

# Proračun drvene konstrukcije dvostrešnog krovišta

---

Lušić, Dafne Dea

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

*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:123:673511>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **ZAVRŠNI RAD**

**Dafne Dea Lušić**

**Split, 2016.**

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

## **Proračun drvene konstrukcije dvostrešnog krovšta**

**Završni rad**

**Split, 2016.**

***Sažetak:***

Tema ovog završnog rada je dimenzioniranje drvenog dvostrešnog krovišta duljine 20,0 m na lokaciji grada Zagreba, na koju djeluju stalna i promjenjiva djelovanja. Dimenzije glavnog nosača su zadane dok se gornji pojas, donji pojas te dijagonale dimenzioniraju na proračunata opterećenja. Kao dio završnog rada, obrađeno je i rješenje spoja dviju dijagonala na donji pojas.

***Ključne riječi:***

Drveno dvostrešno krovište, stalno djelovanje, promjenjivo djelovanje, donji pojas, gornji pojas, dijagonale, spoj

## **Budget wooden structure gabled roof**

***Abstract:***

The theme of this final paper is sizing wooden gabled roof length 20.0 m at the site of the city of Zagreb , on which they operate permanent and variable actions . Dimensions of the main carriers are given until the upper band , the lower belt and diagonal dimensioned to calculated load . As part of the final paper , processed and decision circuit two diagonals on the lower belt .

***Keywords:***

The wooden gable roof, permanent effect, variable effect, the lower belt, upper belt, diagonals, compound

<b><u>1. TEHNIČKI OPIS</u></b> .....	<b>3</b>
<b><u>2. ANALIZA OPTEREĆENJA</u></b> .....	<b>5</b>
<u>2.1. STALNO OPTEREĆENJE – KROVNA PLOHA</u> .....	5
<u>2.2. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE - DJELOVANJE SNJEGA</u> .....	5
<u>2.3. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE - DJELOVANJE VJETRA</u> .....	6
<b><u>3. DIJAGRAMI UNUTRAŠNJIH SILA</u></b> .....	<b>12</b>
<u>3.1. KOMBINACIJA 1</u> .....	12
<u>3.2. KOMBINACIJA 2</u> .....	13
<b><u>4. GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI</u></b> .....	<b>14</b>
<b><u>5. DIMENZIONIRANJE (REŠETKE)</u></b> .....	<b>17</b>
<u>5.1. GORNJI POJAS</u> .....	18
<u>5.2. DONJI POJAS</u> .....	20
<u>5.3. DIJAGONALE</u> .....	25
<u>5.4. DIMENZIONIRANJE PODROŽNICE</u> .....	27
<u>5.5. STABILIZACIJA</u> .....	29
<b><u>6. PRORAČUN SPOJA A</u></b> .....	<b>34</b>
<u>6.1. DIJAGONALA NA DONJI POJAS</u> .....	34
<b><u>7. NACRTI</u></b> .....	<b>39</b>
<u>7.1. GENERALNI NACRT GLAVNOG NOSAČA M 1:200</u>	
<u>7.2. RADIONIČKI NACRT GLAVNOG NOSAČA M 1:50</u>	
7.3. DETALJ SPOJA A M 1:10	

# **PROGRAMSKI ZADATAK**

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1. 1. KONSTRUKTIVNI SUSTAV KROVA

Projektom je zadan konstruktivni sustav - rešetkasti nosač raspona  $l=20,00$  (m). Kut nagiba krova prema horizontali iznosi  $25^{\circ}$ . Glavni nosači su paralelni u tlocrtu i nalaze se na međusobnom razmaku 4,00 m.

Stabilizacija gornjeg i donjeg pojasa predviđena je prostornim spregovima.

### OPIS KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA

#### *GLAVNI NOSAČI*

Glavni nosači predstavljaju nosivi dio konstrukcije i prenose vertikalna opterećenja na nosive zidove i dalje na temeljno tlo. Glavni nosači su dimenzionirani da prime utjecaj od vlastite težine čitave konstrukcije i opterećenja od snijega i vjetra. Oni su pravokutnog poprečnog presjeka spojeni u čvorovima. Sami elementi geometrije prikazani su na generalnom nacrtu.

#### *PODROŽNICE*

Podrožnica prenosi opterećenje s krovne plohe na glavne nosače. Elementi podrožnice koji imaju i funkciju vertikala vjetrovnog sprega, kvadratnog su poprečnog presjeka dimenzija 22/20 i nalaze se na razmaku od 550,0 cm. Podrožnica je okomita na nagib krovne plohe.

#### *SPREG*

Spreg služi za prihvaćanje horizontalnih sila vjetra sila i za pridržavanje glavnih nosača da ne bi došlo do izbočavanja. Horizontalne spregove tvore glavni nosači kao pojasevi, glavne podrožnice kao vertikale i dijagonale koje su izvedene od čelika okruglog poprečnog presjeka  $\emptyset 12$ .

## 1. 2. STATIČKA ANALIZA SUSTAVA

Statičkom analizom obuhvaćena su opterećenja koja djeluju na drvenu konstrukciju. Ta opterećenja i njihove kombinacije su:

- stalni teret
- snijeg
- vjetar (1 –s podtlačnim djelovanjem u potkrovlju i 4 –s tlačnim djelovanjem u potkrovlju).

Konstrukcija se nalazi na području Zagreba, a lokalna kategorija terena je IV. Odgovarajući koeficijenti za vjetar i za snijeg uzeti su prema tome iz propisanih tablica.

Za proračun uzimamo najnepovoljniju kombinaciju opterećenja. Za statičku shemu glavnog nosača uzeta je statički određena rešetka sa punim zglobovima u svim čvorovima.

Za proračun statičkog odgovora konstrukcije i izračun unutarnjih sila (momenti savijanja, poprečne i uzdužne sile) korišten je kompjutorski program ("SCIA"). Gornji i donji pojas su izračunati kao kontinuirane grede na koje su zglobovno vezane dijagonale. Ovakvim načinom računanja dolazi se do stvarnog stanja naprezanja u presjecima rešetke.

Izvršena je i 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 IZRADE

Poprečni presjeci:

- Gornji pojas (20 x 22 cm)
- Donji pojas iz dva dijela: 2 x 20 x 16 cm  
20 x 16 cm
- Dijagonale – 20 x 12 cm (L=2,533 m) i 2 x 8 x 16 cm (L=6,057 m)

Drveni elementi konstrukcije izrađeni su od C24, uporabne klase 1.

Karakteristične vrijednosti za ovu klasu :

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

#### Metalni elementi

U iznimnim slučajevima korišten je lim zaštićen od korozije, debljine 2 mm.

Pokrov je izveden od sendvič panela.

### 1. 4. NAČIN ZAŠTITE DRVENIH ELEMENATA

Zaštitu nosivih elemenata potrebno je provesti s odgovarajućim vodootpornim zaštitnim sredstvima. Zaštita se provodi s tri premaza, s tim da je dva premaza potrebno nanijeti u tvornici prije transporta, a treći završni nakon potpunog „zatvaranja“ konstrukcije. Boja zaštitnog sredstva je prozirno smeđa u tonu drva nosača.

Zaštita metalnih dijelova i spajala izvodi se pocinčavanjem na uobičajen način, a u skladu s važećim propisima sve metalne dijelove prije pocinčavanja potrebno je obraditi.

### 1. 5. 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. Zatim se međusobno povezuju preko podrožnice. Konačno na već postavljenu konstrukciju postavlja se pokrov.

Nosači se trebaju transportirati u takvom položaju u kakvom će kasnije primiti opterećenje. Transport i montažu treba obaviti tako da se izbjegn timer moguća oštećenja dijelova konstrukcije.



# OPĆI PODACI, GEOMETRIJA I ANALIZA OPTEREĆENJA

## Glavni nosač:

Trokutasti rešetkasti nosač

Raspon:  $L = 20,0$  m

Nagib krovne plohe:  $\alpha = 25,0^\circ$

Visina nosača:  $H = 10,0$  m

Razmak nosača:  $n = 4,0$  m

Razmak vertikala:  $a = 2,1$  m ( $a' = 5,50$  m)

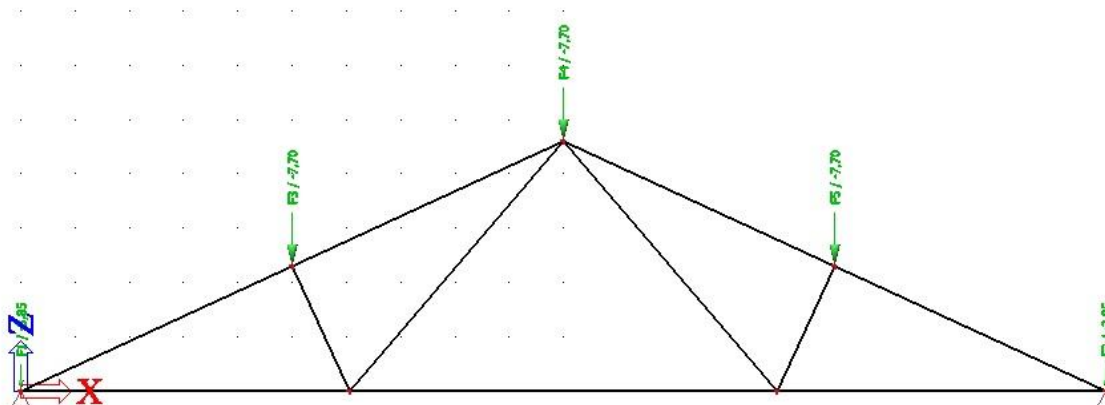
Stalno opterećenje:  $dG = 0,35$  kN/m<sup>2</sup> ( pokrov + stabilizacija + s.n. )

## 2. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1. Stalno djelovanje

$$G_1 = \Delta G * n * a' = 0,35 * 4,0 * 5,50 = 7,7 \text{ kN}$$

$$\frac{G_1}{2} = 3,85 \text{ kN}$$



Slika 1. Prikaz stalnog djelovanja  $G_1$

### 2.2. Djelovanje snijega

Opterećenje snijegom na krovu (po tlocrtnoj površini krova) određuje se po formuli:

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

$s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u kN/m<sup>2</sup>

$s_k = 1$  kN/m<sup>2</sup>  $\Leftrightarrow$  za Zagreb, područje A, do 100 m nadmorske visine

- Nagib krova :

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

$\alpha$  je nagib krova

$\mu_i = 0,8$

$c_e$ - koeficijent izloženosti (1,0)

