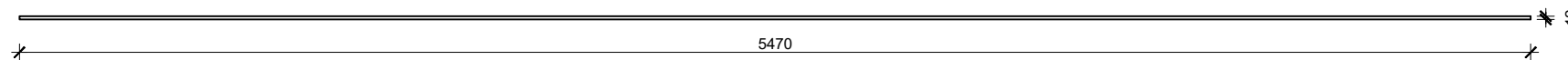
18 KROVNI SPREG DIJAGONALA (KSD) RD12, l=7290 mm, kom=16



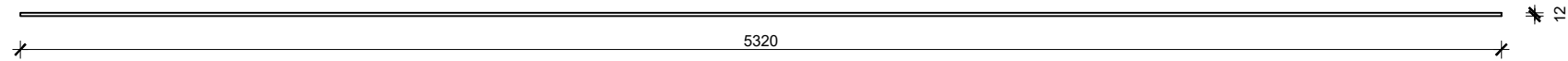
19 KROVNI SPREG VERTIKALA (KSV) RD12, l=5300 mm, kom=16



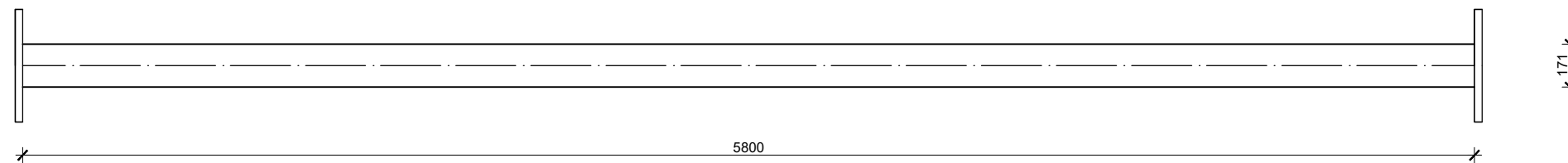
20 BOČNI SPREG (SB1) RD12, l=5470 mm, kom=24



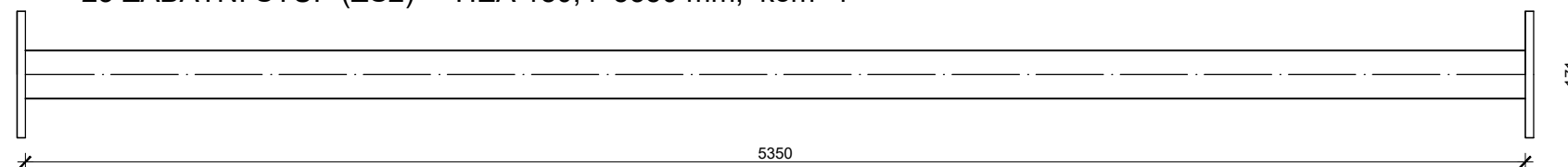
21 BOČNI SPREG (SB2) RD12, l=5320 mm, kom=8



22 ZABATNI STUP (ZS1) HEA 180, l=5800 mm, kom=2



23 ZABATNI STUP (ZS2) HEA 180, l=5350 mm, kom=4



Pozicija	Element	Poprečni presjek	Površina(mm <sup>2</sup> )	Duljina (mm)	Masa (kg/m <sup>3</sup> )	Broj komada	Masa (kg)	
15	KP1	IPE180	2390	6500	18,8	20	2444	
16	KP2	IPE180	2390	8000	18,8	50	7520	
17	BP	IPE160	2010	5300	15,8	100	8374	
18	KSD	RD12	201,06	7290	0,89	16	141,13	
19	KSV	CFRHS 60/60/4	855	5300	6,9	10	365,7	
20	SB1	RD12	201,06	5470	0,89	24	207,42	
21	SB2	RD12	201,06	5320	0,89	8	367,24	
22	ZS1	HEA180	4530	5800	36,2	2	419,92	
23	ZS2	HEA180	4530	5350	36,2	4	774,68	
							Σ=	20614,09



