Proračun drvenog rešetkastog nosača

Čobanov, Rozario

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:642382

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split







SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Rozario Čobanov

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

PRORAČUN DRVENOG REŠETKASTOG NOSAČA

Završni rad

Split, 2018.

Sažetak:

Na temelju zadanih podataka drvene rešetkaste krovne konstrukcije potrebno je dimenzionirati glavni nosač, sekundarni nosač i vjetrovne spregove te izraditi nacrte glavnog nosača i detalje spojeva. Rešetka je raspona 16,20m.

Ključne riječi:

Drvo, konstrukcija, rešetka, spojevi, spregovi

Design of a timber lattice structure

Abstract:

On the basis of given data for latice structure it is necesarry to design the main structure, secondary structure, wind bracings and prepare shop drawings of the main structure and details of joints. The timber lattice has a span of 16,20m.

Keywords:

Timber, structure, lattice, joints, wind bracings

STUDIJ:	**STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	**ROZARIO ČOBANOV**
BROJ INDEXA:	**1673**
KATEDRA:	**Katedra za metalne i drvene konstrukcije**
PREDMET:	**DRVENE KONSTRUKCIJE**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Proračun drvenog rešetkastog nosača

Opis zadatka: Proračun drvene krovne konstrukcije koja se oslanja na armirano-betonske zidove, raspona 16,2 m, ukupno 10 rešetkastih nosača, na razmaku 5,50 m tvore krov. Materijal konstrukcije je drvo klase C24, građevina se nalazi na području grada Rijeke.

Datum izdavanja završnog rada: travanj 2018.

Voditelj Završnog rada:
Doc.dr.sc. Neno Torić

1. ZADATAK

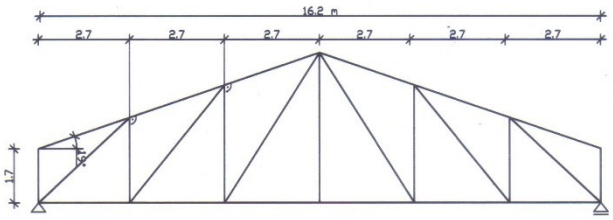
SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STRUČNI STUDIJ
PREDMET: DRVENE KONSTRUKCIJE

ZAVRŠNI RAD

Potrebno je konstruirati i dimenzionirati nosivi sustav prema priloženoj skici:



PODACI:

- Lokacija: područje grada Rijeke
- Materijal konstrukcije: C24/uporabna klasa II
- Način izvedbe: montažno
- ukupno 10 rešetki koji tvore krov
- oslanjanje: AB zidovi

NACRTI

- Plan pozicija
- Detaljni pop. presjek rešetke
- Detalji: do 5
- Iskaz materijala

Datum izdavanja završnog rada: 05.04.2018.

STUDENT/ICA:

ROZARIO ČOBANOV

PREDMETNI NASTAVNIK:

doc. dr. sc. Neno Torić

PREDMETNA ASISTENTICA:

Jelena Lovrić, mag.ing.aedif.

SADRŽAJ

1. TEHNIČKI OPIS 7

2. OPĆI PODATCI 7

2.1. GLAVNI NOSAČ 7

2.2. ANALIZA OPTEREĆENJA 10

2.2.1. Stalno djelovanje 10

2.2.2. Djelovanje snijega 11

2.2.3. Djelovanje vjetra 12

3. STATIČKI PRORAČUN 16

3.1. PRIKAZ REZNIH SILA 19

3.2. KONTROLA PROGIBA 20

4. DIMENZIONIRANJE 22

4.1. GORNJI POJAS 22

4.2. DONJI POJAS 24

4.3. VERTIKALA 26

4.4. DIJAGONALA (Tlak) 30

4.5. DIJAGONALA (Vlak) 31

4.6. PODROŽNICA

5. STABILIZACIJA 33

5.1. SEKUNDARNI NOSAČI 34

5.2. GLAVNI NOSAČI 37

5.3. SPOJ GN-PODROŽNICA 39

5.4. DOKAZ ZA PODROŽNICE 41

5.5. DOKAZ ZA DIJAGONALE 42

6. PRORAČUN SPOJEVA 43

6.1. SPOJ 3 43

6.2. SPOJ 7 44

6.3. SPOJ 2 46

7. LITERATURA 48

8. NACRTI 49

1. TEHNIČKI OPIS

1.1 Konstruktivni sustav krova

Projektom je zadan konstruktivni sustav - rešetkasti nosač raspona l=16,20 (m). Kut nagiba krova prema horizontali iznosi 19º. Glavni nosači su paralelni u tlocrtu i nalaze se na međusobnom razmaku 5,50 m. Stabilizacija gornjeg pojasa predviđena je prostornim spregovima (M14)

1.2 Statička analiza sustava

Proračun je izvršen prema EC 5. Konstrukcija je izložena djelovanju sljedećih opterećenja: 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: težina pokrova (dG) + djelovanje snijega (S) + djelovanje vjetra (W).

Proračun reznih sila je pomoću računalnog programa Scia Engineer 15, ovakav model za proračun daje približan i dovoljno točan rezultat.

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 Opis konstruktivnih elemenata

1.3.1 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.

1.3.2 Podrožnice

Podrožnica prenosi opterećenje s krovne plohe na glavne nosače. Elementi podrožnice koji imaju i funkciju vertikala vjetrovnog sprega, kvadratnog su poprečnog presjeka dimenzija 12/16 i nalaze se na razmaku od 143 cm. Podrožnica je okomita na nagib krovne plohe.

1.3.3 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 Ø14.

1.4 Materijali

1.4.1 Drveni materijali

Drveni elementi konstrukcije izrađeni su od C24, Uporabne klase 2.

1.4.2 Metalni elementi

U iznimnim slučajevima korišten je lim zaštićen od korozije, debljine 2 mm. Pokrov je izveden od sendvič panela.

1.5 Zaštita

1.5.1 Zaštita drvenih elemenata

Zaštita nosivih elemenata se vrši premazima za zaštitu od prodora vode i nametnika. Zaštita se nanosi u tri sloja, s tim da se dva sloja nanose u tvornici prije transporta, a treći, završni, nakon dovršenja konstrukcije.

1.5.2 Zaštita metalnih elemenata

Ugrađuju se samo pocinčani metalni elementi i spajala.

1.6 Montaža i transport

Posebnu pažnju treba obratiti na montažu i transport da bi se izbjegla nepotrebna oštećenja.

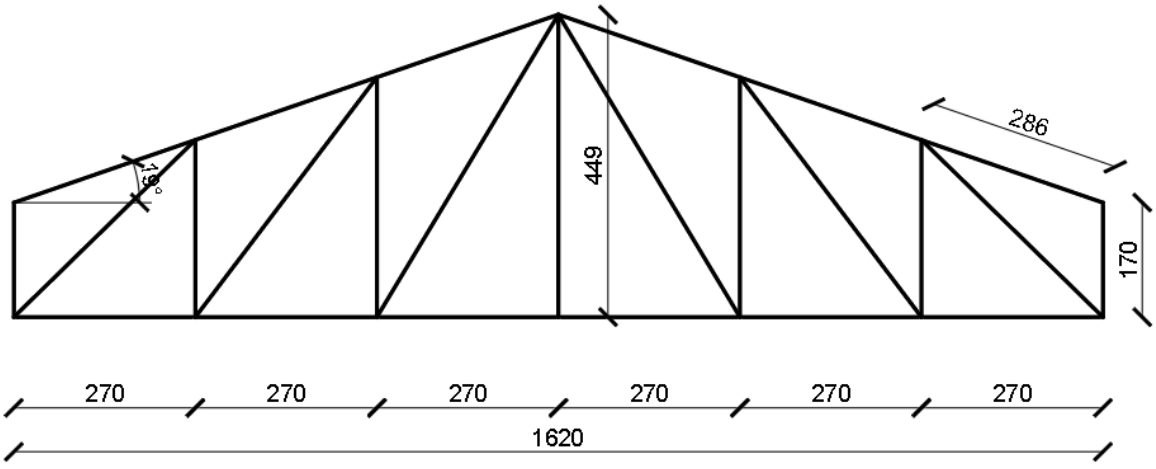
Izvođač je dužan izraditi plan montaže nosača kojeg treba zajedno s transportnim planom dostaviti nadzornoj službi na suglasnost. Glavni nosači se izrađuju na podu, zatim se pomoću dizalice podižu u vertikalni položaj i to tako da se podignu prvo glavni nosači povezani spregom, a nakon toga ostali. Konačno na već postavljenu konstrukciju postavlja se pokrov.

Nosači se trebaju transportirati u takvom položaju u kakvom će kasnije primiti opterećenje.

Transport i montaži treba obaviti tako da se izbjegnu moguća oštećenja dijelova konstrukcije.

2. OPĆI PODACI

2.1. GLAVNI NOSAČ



Slika 2.1.

Raspon: L=16,20m

Nagib krovne plohe: α=19°

Visina objekta: H= 5m

Razmak nosača: n=5,50m

Razmak vertikala: a=2,70m

a'=2,86m

Dodatno stalno opterećenje: dG=0,25kN/m^2

Način izvedbe: Montažno

Materijal izvedbe: C24, uporabna klasa II

Lokacija: područje grada Rijeke

Ukupno 10 rešetki koji tvore krov

Oslanjanje: AB zidovi

2.2. ANALIZA OPTEREĆENJA

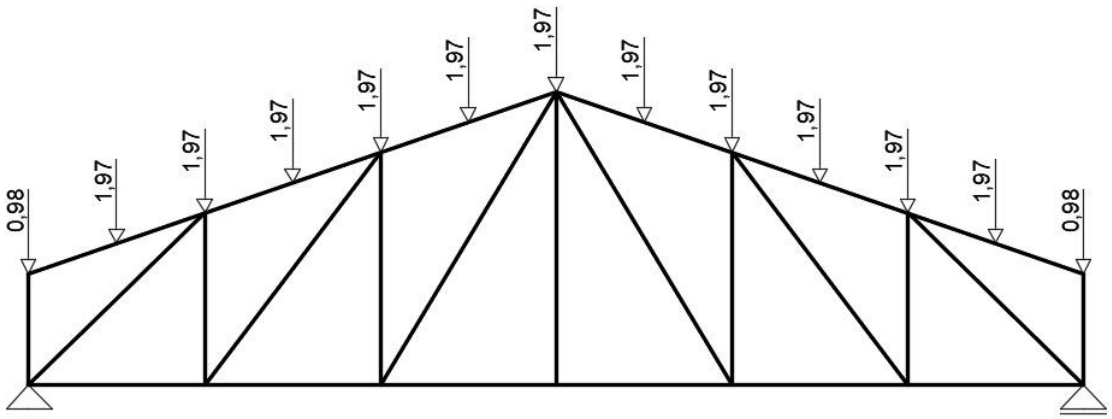
2.2.1. Stalno djelovanje

Pokrov: Sendič paneli dG=0,25kN/m^2

$$G = dG \cdot n \cdot \frac{a}{2}$$

$$G = 0{,}25 \cdot 5{,}50 \cdot \frac{2{,}86}{2}$$

$$G = 1{,}966\ kN$$



Slika 2.2.

2.2.2. Djelovanje snijega

$$S = s \cdot n \cdot \frac{a}{2}$$

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

$s_k = 0{,}5 \longrightarrow$ Rijeka, područje A do 100m nadmorske visine

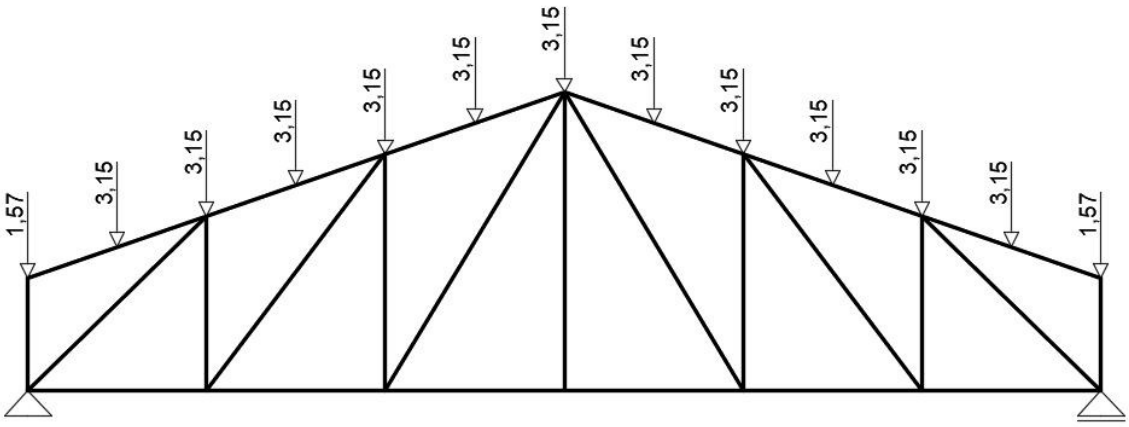
$\mu_i = 0{,}8 \longrightarrow$ Nagib krovne plohe 19°

$C_e, C_t = 1{,}0 \longrightarrow$ koficijent izloženosti i toplinski koficijent

$$s = 0{,}5 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0$$

$$S = 0{,}4 \cdot 5{,}50 \cdot \frac{2{,}86}{2}$$

$$S = 3{,}146 \text{ kN}$$



Slika 2.3.