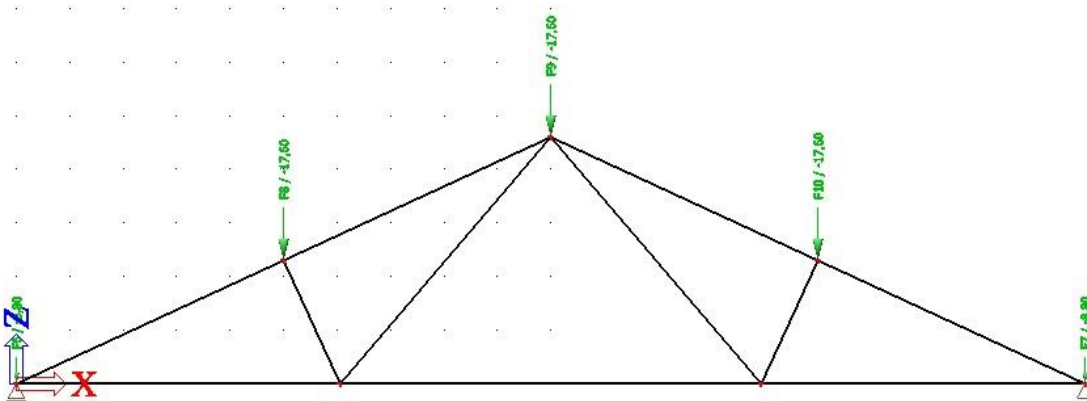
$c_t$ - toplinski koeficijent (1,0)

Opterećenje snijegom preko cijele krovne površine:

$$s = 1,0 * 0,8 * 1,0 * 1,0 = 0,8 [ \text{kN/m}^2 ]$$

$$S = s * n * a' = 0,8 * 4,0 * 5,50 = 17,6 \text{ kN}$$

$$\frac{S}{2} = 8,8 \text{ kN}$$



Slika 2. Prikaz djelovanja snijega S

### 2.3. Proračun djelovanja vjetra

- pritisak vjetra na vanjske površine:

$$w_e = q_p |z_e| * c_{pe} [ \text{kN/m}^2 ]$$

- pritisak vjetra na unutarnje površine:

$$w_i = q_p |z_i| * c_{pi} [ \text{kN/m}^2 ]$$

$q_p |z_e|$  => pritisak vjetra pri udaru

$z_{e(i)}$  => referentna visina za vanjski (unutarnji) pritisak

$c_{pe}$  => vanjski koeficijent pritiska

$c_{pi}$  => unutarnji koeficijent pritiska

Određivanje pritiska brzine vjetra pri udaru

Osnovni pritisak vjetra  $q_b$  određuje se prema formuli:

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 [ \text{kN/m}^2 ]$$

gdje je:

$\rho$ - gustoća zraka (usvaja se vrijednost iz propisa  $1,25 \text{ kg/m}^3$ )  
 $v_b$  - osnovna brzina vjetra.

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 20^2 = 250,0 \text{ N/m}^2$$

Osnovna brzina vjetra  $v_b$  računa se dalje prema izrazu:

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} [ \text{m/s} ]$$

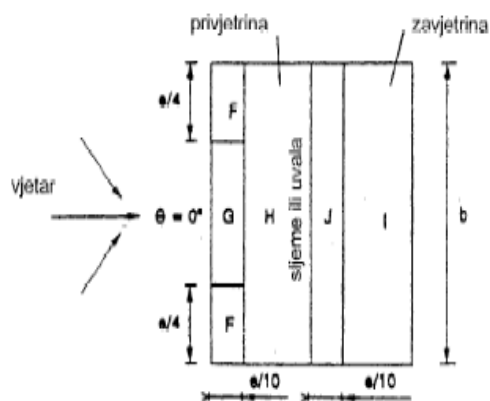
gdje je:

$v_{b,0}$  – fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (očitava se iz karte)  
 $c_{dir}$  – faktor smjera vjetra (obično se uzima **1,0**)  
 $c_{season}$  – faktor doba godine (obično se uzima **1,0**).

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 20,0 = 20,0 \text{ m/s}$$

### Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka

Za dvostrešne krovove koeficijenti vanjskog pritiska određuju se tako da se krovna površina podijeli na zone, dok se referentna visina  $z_e$  uzima kao ukupna visina građevine.



Slika 3. Prikaz područja vjetrova dvostrešne krovove ( $\theta=0^\circ$ )

Koeficijenti tlaka za svako područje ovise o veličini površine opterećene zone građevine. Dopušta se linearna interpolacija između kutova nagiba krovova (osim kad je kut između  $-5^\circ$  i  $+5^\circ$ , tada se koriste podaci za ravne krovove).

Nakon dobivenih vrijednosti  $v_b$  i  $v_{b,0}$ , definira se srednja brzina vjetra  $v_m(z)$  iznad terena:

$$v_m|z| = c_r|z| * c_0|z| * v_b [ \text{m/s} ]$$

gdje je:

$c_r(z)$  – faktor hrapavosti terena

$c_0(z)$  – faktor orografije ili opisivanje brežuljaka ili gora (obično se uzima 1,0).

$$v_m|z| = c_r|z| * c_0|z| * v_b = 0,53 * 1,0 * 20,0 = 10,6 \text{ m/s}$$

$$z = 10 \text{ m}$$

IV. kategorija terena  $\rightarrow z_0 - z_{\min} = 1,0 - 10$

Faktor hrapavosti  $c_r(z)$  određuje se prema:

$$c_r|z| = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{za } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r|z| = c_r|z_{\min}| \quad \text{za } z \leq z_{\min}$$

gdje su:

$z_0$  – duljina hrapavosti

$k_r$  – faktor terena ovisan o duljini hrapavosti

$z_{\min}$  – minimalna visina hrapavosti

$z_{\max}$  – maksimalna visina hrapavosti (usvaja se vrijednost **200 m**).

$$5 \text{ m} \leq 10 \text{ m} \leq 200 \text{ m} \rightarrow c_r|z| = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,23 * \ln\left(\frac{10}{1,0}\right) = 0,53$$

Faktor terena  $k_r$  određuje se prema:

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

gdje je:

$z_{0,II}$  – duljina hrapavosti za kategoriju terena IV (prema tablici iznosi **0,05 m**).

Očitano iz tablice za IV. kategoriju terena:  $z_0 = 1,0 \text{ m}$ ,  $z_{\min} = 10 \text{ m}$ .

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{1,0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,23$$

Intenzitet turbulencije  $I_v(z)$  računa se prema izrazu:

$$I_v|z| = \frac{k_I}{c_0|z| * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

gdje je:

$k_I$  – faktor turbulencije (obično se uzima vrijednost 1,0).

$$I_v|z| = \frac{k_I}{c_0|z| * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 * \ln\left(\frac{10}{1,0}\right)} = 0,43$$

Pritisak brzine vjetra pri udaru  $q_p(z)$  se računa kao:

$$q_p|z| = c_e|z| * q_b = |1 + 7 * I_v|z|| * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2|z|$$

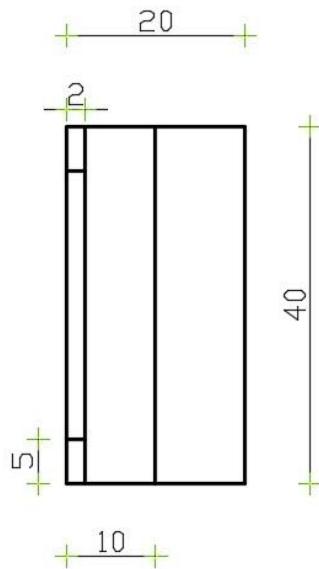
gdje je:

$c_e(z)$  – faktor izloženosti i odnosi se na pritisak te ovisi o visini iznad terena  $z$  i kategoriji terena

$$q_p|z| = |1 + 7 * I_v|z|| * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2|z| = |1 + 7 * 0,43| * \frac{1}{2} * 1,25 * 10,6^2 = 281,60 \text{ N/m}^2$$

$$q_p|z| = 0,28 \text{ kN/m}^2$$

Parametar e:  $e = \min \{40; 2 \cdot 10\} = 20m$



Slika 4. Prikaz područja vjetra za dvostrešne krovove ( $\theta=0^\circ$ ) sa dimenzijama

- za krovna područja (dvostrešni krov)

$\alpha=25^\circ$	F	G	H	I	J
$c_{pe1}$	- 0,6	- 0,58	- 0,23	- 0,58	- 0,45
$c_{pe2}$	+ 0,58	+ 0,58	+ 0,35	+ 0,0	+ 0,0

Tablica 1. Vrijednosti koeficijenta vanjskog pritiska za područja dvostrešnog krova

PODRUČJE	G	H	I	J
$c_{pe1}$	- 0,58	- 0,23	- 0,58	- 0,45
$c_{pe2}$	+ 0,58	+ 0,35	+ 0,0	+ 0,0
$W_{e1}$	- 0,16	- 0,06	- 0,16	- 0,13
$W_{e2}$	+ 0,16	+ 0,10	0,0	0,0
$W_1$ ( $W_{e1}$ „+“ $W_{i1}$ )	<b>- 0,22</b>	<b>- 0,12</b>	<b>- 0,22</b>	<b>- 0,19</b>
$W_2$ ( $W_{e1}$ „-“ $W_{i2}$ )	0,08	0,02	0,08	0,05
$W_3$ ( $W_{e2}$ „-“ $W_{i1}$ )	0,10	0,04	0,06	0,06
$W_4$ ( $W_{e2}$ „+“ $W_{i2}$ )	<b>+ 0,24</b>	<b>+ 0,18</b>	<b>+ 0,08</b>	<b>+ 0,08</b>

Tablica 2. Vrijednosti koeficijenta pritiska vjetra

$$W_{i1} = q_p |z| * (+0,2) = 0,28 * 0,2 = 0,06 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{i2} = q_p |z| * (- 0,3) = 0,28 * (- 0,3) = - 0,08 \text{ kN/m}^2$$