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
GRAĐEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Osnove metalnih konstrukcija

TEMA  
PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE

STUDENT  
Luka Njavro

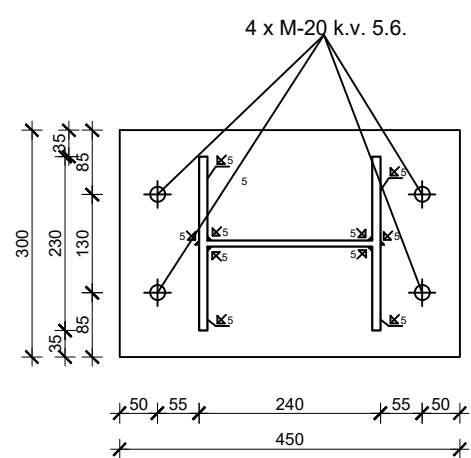
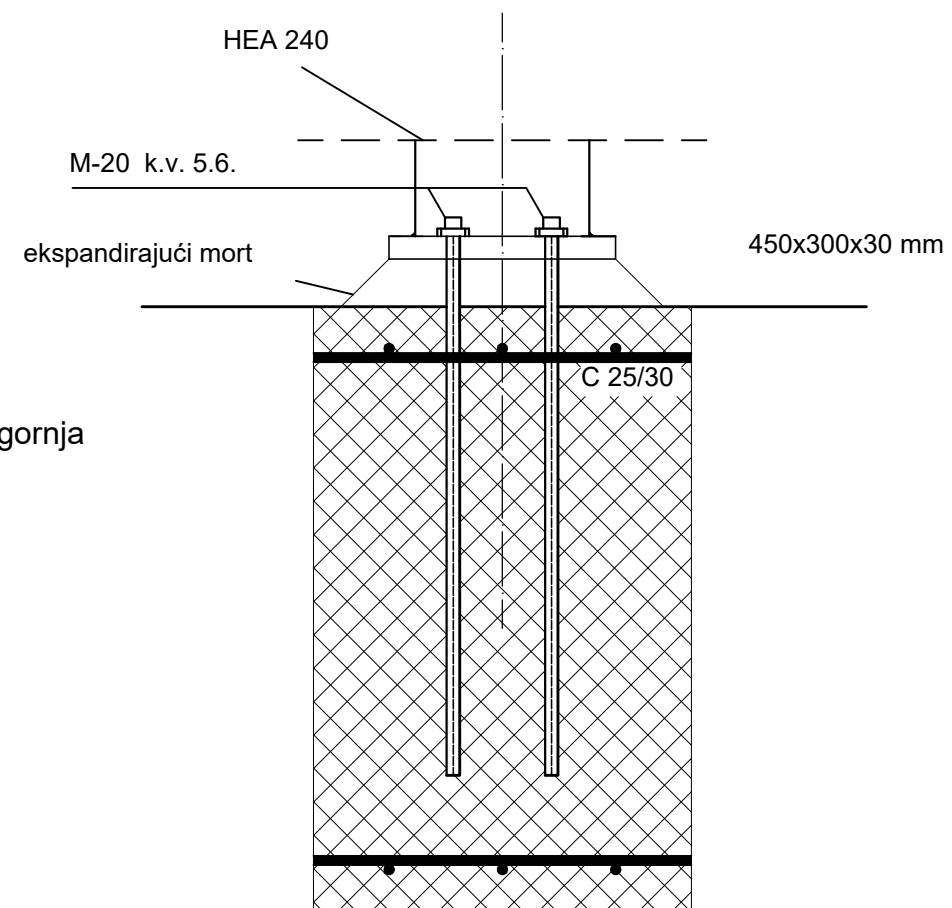
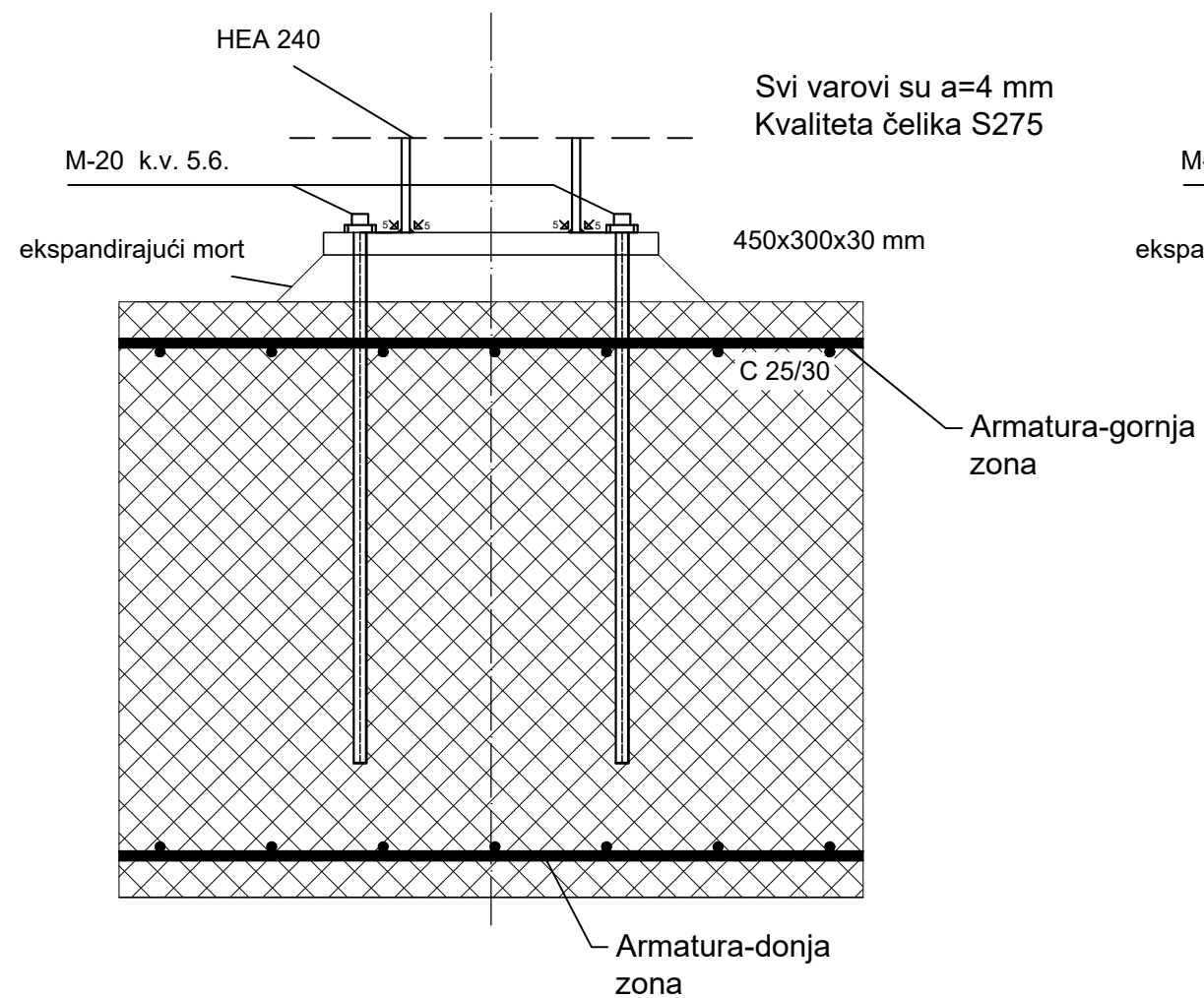
SADRŽAJ  
Radionički presjek sek. nosača