2.2.3. Djelovanje vjetra

$\rho = 1{,}25\ kg/m^3$ → Gustoća zraka

$v_{b0} = 25\ \mathrm{m/s}$ → Osnovna brzina vjetra

$C_{season} = 1{,}0$ → faktor doba godine (obično se uzima 1,0)

$C_{dir} = 1{,}0$ → faktor smjera vjetra (obično se uzima 1,0)

$$v_b = v_{b0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season}$$

$$v_b = 25 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 25\ \mathrm{m/s}$$

$$q_b = \frac{1}{2}\rho \cdot {v_b}^2$$

$$q_b = \frac{1}{2} 1{,}25 \cdot 25^2$$ → Osnovni pritisak vjetra

$$q_b = 390{,}625\ \mathrm{N}/m^2$$

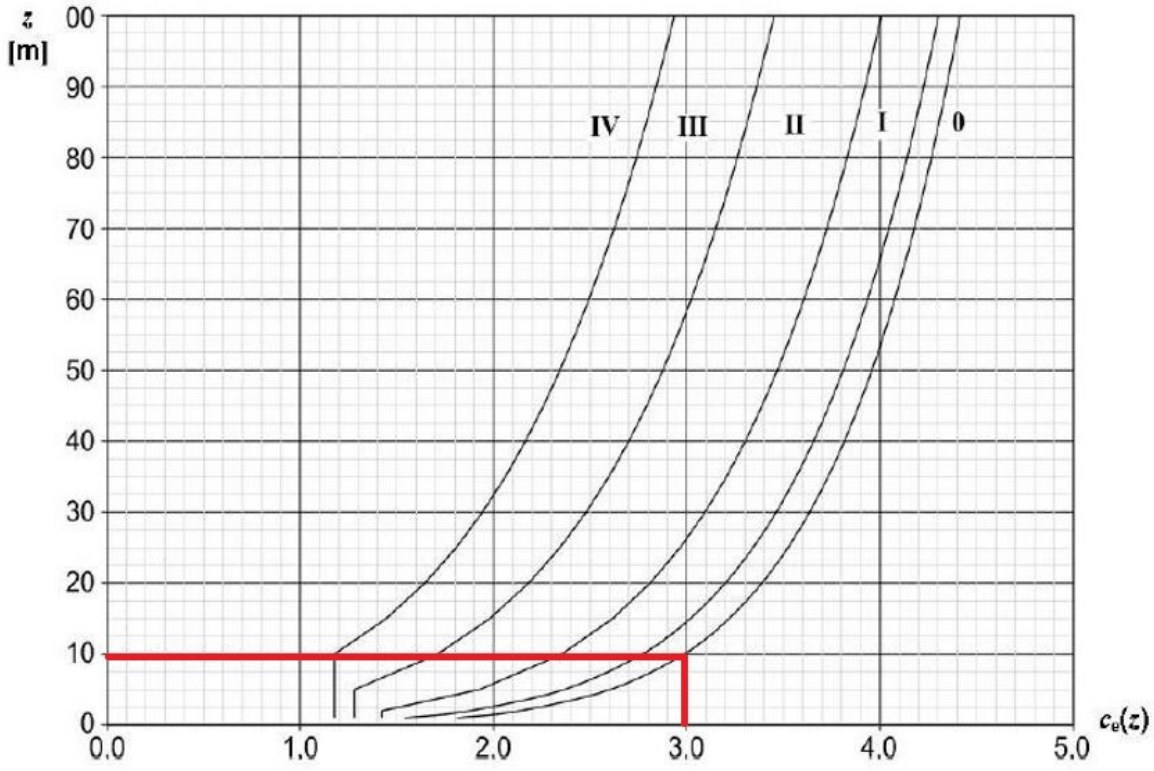
$$q_{p(z)} = C_{e(z)} \cdot q_b$$

$C_{e(z)} \rightarrow 3{,}0 -$ iz dijagrama (**Slika 2.4.**)

$$q_{p(z)} = 3{,}0 \cdot 0{,}39 = 1{,}170\ k\mathrm{N}/m^2$$

Tablica 2.1. Vrijednosti z_0 i z_{min} za pojedinu kategoriju terena očitavaju se iz sljedeće tablice.

	Kategorija terena	z_0 [m]	z_{min} [m]
0	More ili priobalna područja izložena otvorenom moru	0,003	1
I	Jezera ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke	0,05	2
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)	0,3	5
IV	Područja s najmanje 15 % površine pokrivene zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10



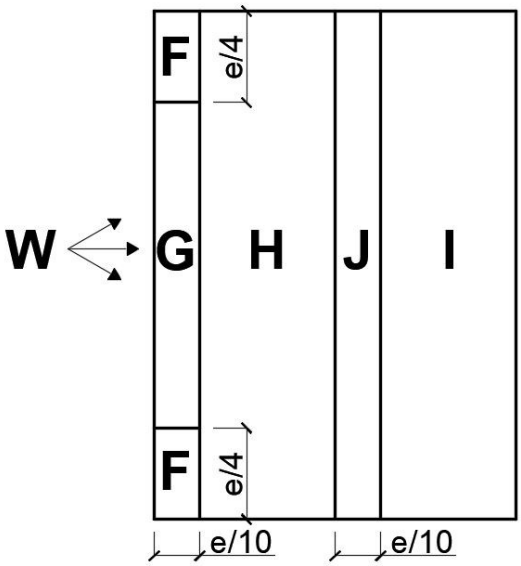
Slika 2.4.

određivanje koeficijenata pritiska vjetra
koeficijent vanjskog pritiska c_{pe}

- za vertikalne zidove

e = b ili 2h (odabire se manja vrijednost)
= 49,50 m ili 2x9,49=18,98
→ e = 18,98 m ; e/4 = 4,745 m, e/10 = 1,90 m

h= x + H= 4,49 + 5 = 9,49 m



Slika 2.5.

Tablica 2.2. Interpolirani vanjski tlakovi na krovne plohe

α=19°	F	G	H	I	J
Cpe1	-0,8	-0,7	-0,3	-0,4	-0,9
Cpe2	+0,4	+0,3	+0,3	+0,0	+0,0

REZULTATNO DJELOVANJE VJETRA

$W = We_i + Wi_i$

$We_i = q_{pz} \cdot Cpe_i$

$Wi_i = q_{pz} \cdot Cpi_i$

$W = q_{pz} \cdot Cpe_i + q_{pz} \cdot Cpi_i$

$W = q_{pz} \cdot (Cpe_i + Cpi_i)$

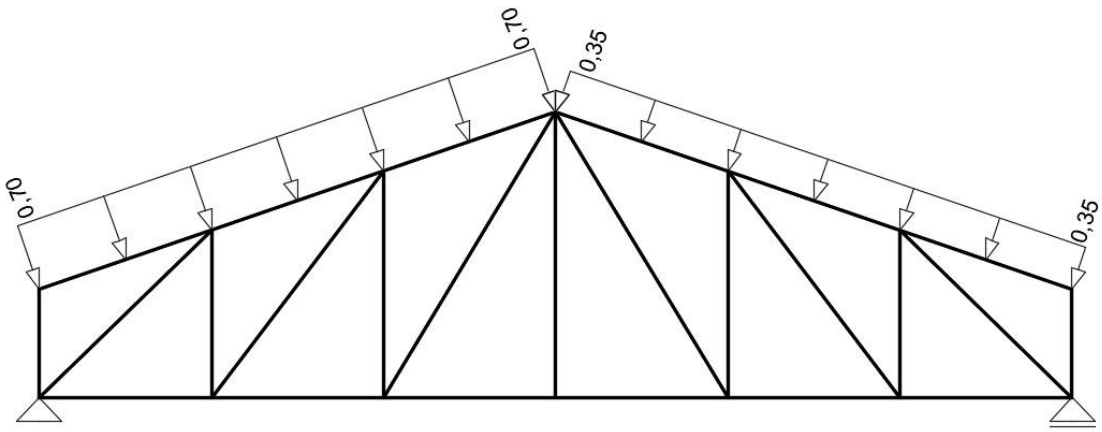
W1 – PRITISKAJUĆI VJETAR

Zona G: $W = 1,17 \cdot (0,3 + 0,3) = 0,702\ kN/m^2$

Zona H: $W = 1,17 \cdot (0,3 + 0,3) = 0,702\ kN/m^2$

Zona I: $W = 1,17 \cdot (0,0 + 0,3) = 0,351\ kN/m^2$

Zona J: W = 1,17 ☂ (0,0 + 0,3) = 0,351 kN/m2



Slika 2.6.

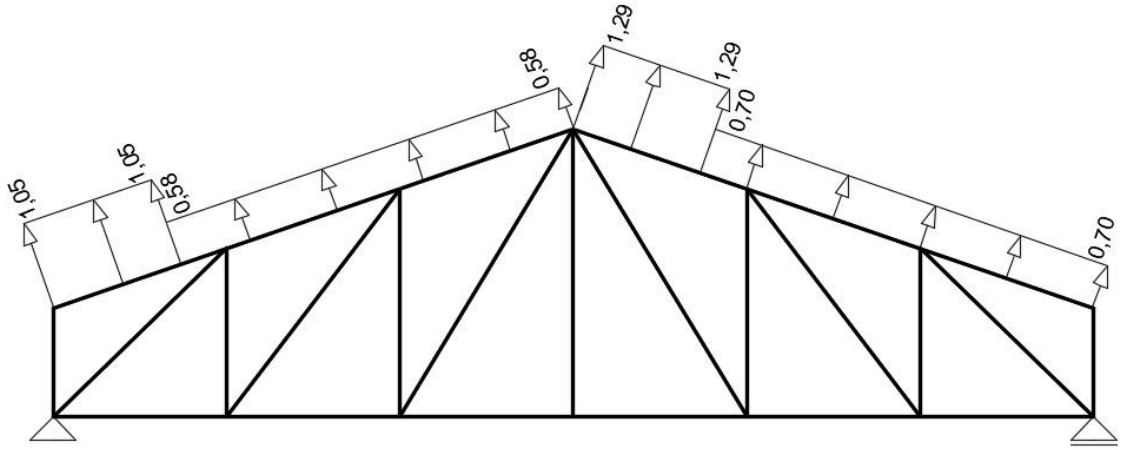
W2 – ODIŽUĆI VJETAR

Zona G: $W = 1,17 \cdot (0,7 + 0,2) = 1,053\ kN/m^2$

Zona H: $W = 1,17 \cdot (0,3 + - 0,2) = 0,585\ kN/m^2$

Zona I: $W = 1,17 \cdot (0,4 + 0,2) = 0,702\ kN/m^2$

Zona J: $W = 1,17 \cdot (0,9 + 0,2) = 1,287\ kN/m^2$



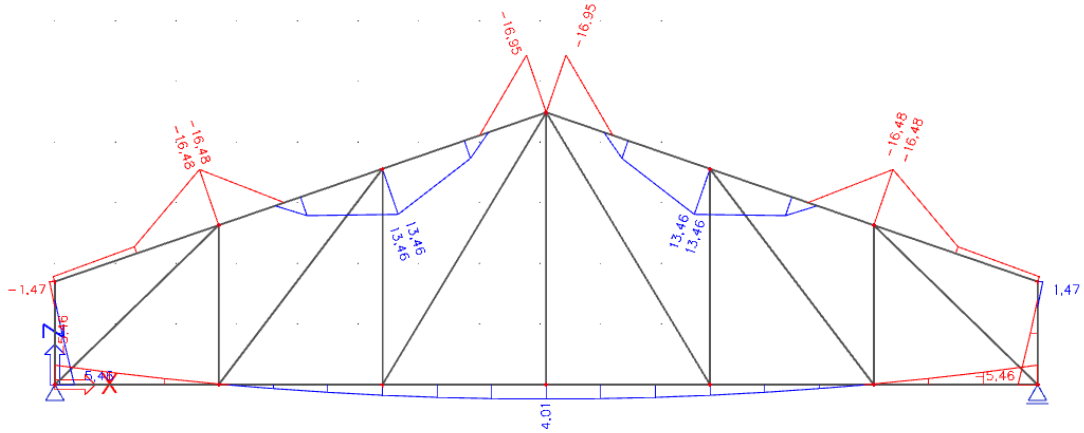
Slika 2.7.