### IZNOS KONCENTRIRANIH SILA:

#### ZONA G:

$$W_1 = -0,22 * n * a' = - 0,22 * 4,0 * 5,5 = -4,84 \text{ kN}$$

$$W_4 = 0,24 * n * a' = 0,24 * 4,0 * 5,5 = 5,28 \text{ kN}$$

$$W_{1/2} = -2,42 \text{ kN}$$

$$W_{4/2} = 2,64 \text{ kN}$$

#### ZONA H:

$$W_1 = - 0,12 * n * a' = - 0,12 * 4,0 * 5,5 = -2,64 \text{ kN}$$

$$W_4 = 0,18 * n * a' = 0,18 * 4,0 * 5,5 = 3,96 \text{ kN}$$

$$W_{1/2} = -1,32 \text{ kN}$$

$$W_{4/2} = 1,98 \text{ kN}$$

#### ZONA I:

$$W_1 = - 0,22 * n * a' = - 0,22 * 4,0 * 5,5 = -4,84 \text{ kN}$$

$$W_4 = 0,08 * n * a' = 0,08 * 4,0 * 5,5 = 1,76 \text{ kN}$$

$$W_{1/2} = -2,42 \text{ kN}$$

$$W_{4/2} = 0,88 \text{ kN}$$

#### ZONA J:

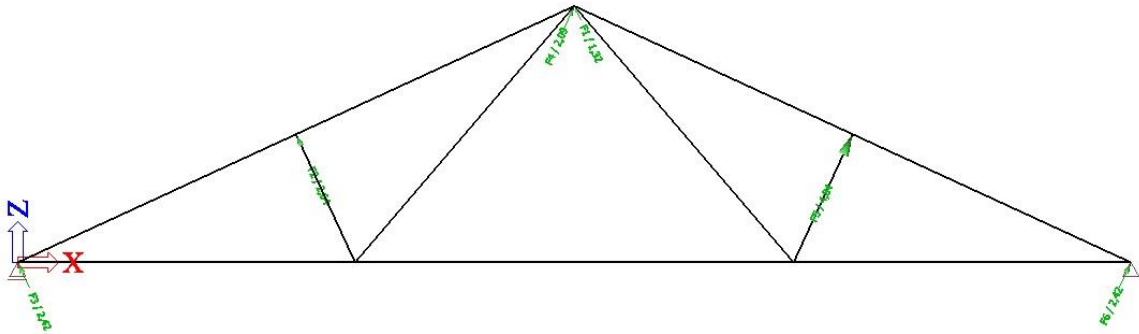
$$W_1 = - 0,19 * n * a' = - 0,19 * 4,0 * 5,5 = -4,18 \text{ kN}$$

$$W_4 = 0,08 * n * a' = 0,08 * 4,0 * 5,5 = 1,76 \text{ kN}$$

$$W_{1/2} = -2,09 \text{ kN}$$

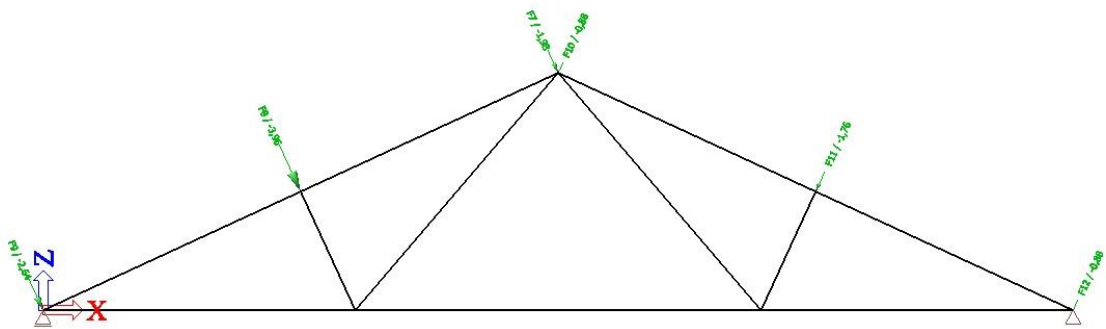
$$W_{4/2} = 0,88 \text{ kN}$$

## Djelovanje vjetra (W1)



Slika 5. Prikaz djelovanja vjetra W1

## Djelovanje vjetra (W4)



Slika 6. Prikaz djelovanja vjetra W2

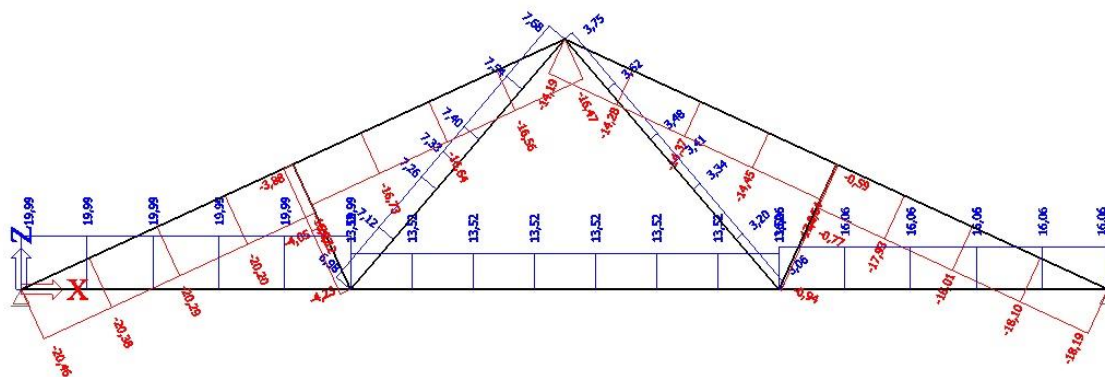
### 3. DIJAGRAMI UNUTRAŠNJIH SILA

#### 3.1. Kombinacija GSN=1,0 vlastita težina (G) + 1,0 stalno djelovanje (G<sub>1</sub>) + 1,50 vjetar (W<sub>1</sub>)

N-dijagram

max vlačna sila = 19,99 kN ; max vlačna sila = -20,46 kN

N [kN]

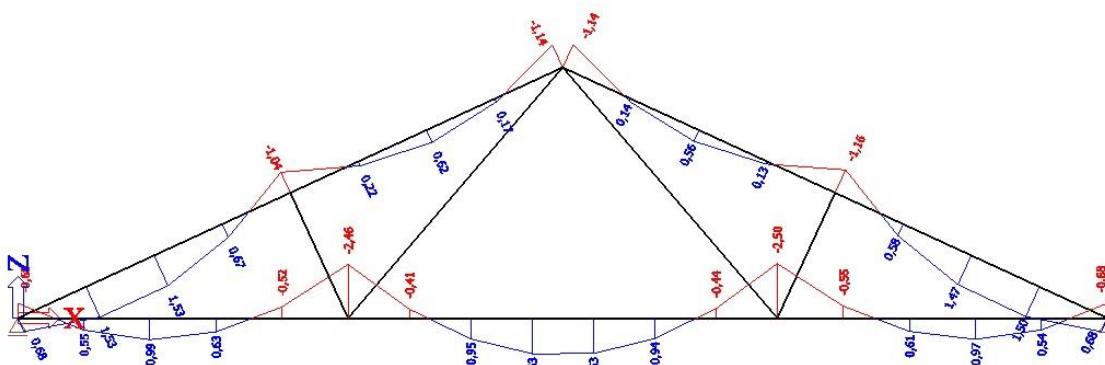


Slika 7. N- dijagram za GSN kombinaciju 1.

M-dijagram

max moment = 1,63 kNm ; max moment = -2,50 kNm

M [kNm]

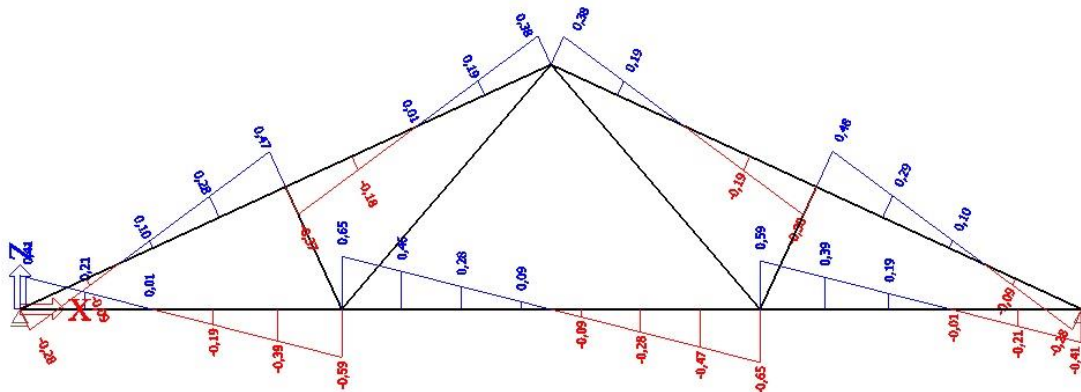


Slika 8. M- dijagram za GSN kombinaciju 1.

T-dijagram

max tlačna sila = 0,65 kNm ; max tlačna sila = -0,65 kNm

T [kN]



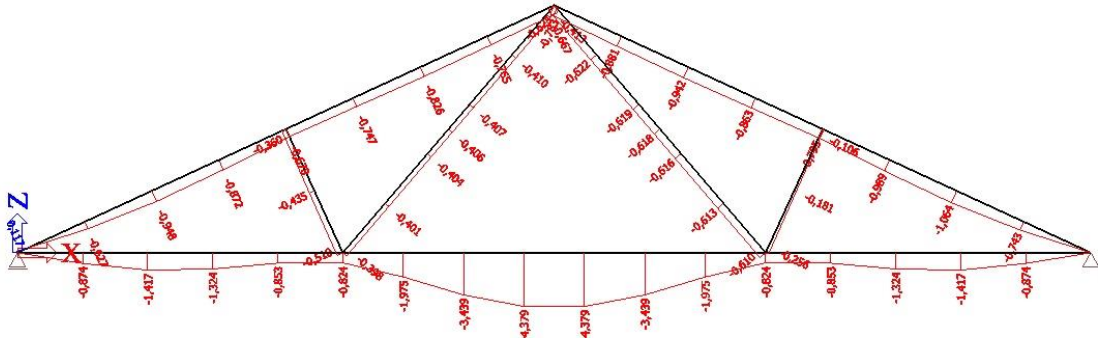
Slika 9. T- dijagram za GSN kombinaciju 1.