DATUM  
lipanj 2024.

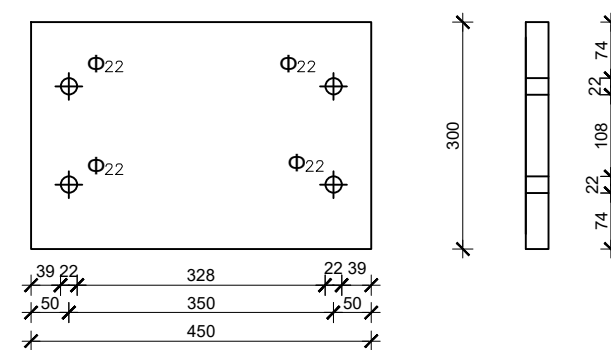
MJERILO  
1:25

BROJ PRILOGA  
4

# DETALJ SPOJA STUP-TEMELJ M 1:10



PLOČICA P1 450x300x30 mm



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
GRADEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Osnove metalnih konstrukcija

TEMA  
PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE

STUDENT  
Luka Njavro

SADRŽAJ  
Detalj spoja stup - temelj

MJERILO  
1:10

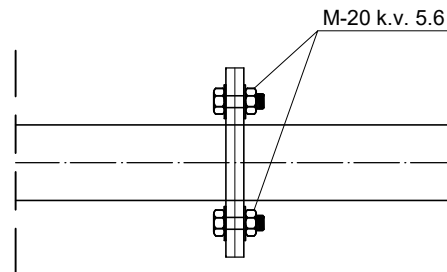
DATUM  
lipanj 2024.