3. STATIČKI PRORAČUN

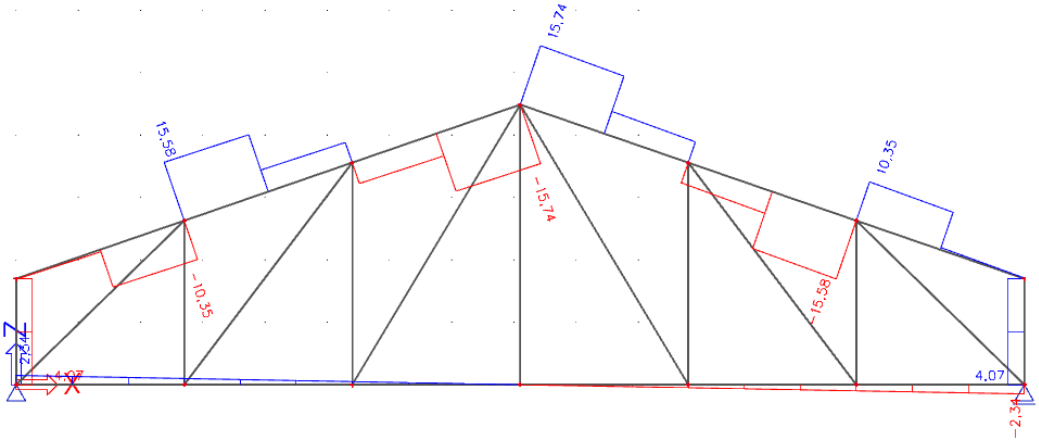
3.1. OPTEREĆENJE ČVOROVA I PRIKAZ REZNIH SILA

3.1.1. Kombinacija opterećenja K1 = 1,35G + 1,35dG + 1,5S

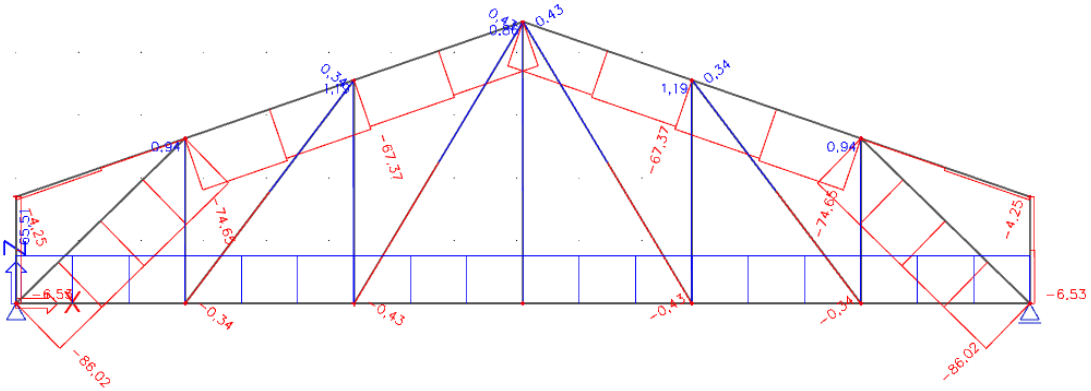
Dijagram momenata (M)



Dijagram poprečnih sila (V)

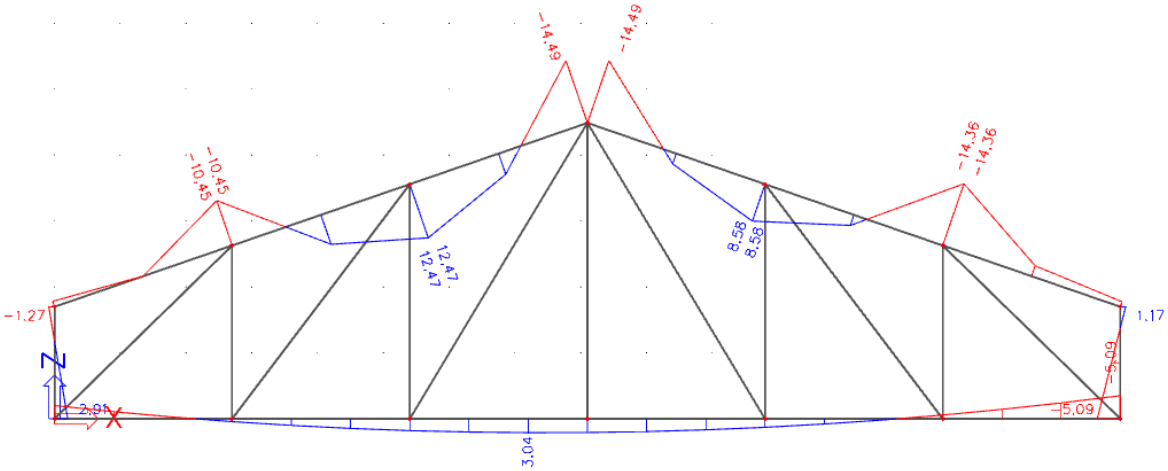


Dijagram uzdužnih sila (N)

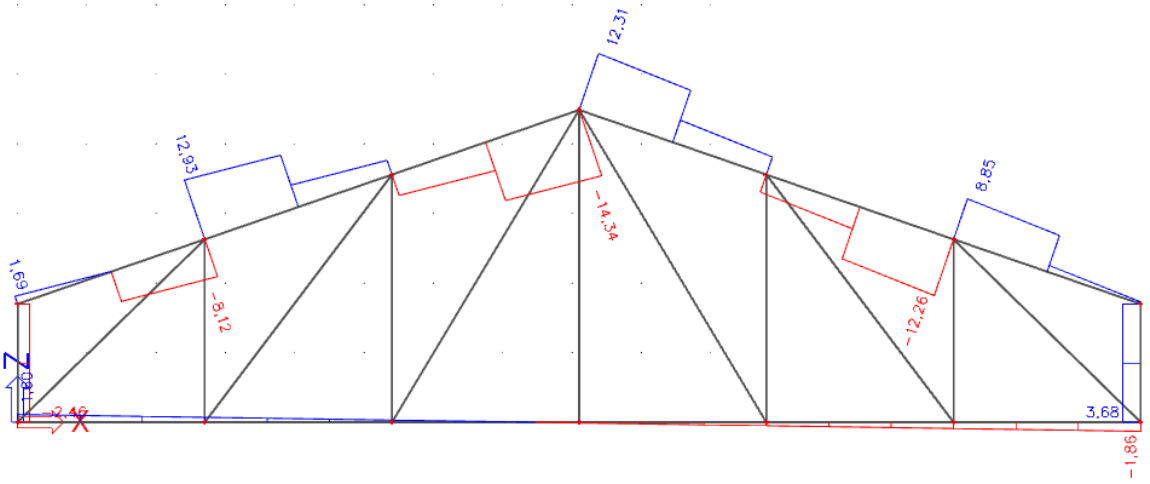


3.1.2. Kombinacija opterećenja K2 = 1,35G + 1,35dG + 1,35S + 1,35W_1

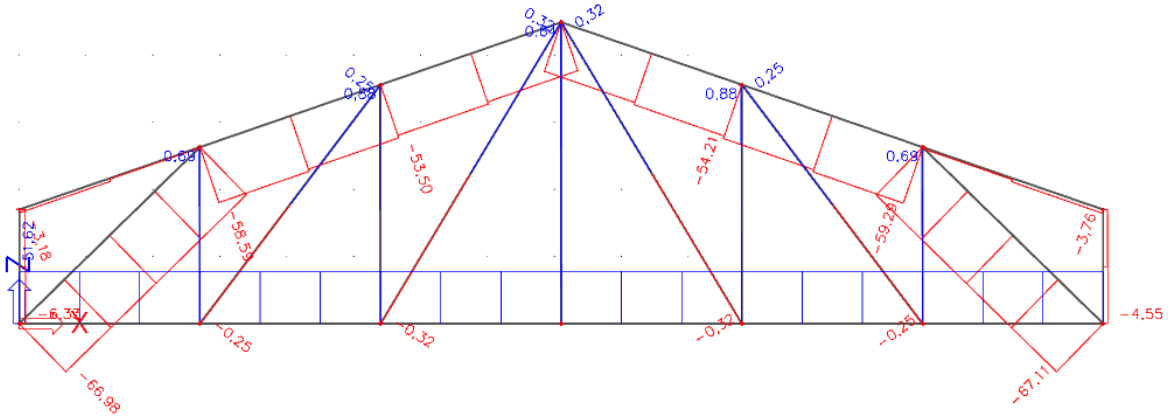
Dijagram momenata (M)



Dijagram poprečnih sila (V)

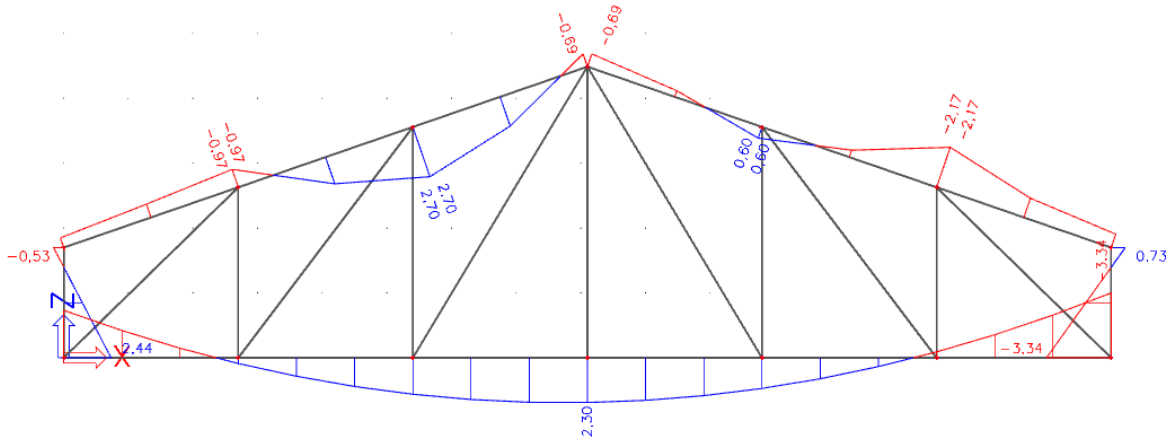


Dijagram uzdužnih sila (N)

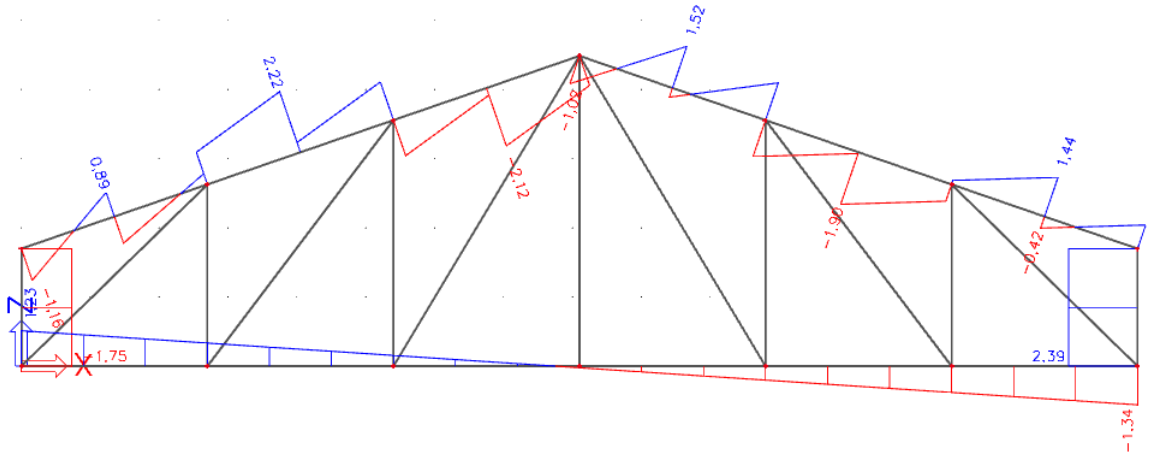


3.1.3. Kombinacija opterećenja K3 = 1,0G + 1,0dG + 1,5W2

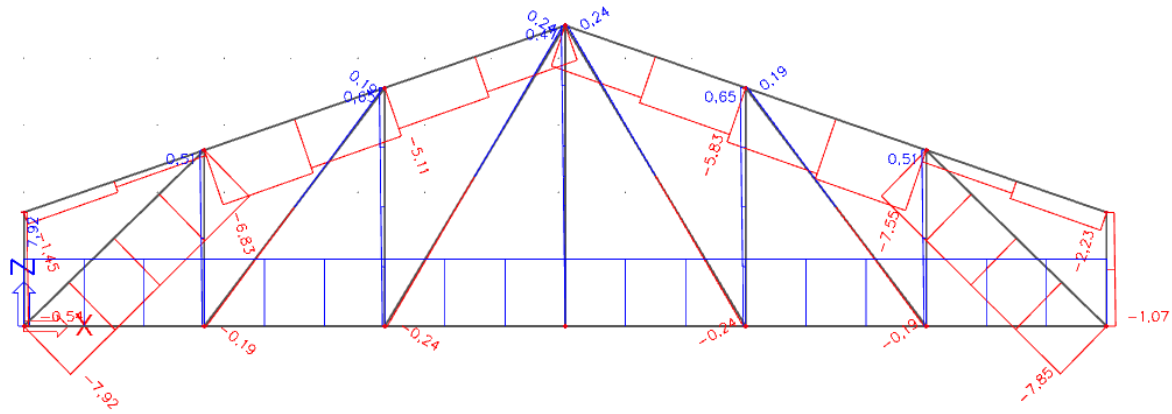
Dijagram momenata (M)