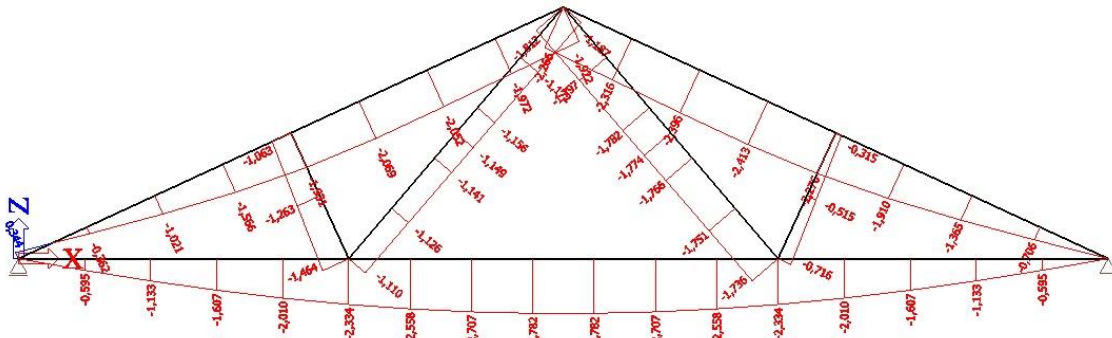
## 4. GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI

GSU- progib G



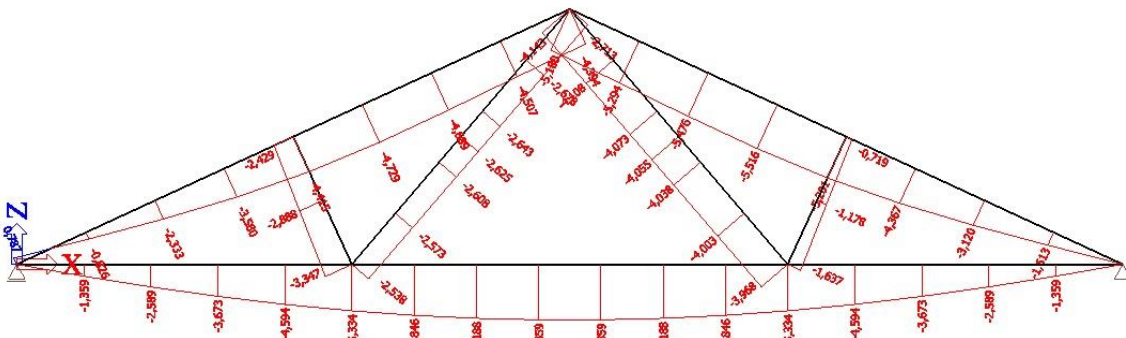
Slika 13. Prikaz progiba od vlastite težine G

GSU- progib G1



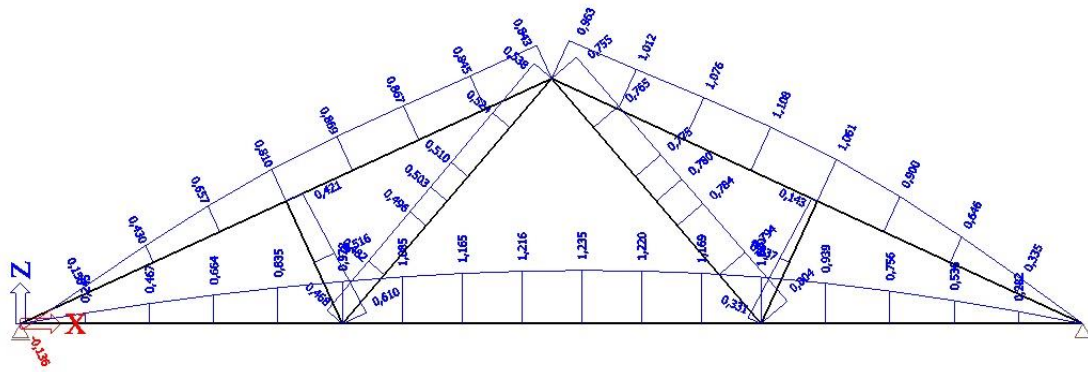
Slika 14. Prikaz progiba od stalnog djelovanja G1

GSU- progib snijeg (S)



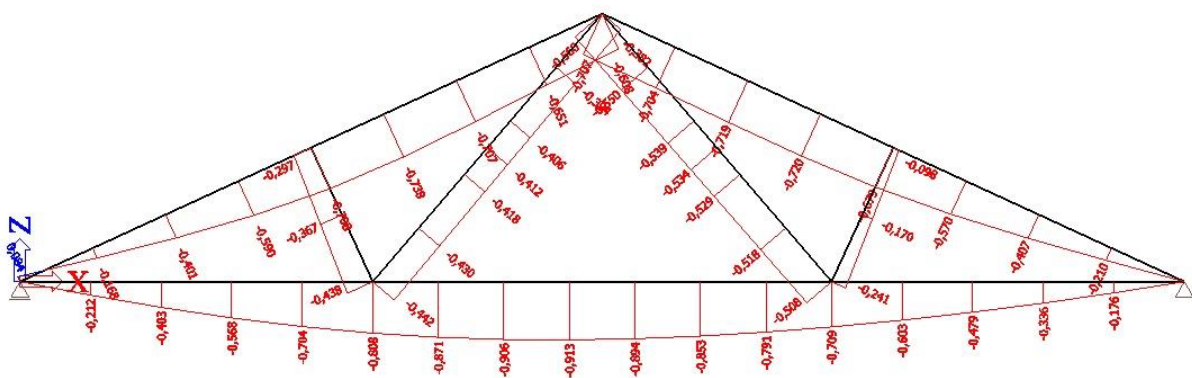
Slika 15. Prikaz progiba od snijega S

GSU- progib vjetar (W1)



Slika 16. Prikaz progiba od vjetra W1

GSU- progib vjetar (W4)



Slika 17. Prikaz progiba od vjetra W2

### **Konačne vrijednosti deformacija**

$$W_{fin} = W_{inst} * (1 + k_{def})$$

#### **Stalno opterećenje G**

$$W_g = W_{inst} * (1 + k_{def}) = 4,379 * (1 + 0,6) = 7,01 \text{ mm}$$

$k_{def} = 0,60$  - stalno

#### **Stalno opterećenje G1**

$$W_{g1} = W_{inst} * (1 + k_{def}) = 2,782 * (1 + 0,6) = 4,45 \text{ mm}$$

$k_{def} = 0,60$  - stalno

#### **Promjenjivo opterećenje S**

$$W_s = W_{inst} * (1 + k_{def}) = 6,359 * (1 + 0,50) = 9,54 \text{ mm}$$

$k_{def} = 0,50$  – dugo

#### **Promjenjivo opterećenje W1**

$$W_{w1} = W_{inst} * (1 + k_{def}) = 1,235 * (1 + 0,25) = 1,54 \text{ mm}$$

$k_{def} = 0,25$  – srednje trajno

#### **Promjenjivo opterećenje W4**

$$W_{w4} = W_{inst} * (1 + k_{def}) = 0,913 * (1 + 0,25) = 1,14 \text{ mm}$$

$k_{def} = 0,25$  – srednje trajno

**Ukupni progib  $W_{q\ fin} < L/300$        $L = 20,0 \text{ m}$**

$$W_{q\ inst.} = 15,7 \text{ mm} < 20000/300 = 66,7 \text{ mm}$$

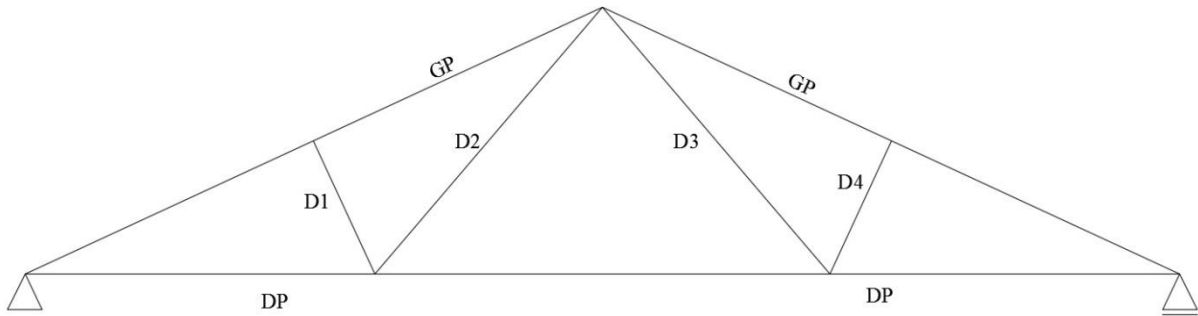
$$W_{w4} < L/300 ; 1,14 \text{ mm} < 66,7 \text{ mm}$$

$$W_{fin} - W_{gfin} < L/200$$

$$23,68 - 7,16 < 20000/200$$

$$16,52 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

## 5. DIMENZIONIRANJE ( REŠETKE )



Slika 18. Prikaz zadanog okvira sa pripadajućim oznakama pozicija

UPORABNA KLASA 1  
KRATKOTRAJNO OPTEREĆENJE

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Karakteristične vrijednosti :

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,70 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{c,o,k} = 21,0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{t,o,k} = 14,0 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$E_{o,\text{mean}} = 11000 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G_{\text{mean}} = 690 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Proračunske vrijednosti :

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{24,0}{1,3} = 14,8 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{2,50}{1,3} = 1,5 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{21,0}{1,3} = 12,9 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{14,0}{1,3} = 8,6 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{o,\text{mean}} = \frac{2}{3} \cdot 11000 = 7333,33 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{\text{mean}} = \frac{2}{3} \cdot 690 = 460 \text{ N} / \text{mm}^2$$

## 5.1. Gornji pojas (POZ 1)

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $N_{sd} = -153,29$  kN (tlak)

$M_{sd} = 3,53$  kNm

$V_{sd} = 0,84$  kN

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 20/22$  cm

Geometrijske karakteristike:

$$A = b * h = 200 * 220 = 44000 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{200 * 220^2}{6} = 1613333,3 \text{ mm}^3$$

$$l_{eff,y} = 5,50 \text{ m} = l_{eff,z} \text{ (b/b presjek)}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{mod} = 0,8$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \qquad E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333,3 \text{ N/mm}^2$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A} = \frac{153,29 * 1000}{44000} = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{3,53 * 1000000}{1613333,3} = 2,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = \frac{H_d * S}{I * b} = 1,5 * \frac{H_d}{A} = 1,5 * \frac{0,84 * 1000}{44000} = 0,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1,0 \right\} \leq 1,0 \rightarrow k_c = \frac{1}{1,94 + \sqrt{1,94^2 - 1,62^2}} = 0,33$$

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0,5 * [1 + 0,2 * (1,62 - 0,3) + 1,62^2] =$$
$$k = 1,94$$

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{0,289 * b} = \frac{550}{0,289 * 20} = 95,1$$

$\beta_c = 0,2$  ( za puno drvo)

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{95,1}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333,3}} = 1,62$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} \leq 1,0 \qquad \frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{3,5}{0,33 * 12,9} + \frac{2,2}{1 * 14,8} = 0,97 < 1,0 \qquad \frac{0,03}{1,5} = 0,01 < 1,0$$