BROJ PRILOGA

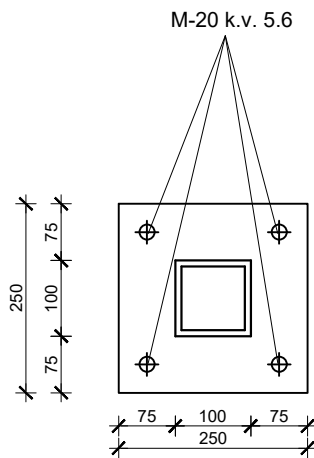
5

# VLAČNI NASTAVAK REŠETKE

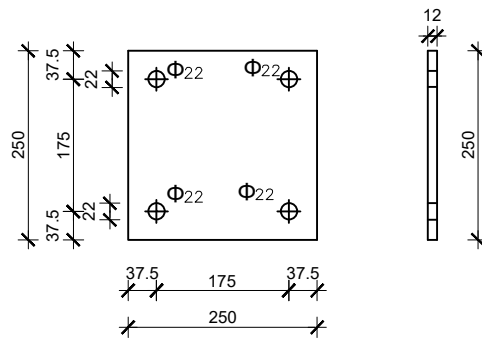
## M 1:10



Debljina vara a=5mm

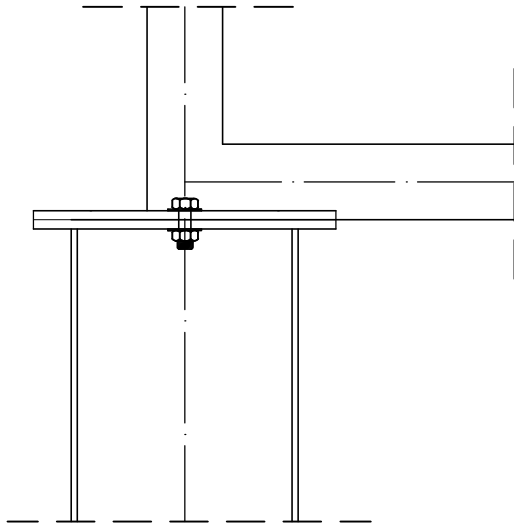


PLOČICA P2 250x250x12 mm

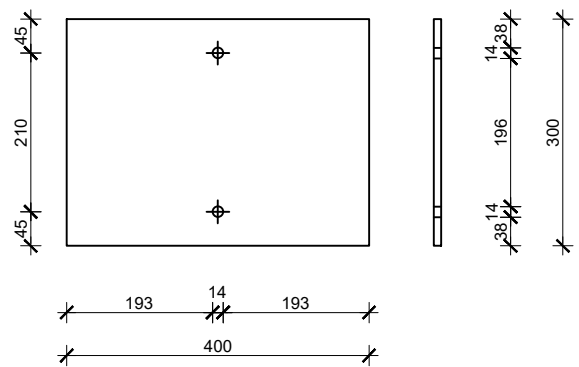
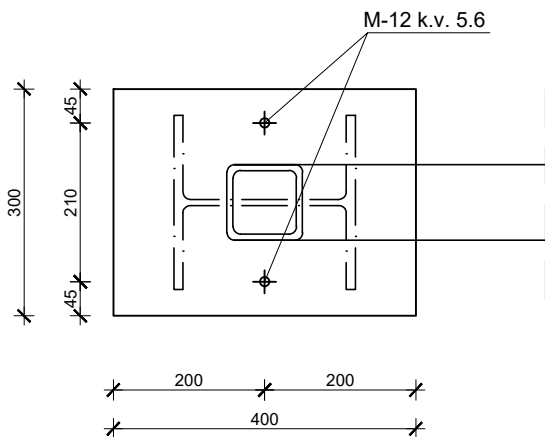


# SPOJ STUP REŠETKA

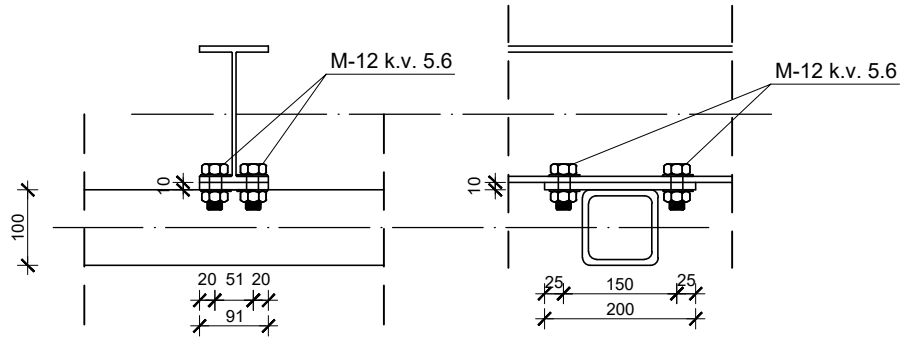
## M 1:10



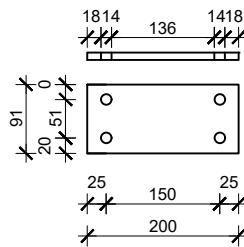
PLOČICA P3 300x400x10 mm




# SPOJ KROVNE PODROŽNICE NA GORNJI POJAS M 1:10



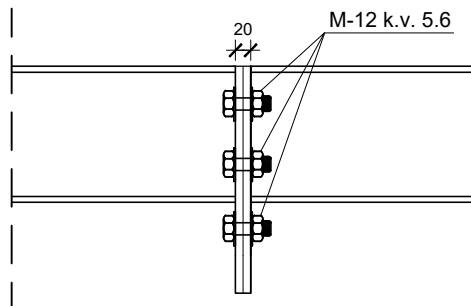
PLOČICA P4 200x91x10 mm



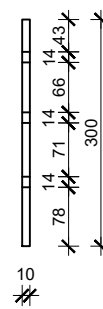
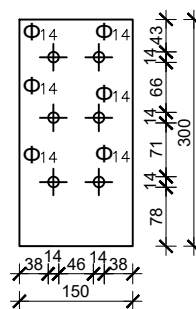
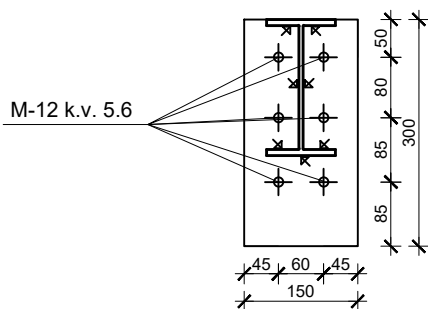
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU GRAĐEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p>	<b>Osnove metalnih konstrukcija</b>	
	TEMA <b>PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE</b>	
	STUDENT <b>Luka Njavro</b>	
	SADRŽAJ Spoj krovne podrožnice na gornji pojas	MJERILO 1:10
	DATUM lipanj 2024.	BROJ PRILOGA <b>8</b>