Dijagram poprečnih sila (V)

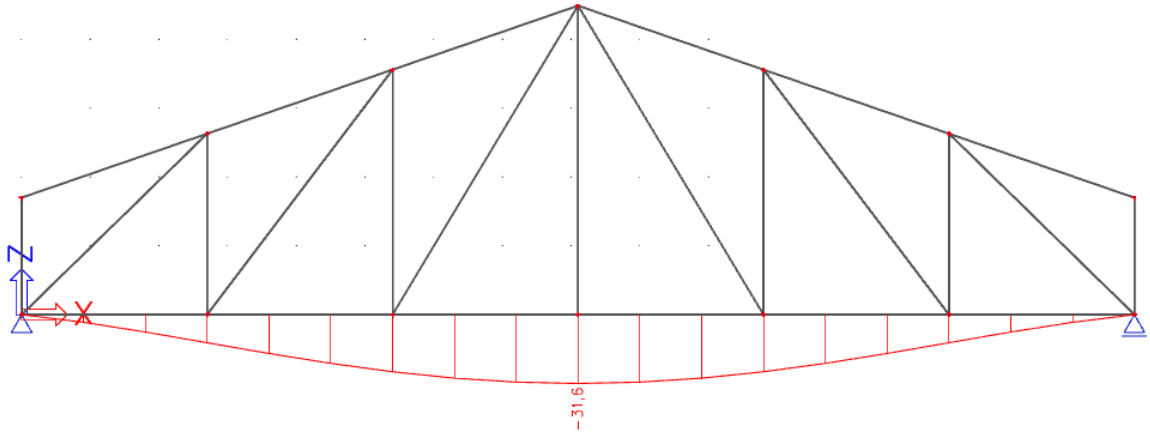


Dijagram uzdužnih sila (N)



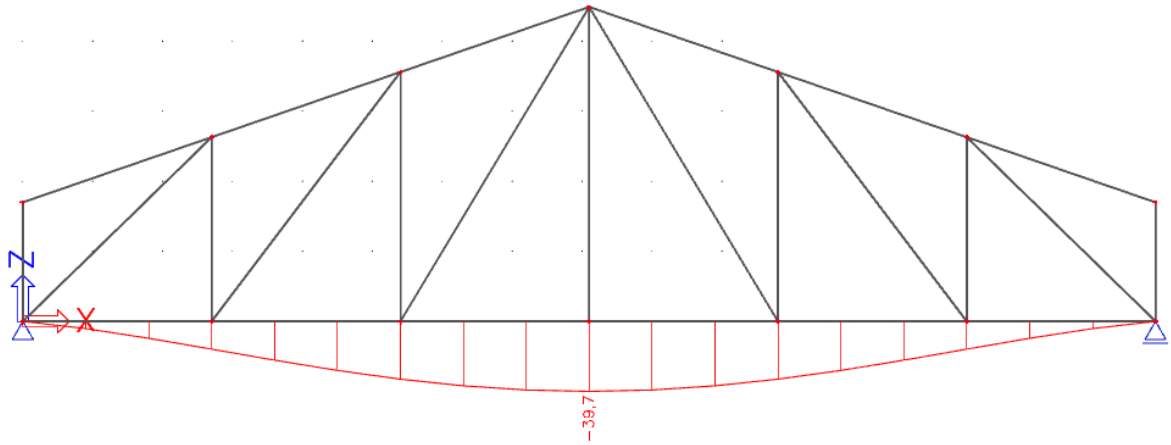
3.2. KONTROLA PROGIBA

3.2.1. Stalno opterećenje (G)



$W_{G,inst}$ = 31,6mm

3.2.2. Promjenjivo opterećenje (S)



$W_{S,inst}$ = 39,7mm

<u>Konačni progibi:</u>

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

$k_{def} = 0,8 \rightarrow$ Uporabna klasa 2 , stalno opterećenje
$W_{G,fin} = 31,6 * (1 + 0,8) = 56,88$ mm

$W_{Q,fin} = W_{Q,inst} * (1 + \psi_2 * k_{def})$

$\psi_2 = 0 \rightarrow$ Rijeka: 50 m nm $\leq$ 1000 m nm

$W_{Q,fin} = 39,7 * (1 + 0 * 0,8) = 39,7$ mm

Ukupni konačni progib:

$W_{fin} = W_{G,fin} + W_{Q,fin} + W_0$

$W_0 = 0 \rightarrow$ Nadvišenje

$W_{fin} = 56,88 + 39,7 + 0 = \underline{96,58 \text{ mm}}$

Preporučeni progibi za karakterističnu (rijetku) kombinaciju:

$W_{Q,inst} \leq L/300$

$W_{Q,inst} = 39,7 \text{ mm} \leq 16200/300 = 54 \text{ mm}$

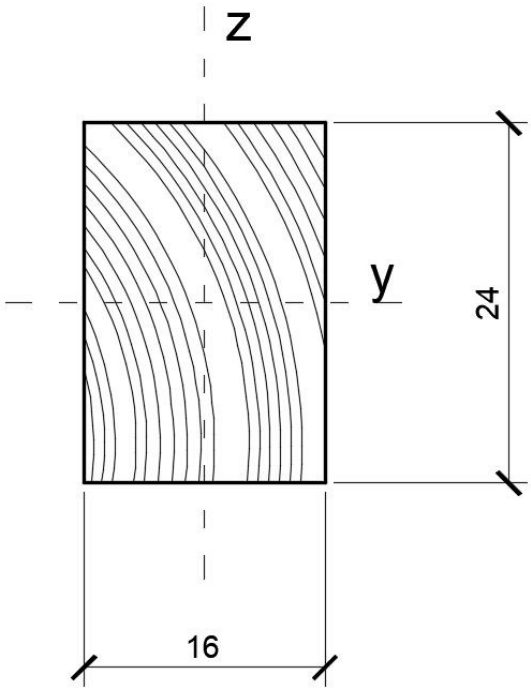
$W_{fin} - W_{G,inst} \leq L/200$

$96,58 - 31,6 = 64,98 \text{ mm} \leq 16200/200 = 81 \text{ mm}$

NAJVEĆI VERTIKALNI PROGIB KROVNIH GREDA ZADOVOLJAVA U ODNOSU NA DOPUŠTENI PROGIB

4. DIMENZIONIRANJE

4.1. GORNJI POJAS



Materijal: C24, uporabna klasa 2

Djelovanja: N_{sd}= 74,65 kN (tlak)
M_{sd}= 16,48 kNm
V_{sd} = 15,48 kN

Poprečni presjek: b/h = 16/24 cm

Geometrijske karakteristike:

A= b * h = 160 * 240 = 38400 mm^2

$$W = \frac{160 * 240}{6} = 1536000\ mm^3$$

$l_{eff,y}$ = a' = 2,86 m

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 2,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2 → $$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92\ N/mm^2$$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 → $$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,77\ N/mm^2$$

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2 → $$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,7}{1,3} = 1,7\ N/mm^2$$

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

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{74,65 * 1000}{38400} = 1,944\ N/mm^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{16{,}48 * 1000000}{1536000} = 10{,}729\ N/mm^2$$

$$\tau_d = \frac{V_d * S}{I * b} = 1{,}5 * \frac{V_d}{A} = 1{,}5 * \frac{15{,}58\ * 1000}{38400} = 0{,}609\ N/mm^2$$

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{0{,}289 * b} = \frac{286}{0{,}289 * 16} = 61{,}85$$

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

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{61{,}85}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333{,}33}} = 1{,}05$$

$$k = 0{,}5 * \left[1 + \beta_c * \left(\lambda_{rel,c} - 0{,}3\right) + \lambda_{rel,c}^2\right]$$
$$= 0{,}5 * \left[1 + 0{,}2 * (1{,}05 - 0{,}3) + 1{,}05^2\right]$$
$$= 1{,}13$$

$$k_c = min\left\{\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}};\ 1{,}0\right\} \leq 1{,}0 \rightarrow k_c = \frac{1}{1{,}13 + \sqrt{1{,}13^2 - 1{,}05^2}} = 0{,}65$$

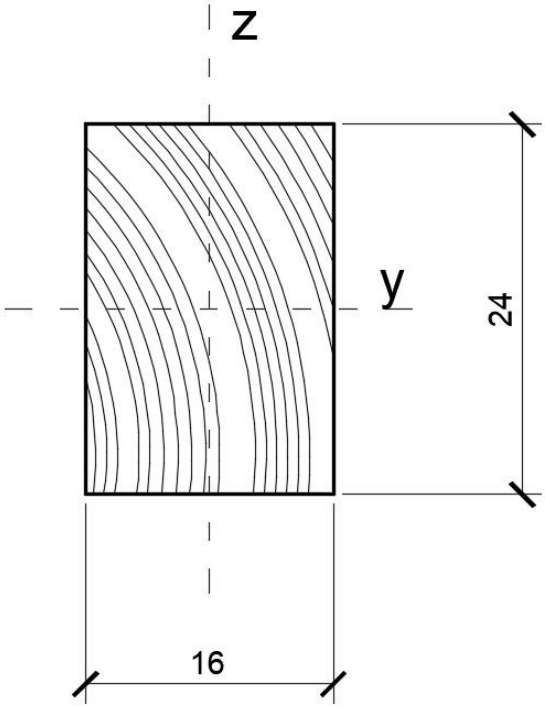
Dokaz stabilnosti i nosivosti:

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

$$\frac{1{,}944}{0{,}65 * 12{,}92} + \frac{10{,}729}{1 * 14{,}77} = 0{,}96 \leq 1{,}0\ ;\ \frac{0{,}609}{1{,}7} = 0{,}36\ \leq 1{,}0$$

ISKORISTIVOST: 96%

4.2. DONJI POJAS



Materijal: C24, uporabna klasa 2

Djelovanja: N_{sd}= 65,51 kN (vlak)
M_{sd}= 5,46 kNm
V_{sd} = 2,34 kN

Poprečni presjek: b/h = 16/24 cm

Geometrijske karakteristike:

A_N= 0,8 * b * h = 0,8 * 160 * 240 = 30720 mm^2

$$W = \frac{160 * 240}{6} = 1536000\ mm^3$$

$l_{eff,y}$ = L = 16,20 m

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 2,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{t,0,k}$ = 14,0 N/mm^2 → $$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{14}{1{,}3} = 8{,}62\ N/mm^2$$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 → $$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}77\ N/mm^2$$

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2 → $$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}7}{1{,}3} = 1{,}7\ N/mm^2$$

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

$$\frac{l_{eff,y} * h}{b^2} = \frac{1620 * 24}{16^2} = 151{,}88 > 100 \rightarrow očitano\ iz\ tablice\ (k_m = 0{,}965)$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_N} = \frac{65,51 * 1000}{30720} = 2,13\ N/mm^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{5,46 * 1000000}{1536000} = 3,55\ N/mm^2$$

$$\tau_{m,d} = \frac{V_d * S}{I * b} = 1,5 * \frac{V_d}{A} = 1,5 * \frac{2,34 * 1000}{38400} = 0,06\ N/mm^2$$

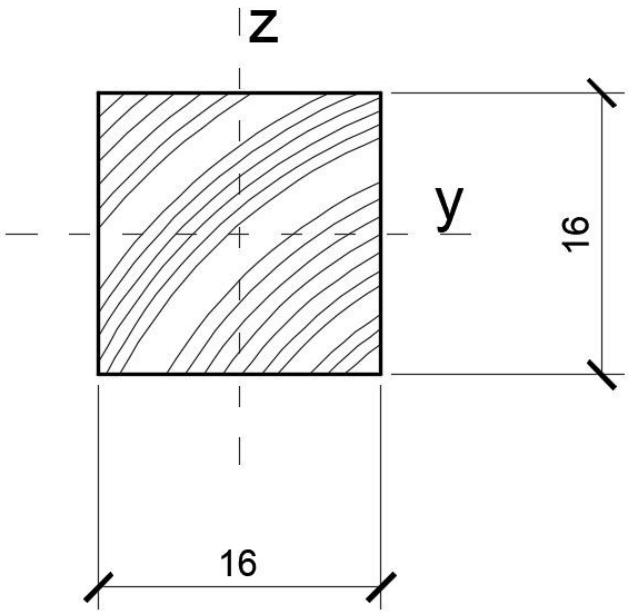
Dokaz stabilnosti i nosivosti:

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

$$\frac{2,13}{8,62} + \frac{3,55}{0,965 * 14,77} = 0,50 < 1,0\ ;\ \frac{0,06}{1,7} = 0,04 < 1,0$$

ISKORISTIVOST: 50%

4.3. VERTIKALA



Materijal: C24, uporabna klasa 2

Djelovanja: N_{sd}= 6,53 kN (tlak)

Poprečni presjek: b/h = 16/16 cm

Geometrijske karakteristike:

A = b * h = 160 * 160 = 25600 mm^2

$$W = \frac{160}{6} = 682666{,}67\ mm^3$$

$l_{eff,y}$ = 1,70 m

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 2,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2 → $$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{21}{1{,}3} = 12{,}92\ N/mm^2$$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 → $$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}77\ N/mm^2$$

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2 → $$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}7}{1{,}3} = 1{,}7\ N/mm^2$$

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

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{6{,}52 * 1000}{25600} = 0{,}255\ N/mm^2$$

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{0{,}289 * b} = \frac{170}{0{,}289 * 16} = 36{,}76$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{36,76}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333,33}} = 0,63$$

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

$$k = 0,5 * \left[1 + \beta_c * \left(\lambda_{rel,c} - 0,3\right) + \lambda_{rel,c}^2\right]$$
$$= 0,5 * \left[1 + 0,2 * (0,63 - 0,3) + 0,63^2\right]$$
$$= 0,73$$

$$k_c = min\left\{\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}};\ 1,0\right\} \leq 1,0 \rightarrow k_c = \frac{1}{0,73 + \sqrt{0,73^2 - 0,63^2}} = 0,91$$

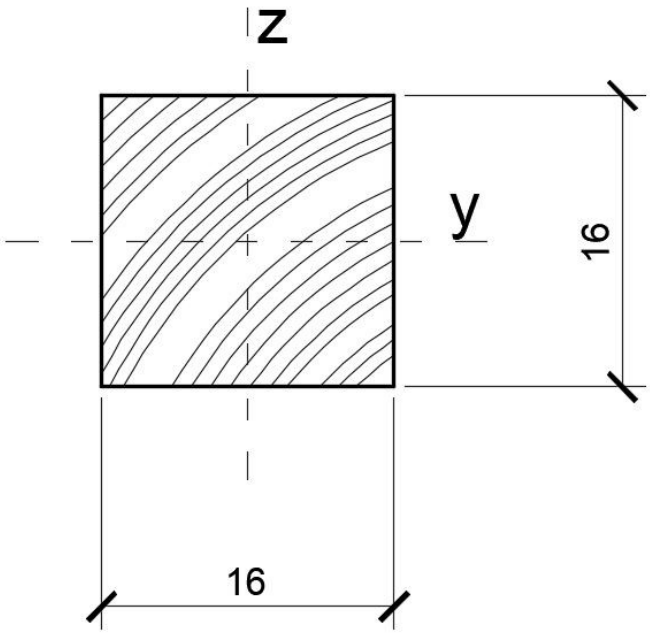
Dokaz stabilnosti i nosivosti:

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

$$\frac{0,255}{0,91 * 12,92} = 0,02 \leq 1,0$$

ISKORISTIVOST: 2%

4.4. DIJAGONALA (TLAK)



Materijal: C24, uporabna klasa 2

Djelovanja: N_{sd}= 86,02 kN (tlak)

Poprečni presjek: b/h = 16/16 cm

Geometrijske karakteristike:

A = b * h = 160 * 160 = 25600 mm^2

$$W = \frac{160}{6} = 682666{,}67\ mm^3$$

$l_{eff,y}$ = 3,77 m

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 2,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2 → $$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{21}{1{,}3} = 12{,}92\ N/mm^2$$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 → $$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}77\ N/mm^2$$

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2 → $$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}7}{1{,}3} = 1{,}7\ N/mm^2$$

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

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{86{,}02 * 1000}{25600} = 3{,}36\ N/mm^2$$

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{0{,}289 * b} = \frac{377}{0{,}289 * 16} = 81{,}53$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{81,53}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333,33}} = 1,39$$

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

$$k = 0,5 * \left[1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2\right]$$
$$= 0,5 * \left[1 + 0,2 * (1,39 - 0,3) + 1,39^2\right]$$
$$= 1,58$$

$$k_c = min\left\{\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}};\ 1,0\right\} \leq 1,0 \rightarrow k_c = \frac{1}{1,58 + \sqrt{1,58^2 - 1,39^2}} = 0,43$$

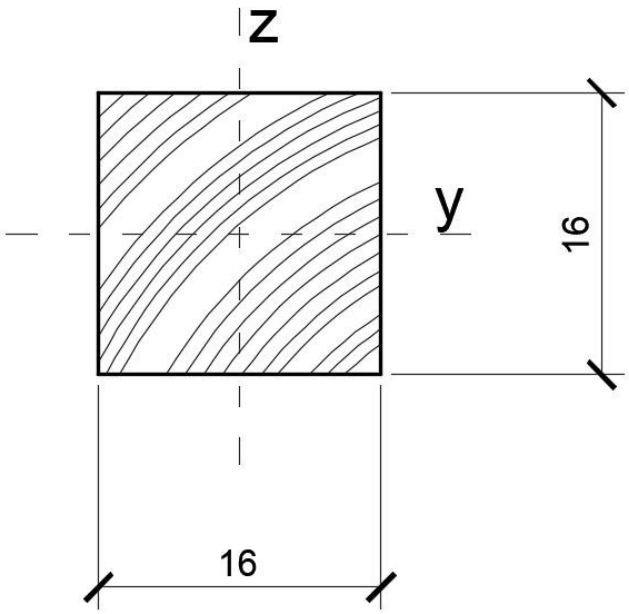
Dokaz stabilnosti i nosivosti:

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

$$\frac{3,36}{0,43 * 12,92} = 0,61 \leq 1,0$$

ISKORISTIVOST: 61%

4.5. DIJAGONALA (VLAK)



Materijal: C24, uporabna klasa 2

Djelovanja: N_{sd}= 0,43 kN (vlak)

Poprečni presjek: b/h = 16/16 cm

Geometrijske karakteristike:

A_n = 0,8 * b * h = 0,8 * 160 * 160
= 20480 mm^2

$$W = \frac{160}{6} = 682666{,}67\ mm^3$$

$l_{ef,y}$ = 5,24 m

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 2,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{t,0,k}$ = 14,0 N/mm^2 → $$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{14}{1{,}3} = 8{,}62\ N/mm^2$$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 → $$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}77\ N/mm^2$$

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2 → $$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}7}{1{,}3} = 1{,}7\ N/mm^2$$

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

$$\frac{l_{eff,y} * h}{b^2} = \frac{524 * 16}{16^2} = 32{,}7 < 100 \rightarrow k_c = 1{,}0$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_n} = \frac{0,15 \cdot 1000}{20480} = 0,02\ N/mm^2$$

Dokaz nosivosti:

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

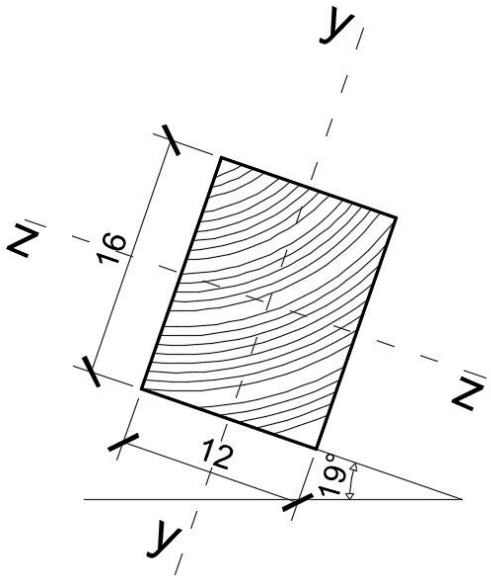
$$\frac{0,02}{8,62} = 0,002 \leq 1,0$$

ISKORISTIVOST: 0,2%

4.6. PODROŽNICA

Materijal: C24, uporabna klasa 2

Djelovanja: g = dG * a'/2 = 0,25 * 2,86/2
= 0,358 kN/m'
s = S / n = 3,146/5,5 = 0,572 kN/m'
w = W / n = 0,7/5,5 = 0,127 kN/m'



Poprečni presjek: b/h = 12/16 cm

Geometrijske karakteristike:

A = b * h = 120 * 160 = 19200 mm^2

$$W_z = \frac{160 * 120}{6} = 384000\ mm^3$$

$$W_y = \frac{120 * 160}{6} = 512000\ mm^3$$

Kombinacija djelovanja na podrožnicu: 1,35g + 1,5 * 0,9 * (s+w)

E_y = 1,35 * 0,358 * cos19 + 1,35 * 0,572 * cos19 + 1,35 * 0,127 = 1,359 kN/m'

E_z = 1,35 * 0,358 * sin19 + 1,35 * 0,572 * sin19 = 0,409 kN/m'

Vrijednosti reznih sila:

$$M_{y,d} = \frac{E_y * l^2}{8} = \frac{1,359 * 5,5^2}{8} = 5,139\ \text{kNm}$$

$$M_{z,d} = \frac{E_z * l^2}{8} = \frac{0,409 * 5,5^2}{8} = 1,547\ \text{kNm}$$

$$T_{y,d} = \frac{E_y * l}{2} = \frac{1,359 * 5,5}{2} = 3,737\ \text{kNm}$$

$$T_{z,d} = \frac{E_z * l}{2} = \frac{0,409 * 5,5}{2} = 1,125\ \text{kNm}$$

Proračun naprezanja:

$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{5,139 * 10^6}{512000} = 10,04$ N/mm^2

$\sigma_{z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{1,547 * 10^6}{384000} = 4,03$ N/mm^2

$\tau_{y,d} = 1,5 * \frac{T_{y,d}}{A} = 1,5 * \frac{3,737 * 10^3}{128000} = 0,44$ N/mm^2

$\tau_{z,d} = 1,5 * \frac{T_{z,d}}{A} = 1,5 * \frac{1,125 * 10^3}{128000} = 0,013$ N/mm^2

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

$k_{red} = 0,7 \rightarrow$ za pravokutne poprečne presjeke

$\frac{l_{ef} * h}{b^2} = \frac{550 * 16}{12^2} = 61,11 < 100 \rightarrow k_m = 1,0$

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

$\frac{10,04}{1,0 * 14,77} + 0,7 * \frac{4,03}{14,77} \leq 1,0$

$0,87 \leq 1,0$

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

$0,7 * \frac{10,04}{1,0 * 14,77} + \frac{4,03}{14,77} \leq 1,0$

$0,75 \leq 1,0$

Posmik:

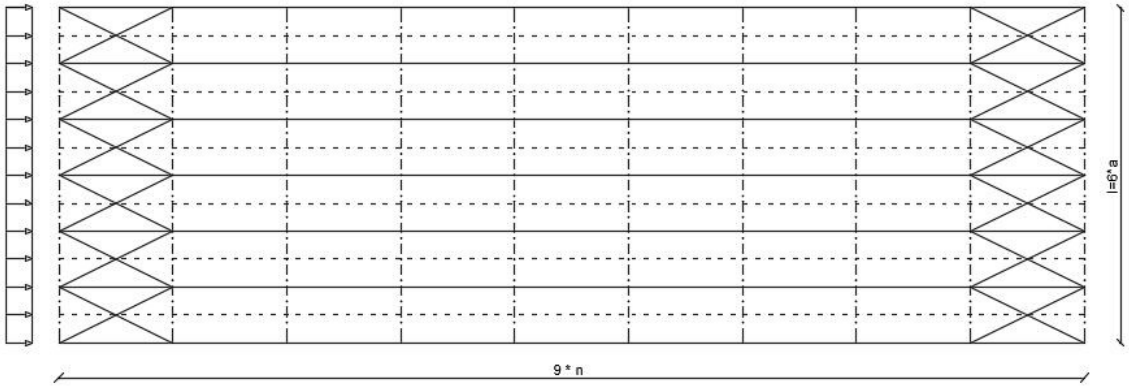
$\left(\frac{\tau y,d}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau z,d}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1,0$