**ISKORISTIVOST: 97 %**

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

## 5.2. Donji pojas

### a) Donji dio ( POZ 2)

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $N_{sd} = 138,01$  kN

$M_{sd} = 1,75$  kNm

$V_{sd} = 0,78$  kN

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 20/12$  cm

Geometrijske karakteristike:

$$A = 2 * b * h = 2 * 200 * 120 = 48000 \text{ mm}^2$$

$$A_N = 0,8 * b * h = 0,8 * 200 * 120 = 38400 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{200 * 120^2}{6} = 480000 \text{ mm}^3$$

$$l_{eff,y} = 6,06 \text{ m}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{mod} = 0,8$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{14}{1,3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \qquad E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l_{eff,y} * h}{b^2} = \frac{606 * 12}{20^2} = 18,2 < 140 \rightarrow k_m = 1,0$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_N} = \frac{138,01 * 1000}{38400} = 3,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{1,75 * 1000000}{480000} = 3,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{m,d} = \frac{H_d * S}{I * b} = 1,5 * \frac{H_d}{A} = 1,5 * \frac{0,78 * 1000}{48000} = 0,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} \leq 1,0 \qquad \frac{\tau_{m,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{3,6}{8,6} + \frac{3,6}{1 * 14,8} = 0,66 < 1,0 \qquad \frac{0,02}{1,5} = 0,01 < 1,0$$

**ISKORISTIVOST: 66 %**

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

### **b) Donji dio (POZ 3)**

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $N_{sd} = 90,60$  kN

$M_{sd} = 2,77$  kNm

$V_{sd} = 0,88$  kN

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 20/12$  cm

Geometrijske karakteristike:

$$A = b * h = 200 * 120 = 24000 \text{ mm}^2$$

$$A_N = 0,8 * b * h = 0,8 * 200 * 120 = 19200 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{200 * 120^2}{6} = 480000 \text{ mm}^3$$

$$l_{eff,y} = 6,06 \text{ m}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{mod} = 0,8$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{14}{1,3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \qquad E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l_{eff,y} * h}{b^2} = \frac{606 * 12}{20^2} = 18,2 < 140 \rightarrow k_m = 1,0$$

Proračun naprežanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_N} = \frac{90,60 * 1000}{19200} = 4,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{2,77 * 1000000}{480000} = 5,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{m,d} = \frac{H_d * S}{I * b} = 1,5 * \frac{H_d}{A} = 1,5 * \frac{0,88 * 1000}{24000} = 0,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} \leq 1,0 \qquad \frac{\tau_{m,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{4,7}{8,6} + \frac{5,8}{1 * 14,8} = 0,94 < 1,0 \qquad \frac{0,1}{1,5} = 0,1 < 1,0$$

**ISKORISTIVOST: 94 %**

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

**Unatoč iskoristivosti od 66 % i 94 %, promjena dimenzija je nužna radi stabilnosti spoja.**

**Donji dio krova ima poprečni presjek 20/16 cm.**

**a) Donji dio ( POZ 2 )**

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $N_{sd} = 138,01 \text{ kN}$

$M_{sd} = 1,75 \text{ kNm}$

$V_{sd} = 0,78 \text{ kN}$

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 20/16 \text{ cm}$

Geometrijske karakteristike:

$$A = 2 * b * h = 2 * 200 * 160 = 64000 \text{ mm}^2$$

$$A_N = 0,8 * b * h = 0,8 * 200 * 160 = 51200 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{200 * 160^2}{6} = 853333,3 \text{ mm}^3$$

$$l_{\text{eff},y} = 6,06 \text{ m}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{mod} = 0,8$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2 \quad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2 \quad f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{14}{1,3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \quad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2 \quad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \quad E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l_{eff,y} * h}{b^2} = \frac{606 * 16}{20^2} = 24,2 < 140 \rightarrow k_m = 1,0$$

Proračun naprežanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_N} = \frac{138,01 * 1000}{51200} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{1,75 * 1000000}{853333,3} = 2,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{m,d} = \frac{H_d * S}{I * b} = 1,5 * \frac{H_d}{A} = 1,5 * \frac{0,78 * 1000}{64000} = 0,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} \leq 1,0 \quad \frac{\tau_{m,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{2,7}{8,6} + \frac{2,0}{1 * 14,8} = 0,45 < 1,0 \quad \frac{0,02}{1,5} = 0,01 < 1,0$$

**ISKORISTIVOST: 45%**

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

### **b) Donji dio ( POZ 3)**

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $N_{sd} = 90,60$  kN

$M_{sd} = 2,77$  kNm

$V_{sd} = 0,88$  kN

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 20/16$  cm

Geometrijske karakteristike:

$$A = b * h = 200 * 160 = 32000 \text{ mm}^2$$

$$A_N = 0,8 * b * h = 0,8 * 200 * 160 = 25600 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{200 * 160^2}{6} = 853333,3 \text{ mm}^3$$

$$l_{eff,y} = 7,88 \text{ m}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{mod} = 0,8$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{14}{1,3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \qquad E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l_{eff,y} * h}{b^2} = \frac{788 * 16}{20^2} = 31,5 < 140 \rightarrow k_m = 1,0$$

Proračun naprežanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_N} = \frac{90,60 * 1000}{25600} = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{2,77 * 1000000}{853333,3} = 3,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{m,d} = \frac{H_d * S}{I * b} = 1,5 * \frac{H_d}{A} = 1,5 * \frac{0,88 * 1000}{32000} = 0,04 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} \leq 1,0 \qquad \frac{\tau_{m,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{3,5}{8,6} + \frac{3,2}{1 * 14,8} = 0,62 < 1,0 \qquad \frac{0,04}{1,5} = 0,02 < 1,0$$

**ISKORISTIVOST: 62 %**

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

### 5.3. Dijagonale

#### a) Dijagonale D1 i D4 (POZ 4)

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $N_{sd} = -38,05$  kN (tlak)

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 20/12$  cm

Geometrijske karakteristike:

$$A_N = 0,8 * b * h = 0,8 * 200 * 120 = 19200 \text{ mm}^2$$

$$A = b * h = 200 * 120 = 24000 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{200 * 120^2}{6} = 480000 \text{ mm}^3$$

$$l_{\text{eff},y} = 2,533 \text{ m}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrajno opterećenje  $\rightarrow k_{\text{mod}} = 0,8$

$$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{14}{1,3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_N} = \frac{38,05 * 1000}{19200} = 1,98 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{1,98}{8,6} = 0,23 < 1,0$$

**ISKORISTIVOST: 23%**

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

**a) Dijagonale D2 i D3(POZ 5)**

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $N_{sd} = 49,02$  kN (vlak)

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 8/16$  cm

Geometrijske karakteristike:

$$A_N = 0,8 * b * h = 0,8 * 2 * 80 * 160 = 20480 \text{ mm}^2$$

$$A = 2 * b * h = 2 * 80 * 160 = 25600 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{80 * 160^2}{6} = 341333,3 \text{ mm}^3$$

$$l_{\text{eff},y} = 6,057 \text{ m}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{\text{mod}} = 0,8$

$$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{14}{1,3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_N} = \frac{49,02 * 1000}{20480} = 2,4 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

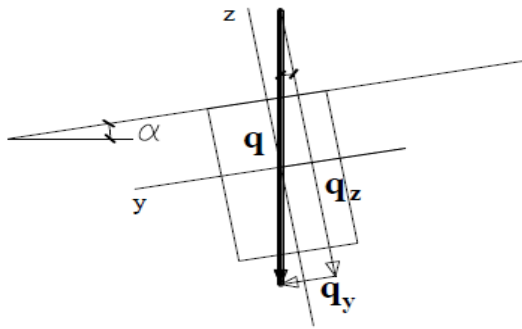
$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{2,4}{8,6} = 0,28 < 1,0$$

**ISKORISTIVOST: 28 %**

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

#### 5.4. Podrožnica P (POZ 6)



Slika 19. Prikaz podrožnice sa djelujućom silom

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $G_k = 0,35 * 5,50 = 1,93 \text{ kN/m'}$

$Q_k \text{ (snijeg)} = 0,8 * 5,50 = 4,40 \text{ kN/m'}$

$Q_k \text{ (vjetar)} = 0,24 * 5,50 = 1,32 \text{ kN/m'}$

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 22/20 \text{ cm}$

$\alpha = 25^\circ$

Geometrijske karakteristike:

$$A = b * h = 220 * 220 = 48400 \text{ mm}^2$$

$$W_y = W_z = \frac{220^3}{6} = 1774666,67 \text{ mm}^3$$

Vrijednosti raspodijeljenog opterećenja po podrožnici:

$$G_y = G_k * \sin(25^\circ) = 1,93 * \sin(25^\circ) = 0,82 \text{ kN/m'}$$

$$G_z = G_k * \cos(25^\circ) = 1,93 * \cos(25^\circ) = 1,75 \text{ kN/m'}$$

$$Q_{s,y} = Q_k * \sin(25^\circ) = 4,40 * \sin(25^\circ) = 1,86 \text{ kN/m'}$$

$$Q_{s,z} = Q_k * \cos(25^\circ) = 4,40 * \cos(25^\circ) = 3,99 \text{ kN/m'}$$

Kombinacija:  $1,35 * G + 1,50 * S$

$$E_{y,d} = 1,35 G_y + 1,50 S_y = 1,35 * 0,82 + 1,50 * 1,86 = 3,9 \text{ kN/m'}$$

$$E_{z,d} = 1,35 G_z + 1,50 S_z + 0,6 * 1,50 * W1 = 1,35 * 1,75 + 1,50 * 3,99 + 0,6 * 1,50 * 1,32 = 9,53 \text{ kN/m'}$$

Vrijednosti reznih sila:

$$M_{y,d} = \frac{E_{z,d} \cdot l^2}{8} = \frac{9,53 \cdot 4,0^2}{8} = 19,1 \text{ kN/m'}$$

$$M_{z,d} = \frac{E_{y,d} \cdot l^2}{8} = \frac{3,9 \cdot 4,0^2}{8} = 7,8 \text{ kN/m'}$$

$$T_{y,d} = \frac{E_{y,d} \cdot l}{2} = \frac{3,9 \cdot 4,0}{2} = 7,8 \text{ kN}$$

$$T_{z,d} = \frac{E_{z,d} \cdot l}{2} = \frac{9,53 \cdot 4,0}{2} = 19,1 \text{ kN}$$