# NASTAVAK KROVNE PODROŽNICE

## M 1:10



PLOČICA P5 150x300x10 mm



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU          GRAĐEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET          21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p>	<b>Osnove metalnih konstrukcija</b>	
	TEMA PROJEKTIRANJE I DIMENZIONIRANJE HALE	
	STUDENT Luka Njavro	
	SADRŽAJ Nastavak krovne podrožnice	MJERILO 1:10
	DATUM lipanj 2024.	BROJ PRILOGA 9

## TABLICA PREDMJERA MATERIJALA ZA CIJELU KONSTRUKCIJU

POZICIJA	PROFIL	DUŽINA (mm)	KOMADA	JED. TEŽINA (kg/m)	UKUPNA TEŽINA (kg)	
1	Stup (S)	HEA 240	4100	22	60,3	5439,06
2	Donji pojas (DP1)	100x100x8	4000	22	22,6	1988,8
3	Donji pojas (DP2)	100x100x8	12000	11	22,6	2983,2
4	Gornji pojas (GP1)	100x100x8	6012	22	22,6	2989,17
5	Gornji pojas (GP2)	100x100x8	4004	22	22,6	1990,79
6	Vertikala (V2)	40x40x4	925	22	4,4	77,44
7	Vertikala (V2)	40x40x4	925	22	4,4	89,54
8	Vertikala (V3)	40x40x4	1150	22	4,4	111,32
9	Vertikala (V4)	40x40x4	1375	22	4,4	133,10
10	Vertikala (V5)	40x40x4	1598	11	4,4	77,34
11	Dijagonala (D1)	60x60x4	2330	22	6,9	353,69
12	Dijagonala (D2)	60x60x4	2462	22	6,9	373,73
13	Dijagonala (D3)	60x60x4	2588	22	6,9	392,86
14	Dijagonala (D4)	60x60x4	2719	22	6,9	412,74
15	Krovna podrožnica (KP1)	IPE180	6500	20	18,8	2444
15	Krovna podrožnica (KP2)	IPE180	8000	50	18,8	7520
16	Bočna podrožnica (BP)	IPE160	5300	100	15,8	8374
17	Kr. spreg (KSD)	Ø12	7290	16	1,21	141,13
18	Kr. spreg (KSV)	Ø12	5300	16	1,21	365,7
18	Boč. spreg (BS1)	Ø12	5470	24	1,58	207,42
19	Boč. spreg (BS2)	Ø12	5320	8	1,58	67,24
20	Zabatni stup(ZS1)	HEA180	5800	2	36,2	419,92
21	Zabatni stup(ZS2)	HEA180	5350	4	36,2	774,68
22	Pločica(P1)	450x300x30	Proračun preko zapremnine	22	7850	699,44
23	Pločica(P2)	250x250x12	Proračun preko zapremnine	22	7850	129,53
24	Pločica(P3)	300x400x10	Proračun preko zapremnine	44	7850	414,48
25	Pločica(P4)	200x91x10	Proračun preko zapremnine	110	7850	157,16
26	Pločica(P5)	150x300x10	Proračun preko zapremnine	120	7850	423,9
<b>Ukupno (kg)</b>					<b>40063,17</b>	
<b>+2,0% spojna sredstva</b>					<b>801,26</b>	
<b>UKUPNO (kg)</b>					<b>40864,43</b>	
<b>UKUPNO (kg/m<sup>2</sup>)</b>					<b>38,55</b>	