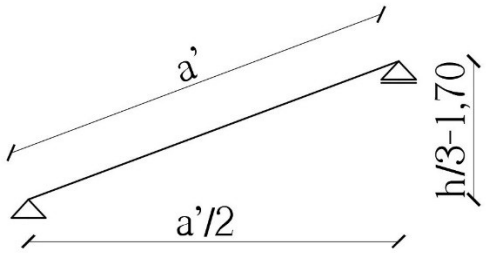
$\left(\frac{0,44}{1,7}\right)^2 + \left(\frac{0,013}{1,7}\right)^2 \leq 1,0$

$0{,}07 \leq 1{,}0$

ISKORISTIVOST: 87%

5. STABILIZACIJA





Geometrija sustava:

L = 16,20 m	n = 5,50 m
a = 2,70 m	a' = 2,86 m
h = 4,49 m	α = 19º

Dimenzije poprečnih presjeka i materijala:

- glavni nosači

b_1/h_1 = 16/24cm — C24 / uporabna klasa 2

- sekundarni nosači - podrožnice

b_2/h_2 = 12/16cm — C24 / uporabna klasa 2

- dijagonale sprega

M14 (ϕ14) — S235

Djelovanja:

- vertikalna

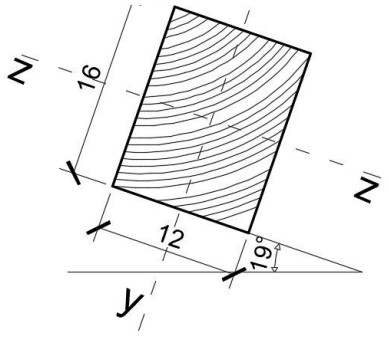
pokrov i podkonstrukcija pokrova — 0,25 kN/m^2
snijeg — 0,40 kN/m^2

- horizontalna

vjetar na zabatnu konstrukciju

$q_{w,k} = q_{pz} \cdot (Cpi + Cpe)$
$= 1,17 \cdot (0,2 + 2,0)$
$= 2,574$ kN/m^2

5.1. SEKUNDARNI NOSAČI - PODROŽNICE



Djelovanja:

$$q_{G,k} = \frac{g \cdot a/2}{cos\alpha} + b_2 \cdot h_2 \cdot \rho = \frac{0{,}25 \cdot 2{,}70/2}{cos19º} + 0{,}12 \cdot 0{,}16 \cdot 3{,}50 = 0{,}42\ \text{kN/m}$$

$$q_{Q,k} = s \cdot \frac{a}{2} = 0{,}40 \cdot 1{,}35 = 0{,}54\ \text{kN/m}$$

$$q_d = 1{,}35 \cdot 0{,}42 + 1{,}50 \cdot 0{,}54 = 1{,}38\ \text{kN/m}$$

$$q_{z,d} = q_d \cdot cos\alpha = 1{,}38 \cdot cos\alpha = 1{,}30\ \text{kN/m}$$

$$q_{y,d} = q_d \cdot sin\alpha = 1{,}38 \cdot sin\alpha = 0{,}45\ \text{kN/m}$$

Rezne sile:

$$M_{y,d} = \frac{q_{z,d} \cdot l^2}{8} = \frac{1{,}30 \cdot 5{,}50^2}{8} = 4{,}92\ \text{kNm}$$

$$M_{z,d} = \frac{q_{y,d} \cdot l^2}{8} = \frac{0{,}45 \cdot 5{,}50^2}{8} = 1{,}70\ \text{kNm}$$

$$V_{y,d} = \frac{q_{z,d} \cdot l}{8} = \frac{1{,}30 \cdot 5{,}50^2}{8} = 3{,}58\ \text{kN}$$

$$V_{z,d} = \frac{q_{y,d} \cdot l}{2} = \frac{0{,}45 \cdot 5{,}50^2}{2} = 1{,}24\ \text{kN}$$

Karakteristike poprečnog presjeka:

$A = 16 \cdot 12 = 192\ \text{cm}^2$

$$W_z = \frac{160 * 120^3}{6} = 384000\ mm^3$$

$$W_y = \frac{120 * 160^3}{6} = 512000\ mm^3$$

Karakteristike materijala (C24)

-srednje trajo opterećenje / uporabna klasa 2 → $k_{mod} = 0{,}8$; $\gamma_M = 1{,}3$

$f_{c,0,k} = 21,0\ N/mm^2 \rightarrow f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92\ N/mm^2$

$f_{m,k} = 24,0\ N/mm^2 \rightarrow f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,77\ N/mm^2$

$f_{v,k} = 2,7\ N/mm^2 \rightarrow f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,7}{1,3} = 1,7\ N/mm^2$

$f_{t,0,k} = 14,0\ N/mm^2 \rightarrow f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{14}{1,3} = 8,62\ N/mm^2$

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

Proračunska naprezanja:

$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{4,92 \cdot 10^6}{512000} = 9,61\ N/mm^2 =$

$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{1,70 \cdot 10^6}{384000} = 4,43\ N/mm^2$

$\tau_{y,d} = 1,5 * \frac{T_{y,d}}{A} = 1,5 * \frac{3,575 \cdot 10^3}{192000} = 0,19\ N/mm^2$

$\tau_{z,d} = 1,5 * \frac{T_{z,d}}{A} = 1,5 * \frac{1,24 \cdot 10^3}{128000} = 0,06\ N/mm^2$

$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{5500 \cdot 160}{120^2} = 61,11 < 100 \rightarrow k_{crit} = 1,0 \qquad k_{red} = 0,7$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

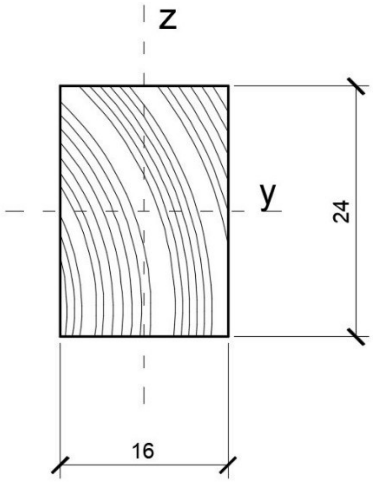
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{9,61}{1,0 \cdot 14,77} + 0,7 \cdot \frac{4,43}{14,77} = 0,86 \leq 1,0$$

$$k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = 0,7 \cdot \frac{9,61}{1,0 \cdot 14,77} + \frac{4,43}{14,77} = 0,76 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{\tau y,d}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau z,d}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0,19}{1,7}\right)^2 + \left(\frac{0,06}{1,7}\right)^2 = 0,01 \leq 1,0$$

ISKORISTIVOST: 86%

5.2. GLAVNI NOSAČI

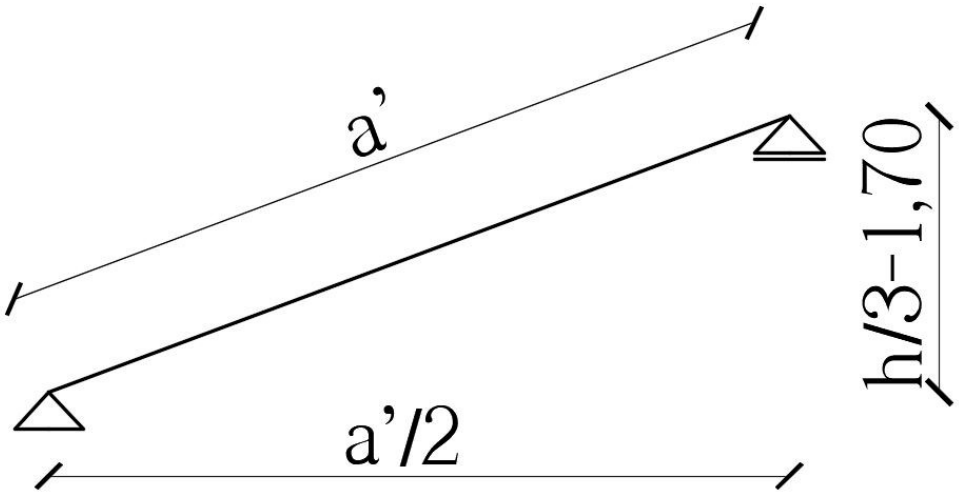


Karakteristike poprečnog presjeka:

$b_1/h_1 = 16/24$ cm

$A = 16 \cdot 24 = 384$ cm^2

$$W_y = \frac{160 * 240^3}{6} = 1536000\ mm^3$$



Djelovanja:

$$q_{G,k} = g \cdot n + b_1 \cdot h_1 \cdot \rho = 0{,}25 \cdot 5{,}50 + 0{,}16 \cdot 0{,}24 \cdot 3{,}50 = 1{,}51\ \text{kN/m}$$

$$q_{Q,k} = s \cdot n = 0{,}40 \cdot 5{,}50 = 2{,}20\ \text{kN/m}$$

$$q'_{G,k} = \frac{q_{G,k}}{cos\alpha} = \frac{1{,}51}{\cos 19°} = 1{,}60\ \text{kN/m}$$

$$q_d = 1{,}35 \cdot q'_{G,k} + 1{,}50 \cdot q_{Q,k} = 5{,}46\ \text{kN/m}$$

Rezne sile:

$$R_{A,d} = R_{A,d} = \frac{q_d \cdot l}{2} = \frac{5,46 \cdot 2,70}{2} = 7,37 \text{ kN}$$

$$M_{y,d} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} = \frac{5,46 \cdot 2,70^2}{8} = 4,98 \text{ kNm}$$

$$V_{z,d} = R_{A,d} \cdot \cos\alpha = 7,37 \cdot \cos 19º = 6,97 \text{ kN}$$

$$N_{x,d} = R_{A,d} \cdot \sin\alpha = 7,37 \cdot \sin 19º = 2,40 \text{ kN}$$

Proračunska naprezanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{\frac{M_{y,d}}{W_y}}{} = \frac{4,98 \cdot 10^6}{1536000} = 3,24\ N/mm^2$$

$$\tau_d = 1,5 * \frac{\frac{V_{z,d}}{A}}{} = 1,5 * \frac{6,97 \cdot 10^3}{384000} = 0,27\ N/mm^2$$

Karakteristike materijala (C24)

-srednje trajo opterećenje / uporabna klasa 2 → $k_{mod} = 0,8$; $\gamma_M = 1,3$

$f_{c,0,k} = 21,0$ N/mm² → $f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92\ N/mm^2$

$f_{m,k} = 24,0$ N/mm² → $f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,77\ N/mm^2$

$f_{v,k} = 2,7$ N/mm² → $f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,7}{1,3} = 1,7\ N/mm^2$

$f_{t,0,k} = 14,0$ N/mm² → $f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{14}{1,3} = 8,62\ N/mm^2$

$E_{0,mean} = 11000$ N/mm² → $E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333,33\ N/mm^2$

$$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{286 \cdot 24}{16^2} = 26,81 < 100 \rightarrow k_{crit} = 1,0$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,d}} = \frac{3,24}{14,77} = 0,22 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{\tau d}{f_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{0,27}{1,7}\right)^2 = 0,16 \leq 1,0$$

ISKORISTIVOST: 22%

5.3. SPOJ: GLAVNI NOSAČ – PODROŽNICA

Zamjenjujuće djelovanje od izbočavanja

$$q_d = k_1 \cdot \frac{n \cdot N_d}{30 \cdot l'}$$

$$k_1 = min\left\{1; \sqrt{\frac{15}{l'}}\right\} = min\left\{1; \sqrt{\frac{15}{8{,}58}}\right\} = 1{,}0$$

$$n = \frac{10}{2} = 5{,}0 \qquad N_d = 2{,}40\ kN$$

$$q_d = 1{,}0 \cdot \frac{5{,}0 \cdot 2{,}40}{30 \cdot 8{,}58} = 0{,}05\ \text{kN/m}$$

Djelovanje vjetra na jedan spreg

$$q_{w,1,d} = \frac{q_{w,d}}{2} = \frac{1{,}5 \cdot q_{w,k}}{2} = \frac{1{,}5 \cdot 2{,}574}{2} = 1{,}93\ \text{kN/m}$$

$$q_{TOT,d} = q_{w,1,d} + q_d = 1{,}93 + 0{,}05 = 1{,}98\ kN/m$$

$F_d = q_{TOT,d} \cdot a' = 1{,}98 \cdot 2{,}86 = 2{,}83$ kN

Sila u pojasevima O_3 (U_3) glavnog nosača

$$N_{O_3(U_3)d} = \frac{q_{TOT,d} \cdot l'^2}{8 \cdot n} = \frac{1{,}98 \cdot 2{,}86^2}{8 \cdot 5{,}50} = 0{,}37\ \text{kN}$$