Proračun naprežanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_Y} = \frac{19,1 * 1000000}{1774666,67} = 10,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_Z} = \frac{7,8 * 1000000}{1774666,67} = 4,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 * \frac{T_{y,d}}{A} = 1,5 * \frac{7,8 * 1000}{48400} = 0,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{z,d} = 1,5 * \frac{T_{z,d}}{A} = 1,5 * \frac{19,1 * 1000}{48400} = 0,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{mod} = 0,8$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{red} = 0,7$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

Budući da je :

$$\frac{l_{eff} * h}{b^2} = \frac{550 * 220}{220^2} = 2,5 < 140 \rightarrow k_m = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m * f_{m,d}} + k_{red} * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{10,8}{1,0 * 14,8} + 0,7 * \frac{4,4}{14,8} = 0,94 < 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m * f_{m,d}} * k_{red} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{10,8}{1,0 * 14,8} * 0,7 + \frac{4,4}{14,8} = 0,81 < 1,0$$

Posmik:

$$\left( \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1,0$$



$$\left(\frac{0,2}{1,5}\right)^2 + \left(\frac{0,6}{1,5}\right)^2 = 0,2 < 1,0$$

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

### 5.5. Stabilizacija

#### **GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI SPREGOVA:**

-dokaz nosivosti i stabilnosti elemenata koji pridržavaju tlačni pojas glavnog nosača

Vjetar zabat:

$$W_B = q_p * (0,8 + 0,3) = 0,28 * 1,1 = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{ZAB} = W_B * a' * h' = 0,31 * 5,50 * 7,7 = 13,1 \text{ kN}$$

Vjetar trenje:

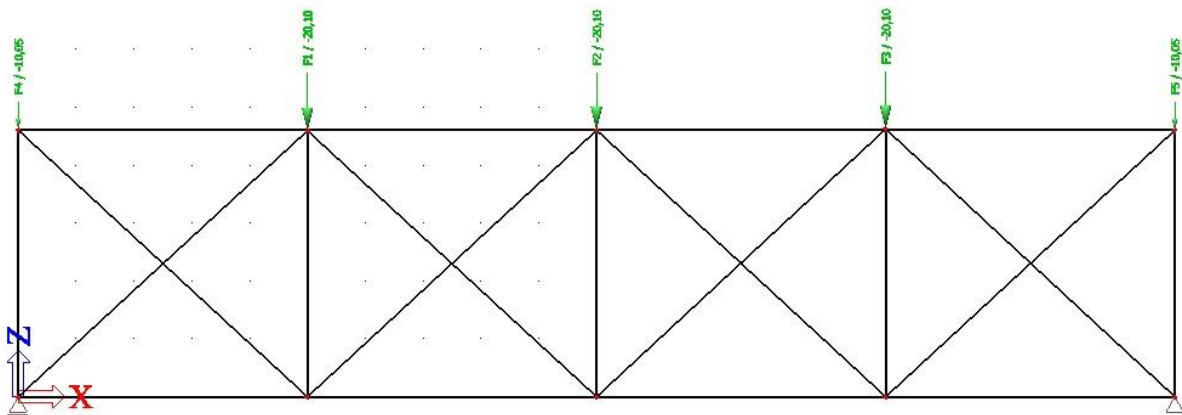
$$c_{fr} = 0,01$$

$$W_{TR} = q_p * c_{fr} = 0,28 * 0,01 = 0,003 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{TR} = W_{TR} * a' * e/2 = 0,003 * 5,50 * 20,0 = 0,33 \text{ kN}$$

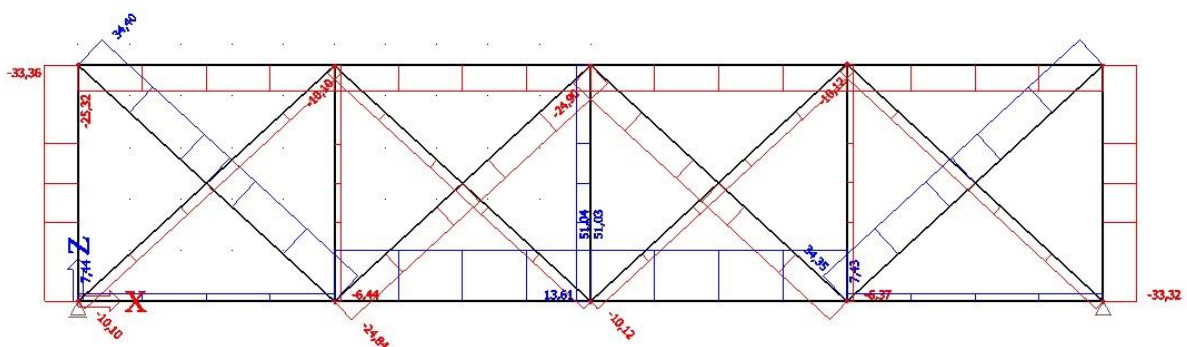
$$P = 1,50 * (P_{ZAB} + P_{TR}) = 1,50 * (13,1 + 0,33) = 20,1 \text{ kN}$$

$$P/2 = 10,05 \text{ kN}$$



Slika 20. Prikaz sekundarnih nosača sa djelujućim silama

Dijagram naprezanja sekundarnih nosača:



Slika 21. N-dijagram djelujućih sila na sekundarne nosače

## DOKAZ NOSIVOSTI ZA DIJAGONALE

Maksimalna vlačna sila :

$N_d = 34,40 \text{ kN}$

$$N_{t,R,d} = \frac{A_N * 0,9 * f_{uk}}{\gamma_{M0}} \geq N_d$$

$$d = \phi 12 \text{ mm} \rightarrow A = \frac{d^2 * \pi}{4} = \frac{1,2^2 * \pi}{4} = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,R,d} = \frac{0,8 * 1,13 * 0,9 * 51,0}{1,1} = 37,7 \text{ kN} > 34,40 \text{ kN}$$

## DOKAZ NOSIVOSTI I STABILNOSTI ZA ZA GORNJI POJAS

Materijal: C24, uporabna klasa 1

Djelovanja:  $N_{sd} = - 155,60 \text{ kN}$  (tlak)

$M_{sd} = 3,57 \text{ kNm}$

$N_{01sd} = - 25,32 \text{ kN}$  (tlak)

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 20/22 \text{ cm}$

Geometrijske karakteristike:

$$A = b * h = 200 * 220 = 44000 \text{ mm}^2$$

$$W = \frac{200 * 220^2}{6} = 1613333,3 \text{ mm}^3$$

$$I_{\text{eff},y} = 5,50 \text{ m} = I_{\text{eff},z} \text{ (b/b presjek)}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{\text{mod}} = 0,8$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,\text{mean}} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333,3 \text{ N/mm}^2$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A} = \frac{155,60 * 1000}{44000} = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{3,57 * 1000000}{1613333,3} = 2,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{01,d} = \frac{N_{01sd}}{A} = \frac{25,32 * 1000}{44000} = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1,0 \right\} \leq 1,0 \rightarrow k_c = \frac{1}{1,94 + \sqrt{1,94^2 - 1,62^2}} = 0,33$$

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0,5 * [1 + 0,2 * (1,62 - 0,3) + 1,62^2] = 1,94$$

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{0,289 * b} = \frac{550}{0,289 * 20} = 95,1$$

$\beta_c = 0,2$  ( za puno drvo)

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{95,1}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333,3}} = 1,62$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} + \frac{\sigma_{01,d}}{k_c * f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{3,5}{0,33 * 12,9} + \frac{2,2}{1 * 14,8} + \frac{0,6}{1 * 12,9} = 1,0 = 1,0$$

**ISKORISTIVOST: 100 %**

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

## **DOKAZ NOSIVOSTI I STABILNOSTI ZA ZA PODROŽNICE**

Materijal: C35, uporabna klasa 2

Djelovanja:  $G_k = 0,35 * 5,50 = 1,93 \text{ kN/m'}$

$Q_k$  (snijeg) =  $0,8 * 5,50 = 4,40 \text{ kN/m'}$

$Q_k$  (vjetar) =  $0,24 * 5,50 = 1,32 \text{ kN/m'}$

Pretpostavljeni poprečni presjek:  $b/h = 22/20 \text{ cm}$   
 $\alpha = 25^\circ$

Geometrijske karakteristike:

$$A = b * h = 220 * 220 = 48400 \text{ mm}^2$$

$$W_y = W_z = \frac{220^3}{6} = 1774666,67 \text{ mm}^3$$

Vrijednosti raspodjeljenog opterećenja po podrožnici:

$$\begin{aligned}G_y &= G_k \cdot \sin(25^\circ) = 1,93 \cdot \sin(25^\circ) = 0,82 \text{ kN/m}' \\G_z &= G_k \cdot \cos(25^\circ) = 1,93 \cdot \cos(25^\circ) = 1,75 \text{ kN/m}' \\Q_{s,y} &= Q_k \cdot \sin(25^\circ) = 4,40 \cdot \sin(25^\circ) = 1,86 \text{ kN/m}' \\Q_{s,z} &= Q_k \cdot \cos(25^\circ) = 4,40 \cdot \cos(25^\circ) = 3,99 \text{ kN/m}'\end{aligned}$$

Kombinacija: 1,35 \* G + 1,50 \* S

$$\begin{aligned}E_{y,d} &= 1,35 G_y + 1,50 S_y = 1,35 \cdot 0,82 + 1,50 \cdot 1,86 = 3,9 \text{ kN/m}' \\E_{z,d} &= 1,35 G_z + 1,50 S_z + 0,6 \cdot 1,50 \cdot W1 = 1,35 \cdot 1,75 + 1,50 \cdot 3,99 + 0,6 \cdot 1,50 \cdot 1,32 = \\&= 9,53 \text{ kN/m}'\end{aligned}$$

$N_{V,d} = 13,61 \text{ kN} \rightarrow$  sila u vertikali (podrožnici) od stabilizacije

Vrijednosti reznih sila:

$$M_{y,d} = \frac{E_{z,d} \cdot l^2}{8} = \frac{9,53 \cdot 4,0^2}{8} = 19,1 \text{ kN/m}'$$

$$M_{z,d} = \frac{E_{y,d} \cdot l^2}{8} = \frac{3,9 \cdot 4,0^2}{8} = 7,8 \text{ kN/m}'$$

$$T_{y,d} = \frac{E_{y,d} \cdot l}{2} = \frac{3,9 \cdot 4,0}{2} = 7,8 \text{ kN}$$

$$T_{z,d} = \frac{E_{z,d} \cdot l}{2} = \frac{9,53 \cdot 4,0}{2} = 19,1 \text{ kN}$$

Proračun naprežanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_Y} = \frac{19,1 \cdot 1000000}{1774666,67} = 10,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_Z} = \frac{7,8 \cdot 1000000}{1774666,67} = 4,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{V,d} = \frac{N_{V,d}}{A} = \frac{13,61 \cdot 1000}{48400} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 \cdot \frac{T_{y,d}}{A} = 1,5 \cdot \frac{7,8 \cdot 1000}{48400} = 0,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{z,d} = 1,5 \cdot \frac{T_{z,d}}{A} = 1,5 \cdot \frac{19,1 \cdot 1000}{48400} = 0,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{mod} = 0,8$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{21}{1,3} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2 \qquad f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{red} = 0,7$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

Budući da je:

$$\frac{l_{eff} * h}{b^2} = \frac{550 * 220}{220^2} = 2,5 < 140 \rightarrow k_m = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m * f_{m,d}} + k_{red} * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{V,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{10,8}{1,0 * 14,8} + 0,7 * \frac{4,4}{14,8} + \frac{0,28}{12,9} = 0,96 < 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m * f_{m,d}} * k_{red} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{V,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{10,8}{1,0 * 14,8} * 0,7 + \frac{4,4}{14,8} + \frac{0,28}{12,9} = 0,83 < 1,0$$

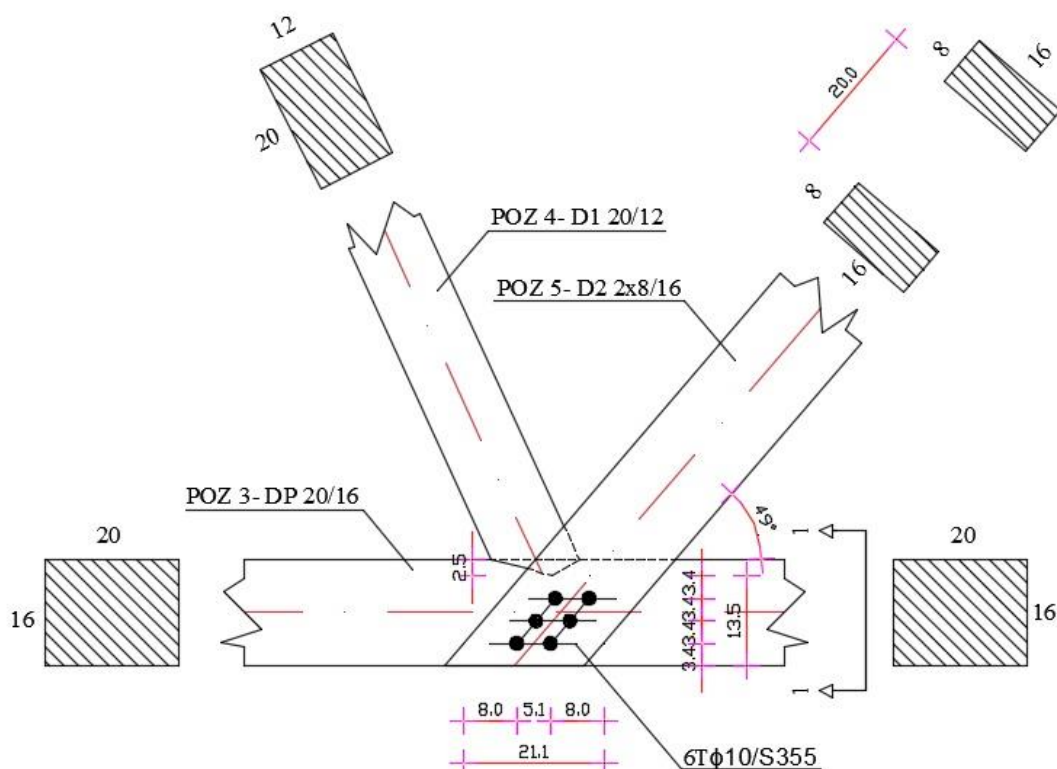
Posmik:

$$\left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{0,2}{1,5}\right)^2 + \left(\frac{0,6}{1,5}\right)^2 = 0,2 < 1,0$$

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

## 6. PRORAČUN SPOJA A



Slika 22. Prikaz rješenja spoja dijagonala D1 i D2 i donjeg pojasa drvenog okvira

### SPOJ DIJAGONALE D1 – DONJI DIO (JEDNOSTRUKI ZASJEK)

Osnovni materijal: puno drvo, 20/16 cm

klasa čvrstoće C24

$N_{sd} = -38,05$  kN (tlak)

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrojno opterećenje  $\rightarrow k_{mod} = 0,8$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{v,A} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\gamma = 65^\circ \quad (\gamma > 60^\circ)$$

$$t_{v,max} = \frac{h}{6} = \frac{16}{6} = 2,6 \text{ cm}$$

$$t_{v,A} = t_{v,max}$$

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,\alpha,d}}{A}$$

$$F_{c,\alpha,d} = F_{c,0,d} * \cos \alpha = N_{A,c,d} * \cos \alpha$$

$$\alpha = \frac{\gamma}{2} = \frac{65}{2} = 32,5^\circ$$

$$F_{c,\alpha,d} = 38,05 * \cos(32,5^\circ) = 32,1 \text{ kN}$$

$$A = \frac{20 * 2,5}{\cos(32,5^\circ)} = 59,3 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{32,1 * 10^3}{59,3 * 10^2} = 5,4 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2 * f_{c,90,d}} * \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 * f_{v,d}} * \sin \alpha * \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}}$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{12,9}{\sqrt{\left(\frac{12,9}{2 * 1,5} * \sin^2(32,5^\circ)\right)^2 + \left(\frac{12,9}{2 * 1,5} * \sin(32,5^\circ) * \cos(32,5^\circ)\right)^2 + \cos^4(32,5^\circ)}} = 5,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{5,4}{5,3} = 1,02 \sim 1,0$$

### **SPOJ DIJAGONALE D2 – DONJI DIO (TRNOVI I VEZICE)**

Osnovni materijal: puno drvo, 2x8/16 cm

klasa čvrstoće C24

$N_{t,d} = 49,02 \text{ kN}$

Uporabna klasa 1

Vežice: 2x20/16 cm

Trnovi: T $\phi$ 10/S355

$$f_{u,k} = 510 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 0,8 * \frac{24,0}{1,3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

### 1) VEZICE:

$$A=2 * b * h=2 * 20 * 16= 640,0 \text{ cm}^2$$

$$A_N=A - 2 * 4 * b * d= 640 - 2 * 4 * 16,0 * 1,0= 512,0 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,d}}{A_N} = \frac{49,02 * 1000}{512,0 * 100} = 0,96 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{\frac{2}{3} * f_{t,0,d}} = \frac{0,96}{\frac{2}{3} * 8,6} = 0,16 < 1,0$$

Osiguranje vezice:

- Proračunska vrijednost vlačne sile

$$F_{t,d} = \frac{F_d * t}{2 * n * a} = \frac{24,51 * 1000 * 50}{2 * 4 * 100} = 1531,9 \text{ N}$$

$$F_d = \frac{1}{2} * N_{t,d} = \frac{1}{2} * 49,02 = 24,51 \text{ kN}$$

- Karakteristična vrijednost vlačne nosivosti vijka

$$M10 - A_{\text{netto}}= 1,41 \text{ cm}^2 \quad \text{KLASA 5.6} - f_{u,k} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{ax,k} = A_{\text{netto}} * f_{u,k} = 1,41 * 100 * 500 = 7050 \text{ N}$$

- Karakteristična vrijednost vlačne nosivosti vijka na kontaktu pločica - drvo

$$f_{c,90,k} = 2,8 \text{ N/mm}^2 \quad \text{pločica } \phi 58 - 14/6 (A = 2500 \text{ mm}^2)$$

$$R_{c,90,k} = 3 * f_{c,90,k} * A = 3 * 2,8 * 2500 = 21000 \text{ N} > R_{ax,k}$$

- Proračunska vrijednost nosivosti

$$R_{ax,d} = k_{\text{mod}} * \frac{R_{ax,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{7050}{1,3} = 4338,5 \text{ N}$$

- Potreban broj vijaka za osiguranje vezice

$$n = \frac{F_{t,d}}{R_{ax,d}} = \frac{1531,9}{4338,5} = 0,35 \rightarrow \text{odabrano } n = 2$$

### 2) TRNOVI:

- Karakteristične vrijednosti tlačne čvrstoće po plaštu rupe i momenta popuštanja

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k =$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 10) * 350 = 25,83 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{u,k} = 510 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0,3 * 510 * 10^{2,6} = 60910,4 \text{ Nmm}$$



- Karakteristična vrijednost nosivosti trna po rezu

$$R_k = \sqrt{\frac{2 + \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,0,k} * d} =$$

$$R_k = \sqrt{\frac{2 + 1}{1 + 1}} * \sqrt{2 * 60910,4 * 25,83 * 10} = 6870,2 \text{ N}$$

- Tražene debljine elemenata za punu nosivost

- 1) Vezice

$$t_{req} = 1,15 * \left( 2 * \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k} * d}} =$$

$$t_{req} = 1,15 * \left( 2 * \sqrt{\frac{1}{1 + 1}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{60910,4}{25,83 * 10}} = 60,3 \text{ mm}$$

$$t_{req} = 60,3 \text{ mm} < t = 80 \text{ mm}$$

Uvjet zadovoljen!

- 2) Štap

$$t_{req} = 1,15 * \frac{3}{\sqrt{1 + \beta}} * \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k} * d}} =$$

$$t_{req} = 1,15 * \frac{3}{\sqrt{1 + 1}} * \sqrt{\frac{60910,4}{25,83 * 10}} = 37,5 \text{ mm} < t_{DP} = 160 \text{ mm}$$

Uvjet zadovoljen!