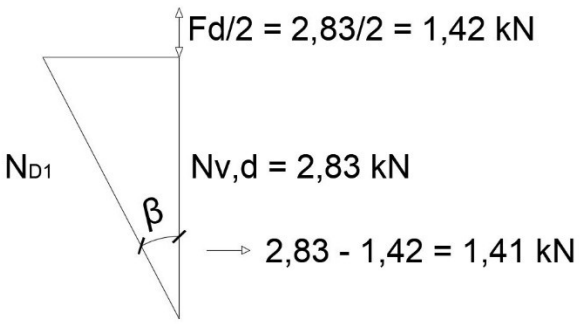
Sile u vertikalama (podrožnice)

$$N_{v,1,d} = \frac{q_{TOT,d} \cdot l'}{2} = \frac{1{,}98 \cdot 2{,}86}{2} = 2{,}83\ \text{kN}$$

Sile u dijagonalama

$$tg\beta = \frac{2{,}86}{5{,}5} \rightarrow \beta = 27°28'$$

$$N_{D,1d} = \frac{1{,}41}{cos\beta} = 1{,}59\ kN$$



Dokaz za glavne nosače (pojasevi sprega)

$$h1' = \frac{h1}{6} = \frac{24}{6} = 4cm$$

A' = $b_1 \cdot h_1' = 16 \cdot 4 = 64$ cm

Proračunsko naprezanje od $N_{O_s(U_s)d}$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{O_s(U_s)d}}{A'} = \frac{0{,}37 \cdot 10^3}{6400} = 0{,}06\ N/mm^2$$

$\sigma_{m,y,d}$ = 3,24 N/mm^2

$$\frac{l_{ef} \cdot h_1}{b^2} = \frac{286 \cdot 24}{16^2} = 26{,}81 < 100 \rightarrow k_{crit} = 1{,}0$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_Z} = \frac{2{,}86}{0{,}289 \cdot 0{,}16} = 61{,}85 \rightarrow k_c = 0{,}633$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1{,}0$$

$$\frac{0{,}06}{0{,}633 \cdot 12{,}92} + \frac{3{,}24}{1{,}0 \cdot 14{,}77} = 0{,}23 \leq 1{,}0$$

ISKORISTIVOST: 23%

5.4. DOKAZ ZA PODROŽNICE

$$\sigma_{c,0,V,d} = \frac{N_{V_1 d}}{A} = \frac{2{,}86 \cdot 10^3}{160 \cdot 120} = 0{,}15\ N/mm^2$$

$$\frac{l_{ef} \cdot h_1}{b^2} = \frac{5500 \cdot 160}{120^2} = 61{,}11 < 100 \rightarrow k_{crit} = 1{,}0$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_Z} = \frac{5500}{0{,}289 \cdot 120} = 158{,}59 \rightarrow k_c = 0{,}142$$

$\sigma_{m,y,d} = 9{,}61$ N/mm^2

$\sigma_{m,z,d} = 4{,}43$ N/mm^2

Dokaz nosivosti i stabilnosti

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

$$\frac{0{,}27 + 0{,}15}{0{,}142 \cdot 12{,}92} + \frac{9{,}61}{1 \cdot 14{,}77} + 0{,}7 \cdot \frac{4{,}43}{14{,}77} = 0{,}88 \leq 1{,}0$$

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

$$\frac{0{,}27 + 0{,}15}{0{,}142 \cdot 12{,}92} + 0{,}7 \cdot \frac{9{,}61}{1 \cdot 14{,}77} + \frac{4{,}43}{14{,}77} = 0{,}78 \leq 1{,}0$$

ISKORISTIVOST: 88%

5.5. DOKAZ ZA DIJAGONALE

ϕ14 (M14) S235 $A_n = 0,8 \cdot 0,7^2 \cdot \pi = 1,23\ cm^2$

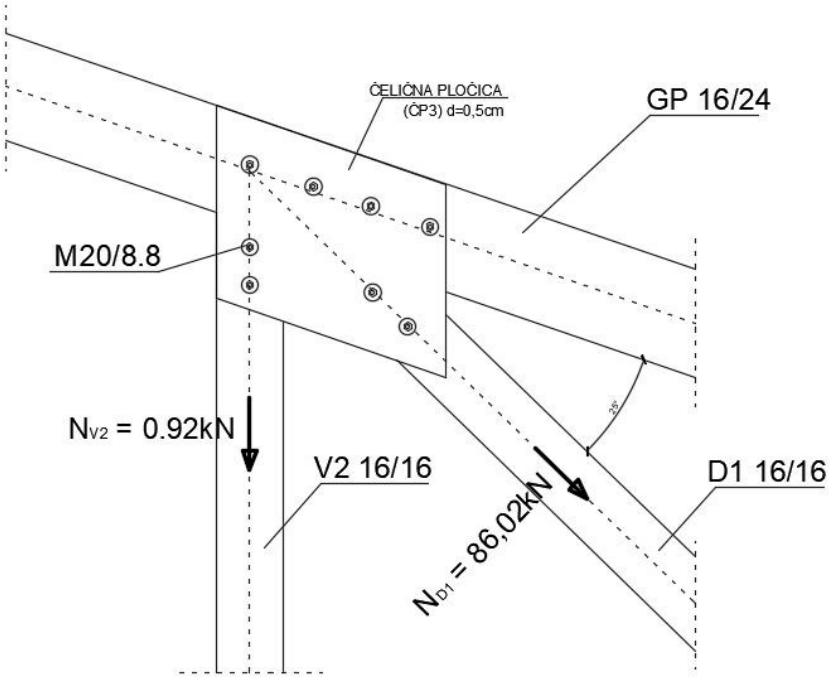
$$\sigma_{D1,d} = \frac{N_{D_1 d}}{A_n} = \frac{7,97 \cdot 10^3}{123} = 64,80\ N/mm^2$$

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{235}{1,1} = 213,6\ N/mm^2$$

$$\frac{\sigma D1,d}{\sigma R,d} = \frac{64,80}{213,6} = 0,30 < 1,0$$

6. PRORAČUN SPOJEVA

6.1 SPOJ 3



VIJCI U VERTIKALI (V2)

$F_{v,Sd} / n \leq F_{v,Rd}$

M20/8.8 → $F_{v,Rk} = 117,6$ kN

$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{MB} = 117,6/1,25$
$= 94,08$ kN

$F_{v,Sk} = N_{V2} = 0.92$ kN

$F_{v,Sd} = 1,5 \cdot F_{v,Sk} = 1,5 \cdot 0,92 = 1,38$ kN

n = 2 → broj vijaka

1,38 / 2 = 0,69 kN ≤ 94,08 kN → ZADOVOLJAVA!

VIJCI U DIJAGONALI (D1)

$F_{v,Sd} / n \leq F_{v,Rd}$

M20/8.8 → $F_{v,Rk} = 117,6$ kN

$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{MB} = 117,6/1,25 = 94,08$ kN

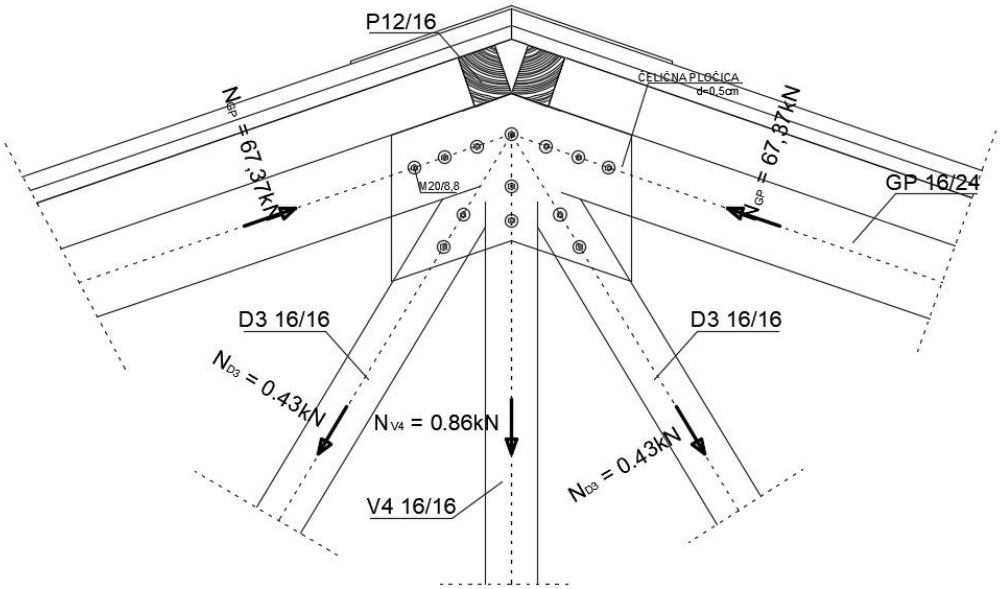
$F_{v,Sk} = N_{D1} = 86,02$ kN

$F_{v,Sd} = 1,5 \cdot F_{v,Sk} = 1,5 \cdot 86,02 = 129,03$ kN

n = 2 → broj vijaka

129,03 / 2 = 64,52 kN ≤ 94,08 kN → ZADOVOLJAVA!

6.2 SPOJ 7



VIJCI U VERTIKALI (V4)

$F_{v,Sd} / n \leq F_{v,Rd}$

M20/8.8 → $F_{v,Rk} = 117,6$ kN

$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{MB} = 117,6/1,25$
$= 94,08$ kN

$F_{v,Sk} = N_{V4} = 0.86$ kN

$F_{v,Sd} = 1,5 \cdot F_{v,Sk} = 1,5 \cdot 0,86 = 1,29$ kN

n = 2 → broj vijaka

1,29 / 2 = 0,65 kN ≤ 94,08 kN → ZADOVOLJAVA!

VIJCI U DIJAGONALI (D3)

$F_{v,Sd} / n \leq F_{v,Rd}$

M20/8.8 → $F_{v,Rk} = 117,6$ kN

$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{MB} = 117,6/1,25 = 94,08$ kN

$F_{v,Sk} = N_{D3} = 0,43$ kN

$F_{v,Sd} = 1,5 \cdot F_{v,Sk} = 1,5 \cdot 0,43 = 0,65$ kN

n = 2 → broj vijaka

0,65 / 2 = 0,32 kN ≤ 94,08 kN → ZADOVOLJAVA!

VIJCI U GORNJEM POJASU (GP)

$F_{v,Sd} / n \leq F_{v,Rd}$

M20/8.8 $\rightarrow F_{v,Rk} = 117,6$ kN

$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{MB} = 117,6/1,25$
$= 94,08$ kN

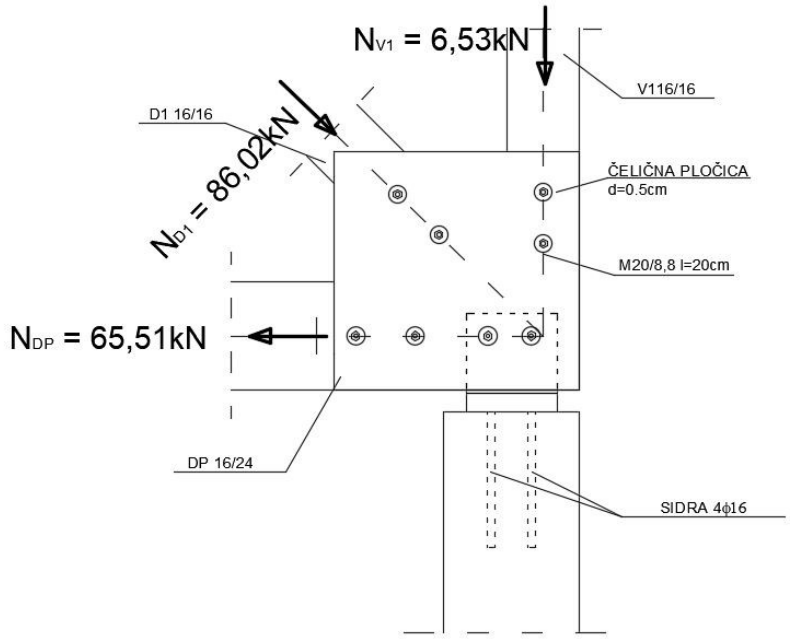
$F_{v,Sk} = N_{GP} = 67,37$ kN

$F_{v,Sd} = 1,5 \cdot F_{v,Sk} = 1,5 \cdot 67,37 = 101,06$ kN

$n = 3 \rightarrow$ broj vijaka

$101,06 / 3 = 33,69$ kN $\leq 94,08$ kN $\rightarrow$ ZADOVOLJAVA!

6.3 SPOJ 2



VIJCI U VERTIKALI (V1)

$F_{v,Sd} / n \leq F_{v,Rd}$

M20/8.8 → $F_{v,Rk}$ = 117,6 kN

$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{MB}$ = 117,6/1,25
= 94,08 kN

$F_{v,Sk} = N_{V1}$ = 6,53 kN

$F_{v,Sd} = 1,5 \cdot F_{v,Sk} = 1,5 \cdot 6,53$ = 9,80 kN

n = 2 → broj vijaka

9,80 / 2 = 4,90 kN ≤ 94,08 kN → ZADOVOLJAVA!