Proračunska vrijednost nosivosti trna po rezu

$$R_d = k_{mod} * \frac{R_k}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{6870,2}{1,1} = 4996,5 \text{ N}$$

Smanjenje zbog većeg broja trnova u nizu

$$n_{ef} = \left[ \min \left\{ n; n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{10 * d}} \right\} \right] * \frac{90 - \alpha}{90} + n * \frac{\alpha}{90}$$

$$\alpha = 49^\circ$$

$$n=2$$

$$a_1=100 \text{ mm}$$

$$n_{ef} = \left[ \min \left\{ 2; 2^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{100}{10 * 10}} \right\} \right] * \frac{90 - 49}{90} + 2 * \frac{49}{90} = 1,94$$

Efektivni broj rezova

$$n = 2 * 3 * n_{ef} = 2 * 3 * 1,94 = 11,64$$

Dokaz:

$$\frac{N_{t,d}}{n * R_d} = \frac{49,02 * 1000}{11,64 * 4996,5} = 0,84 < 1,0$$

Konstruktivni zahtjevi

- međusobno  $\parallel$  sa vlakancima

$$a_{1,req} = (3 + 2 * \cos\alpha) * d = (3 + 2 * \cos 49) * 10 = 43,1 \text{ mm}$$

$$a_{1,req} = 43,1 \text{ mm} < 50,7 \text{ mm (odabrano)}$$

- $\parallel$  od opterećenog ruba

$$a_{1,t,req} = \max\{80; 7 * d\} = \max\{80; 7 * 10\} = 80 \text{ mm}$$

$$a_{1,t,req} = 80 \text{ mm} = 80 \text{ mm (odabrano)}$$

- $\perp$  međusobno i od neopterećenog ruba

$$a_{2,req} = a_{2,c,req} = 3 * d = 3 * 10 = 30 \text{ mm} < 33,75 \text{ mm (odabrano)}$$

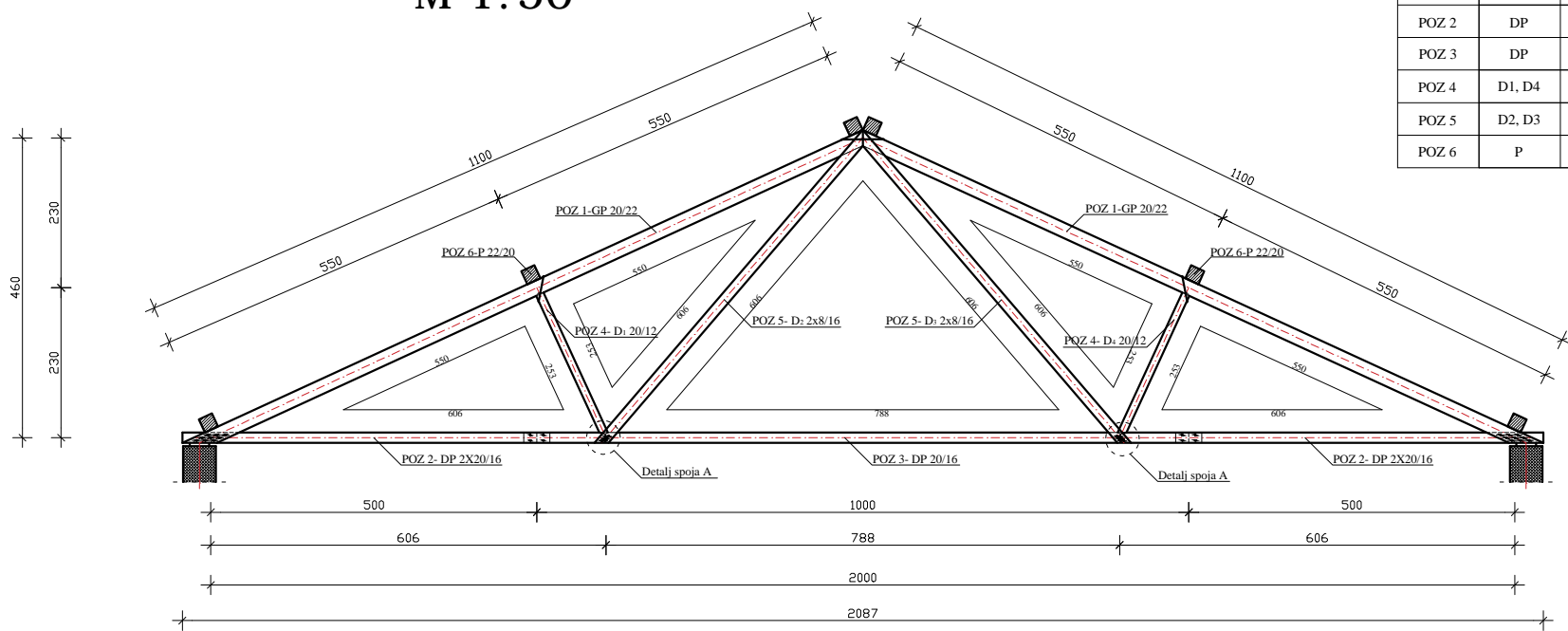
## **7. NACRTI**



# RADIONIČKI NACRT GLAVNOG NOSAČA M 1:50

ZA 1 OKVIR:

POZ	OZNAKA	GRADA	DIMENZIJE	l (m)	KOMADA
POZ 1	GP	C24	20/22	11,00	2
POZ 2	DP	C24	2X20/16	5,00	2
POZ 3	DP	C24	20/16	10,00	1
POZ 4	D1, D4	C24	20/12	2,53	2
POZ 5	D2, D3	C24	2x8/16	6,06	2
POZ 6	P	C24	22/20		

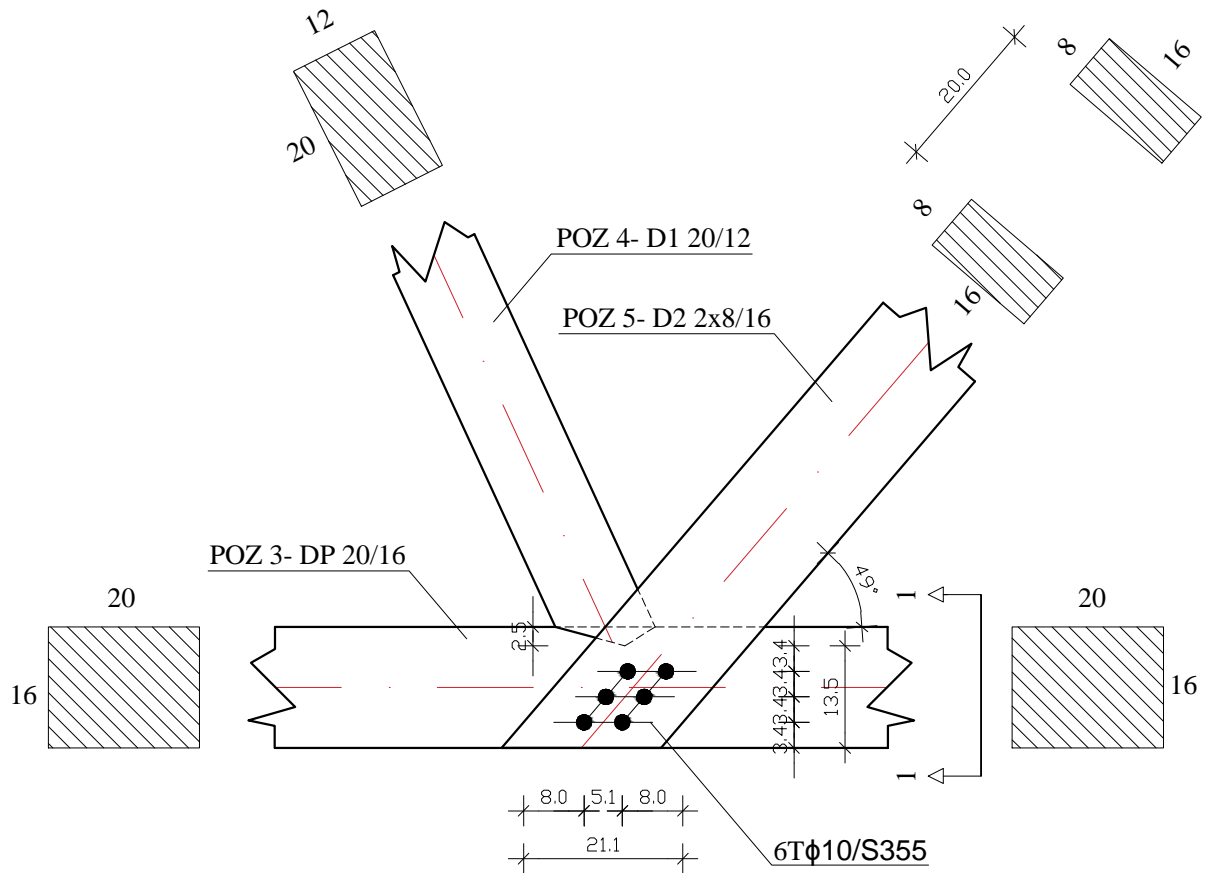


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU

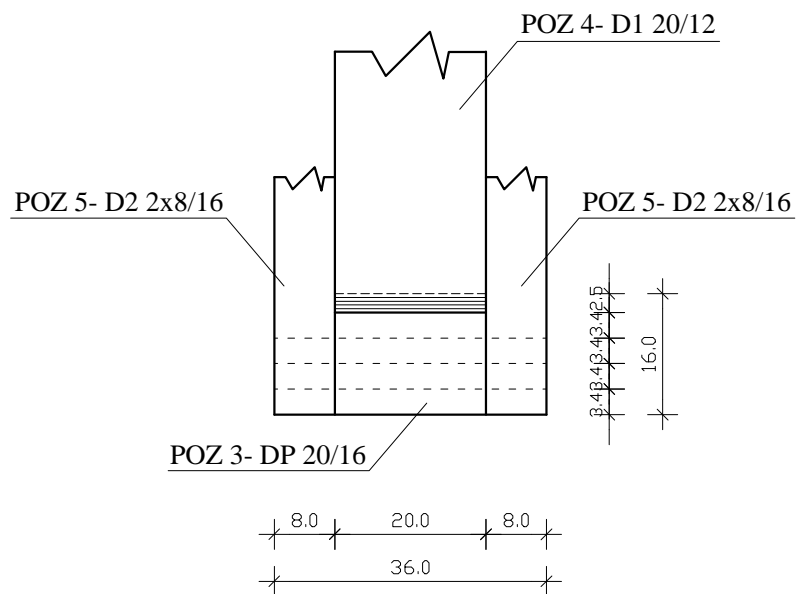
PREDMET	DRVENE KONSTRUKCIJE	DATUM:	25.08.2016.
ZADATAK	DIMENZIONIRANJE SUSTAVA		
SADRŽAJ LISTA	RADIONIČKI NACRT GLAVNOG NOSAČA		
STUDENT	DAFNE DEJA LUŠIĆ		M 1:50

# DETALJ SPOJA A

## M 1:10



### PRESJEK 1-1



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU

PREDMET DRVENE KONSTRUKCIJE

ZADATAK DIMENZIONIRANJE SUSTAVA

SADRŽAJ LISTA DETALJ SPOJA A

STUDENTI DAFNE DEA LUŠIĆ

DATUM:  
25.08.2016.

M 1:10