VIJCI U DIJAGONALI (D1)

$F_{v,Sd} / n \leq F_{v,Rd}$

M20/8.8 → $F_{v,Rk}$ = 117,6 kN

$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{MB}$ = 117,6/1,25 = 94,08 kN

$F_{v,Sk} = N_{D1}$ = 86,02 kN

$F_{v,Sd} = 1,5 \cdot F_{v,Sk} = 1,5 \cdot 86,02$ = 129,03 kN

n = 2 → broj vijaka

129,03 / 2 = 64,51 kN ≤ 94,08 kN → ZADOVOLJAVA!

VIJCI U DONJEM POJASU (DP)

$F_{v,Sd} / n \leq F_{v,Rd}$

M20/8.8 $\rightarrow F_{v,Rk} = 117,6$ kN

$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{MB} = 117,6/1,25$
$= 94,08$ kN

$F_{v,Sk} = N_{GP} = 65,51$ kN

$F_{v,Sd} = 1,5 \cdot F_{v,Sk} = 1,5 \cdot 65,51 = 98,25$ kN

$n = 2 \rightarrow$ broj vijaka

$98,25 / 2 = 49,12$ kN $\leq 94,08$ kN $\rightarrow$ ZADOVOLJAVA!

7. LITERATURA

- Davorin Hugo Lončarić, Drvene konstrukcije 1

- Doc.dr.Sc Neno Torić, Predavanja iz predmeta Drvene konstrukcije

- Doc.dr.Sc Neno Torić; Jelena Lovrić, mag.ing.aedif, Vježbe iz predmeta Drvene konstrukcije

- Fakultet Građevine, arhitekture i geodezije u splitu, Repozitorij

8. NACRTI

8.1. PLAN POZICIJA

8.2. POPREČNI PRESJEK REŠETKE

8.3. DETALJ 1

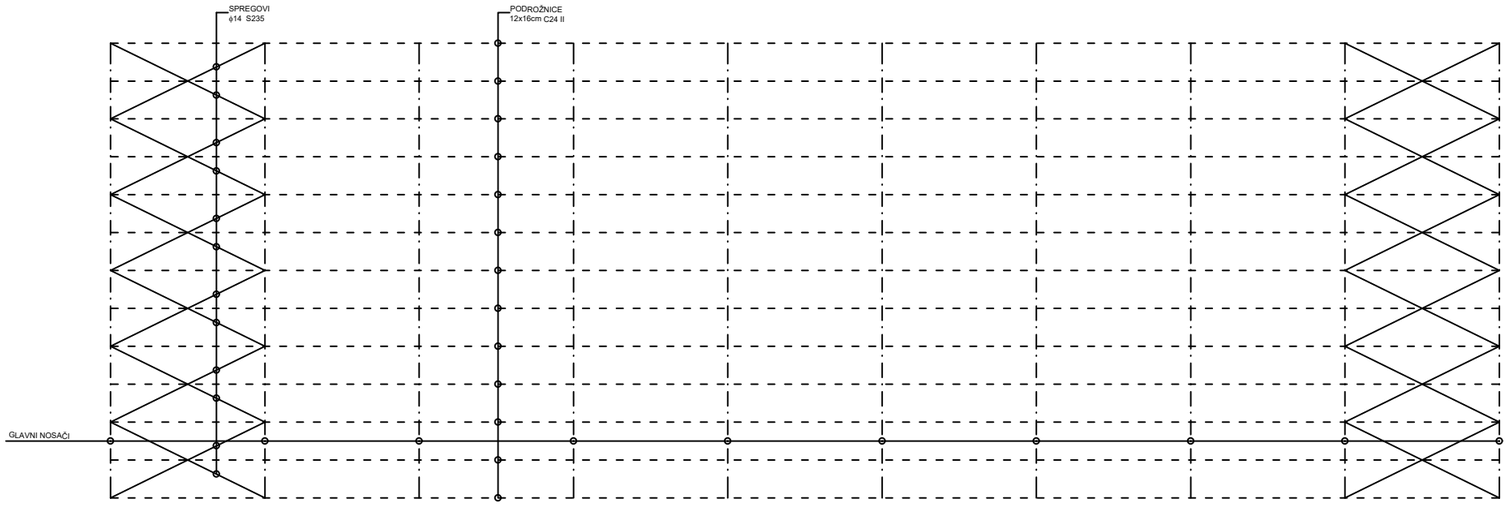
8.4. DETALJ 2

8.5. DETALJ 3

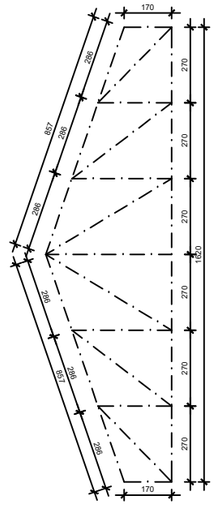
8.6. ISKAZ MATERIJALA

PLAN POZICIJA

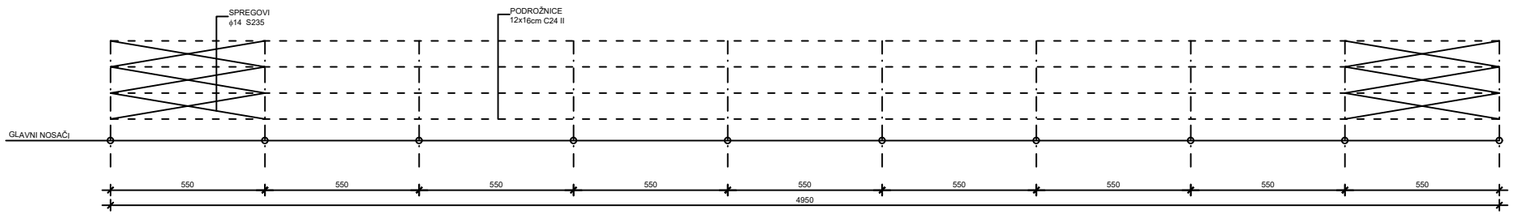
TLOCRT



POPREČNI PRESJEK

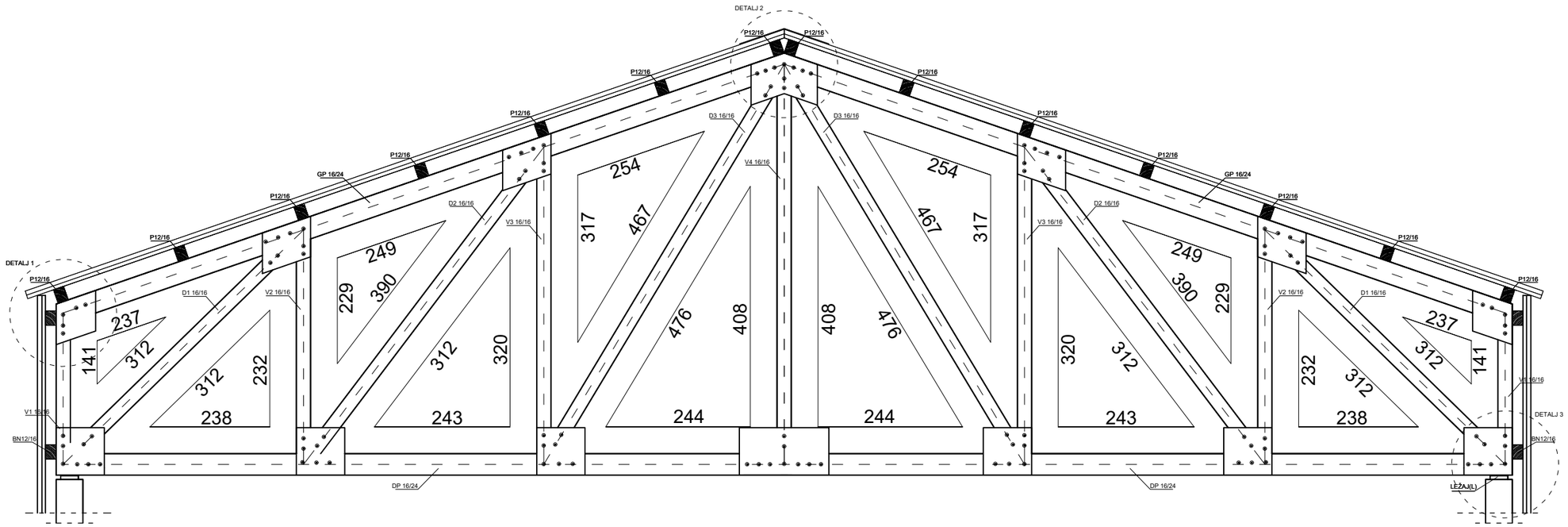


UZDUŽNI PRESJEK



SVEUČILIŠTE U SPLITU, GRA ĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET 21000 Split, Matice hrvatske 15, tel: 021/303-333		
STUDIJ:	Stručni studij građevinarstva	CRTEŽ: Plan pozicija
PREDMET:	Završni rad - Drvene konstrukcije	
TEMA:	Proračun drvene rešetke	
MENTOR:	Doc. Dr. Sc. Neno Torić	
IZRADIO:	Rozario Čobanov	
DATUM:	Rujan 2018.	MJERILO: 1:200 / BR. PRILOGA: 1

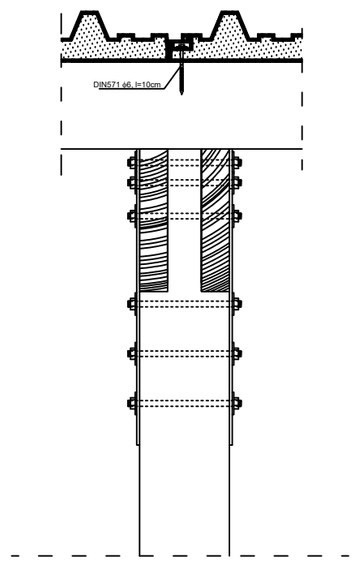
POPREČNI PRESJEK

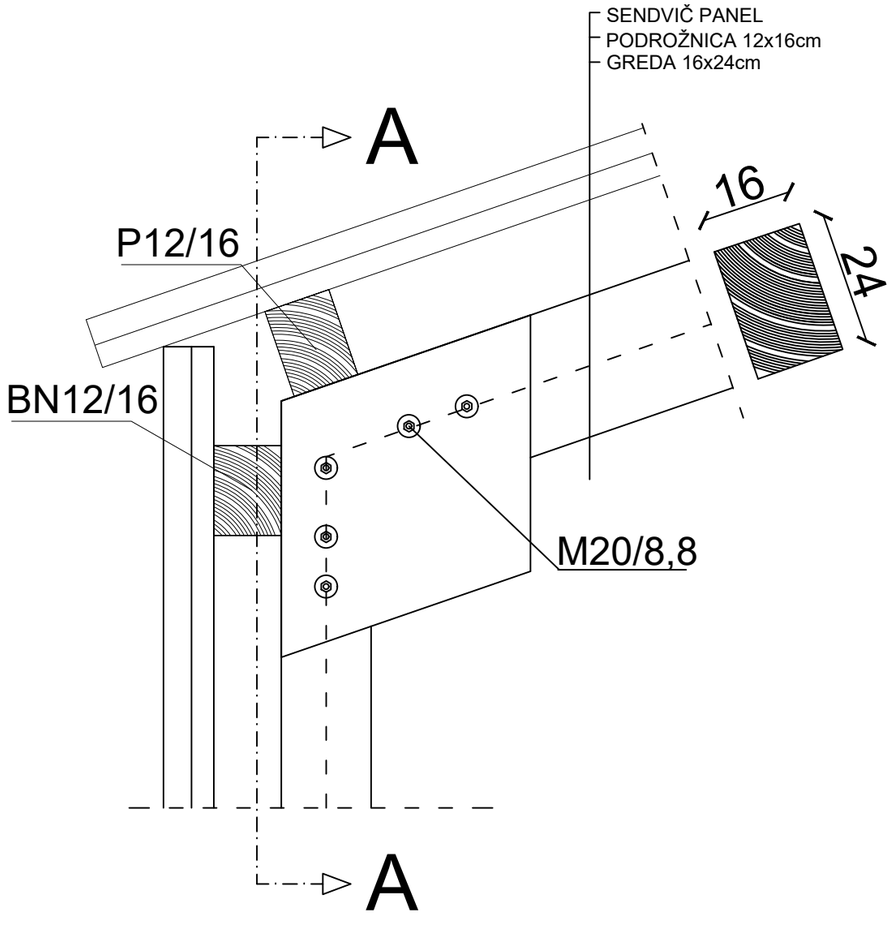


SVEUČILIŠTE U SPLITU, GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET 21000 Split, Matice hrvatske 15, tel: 021/303-333		
STUDIJ:	Stručni studij građevinarstva	CRTEŽ: Poprečni presjek
PREDMET:	Završni rad - Drvene konstrukcije	
TEMA:	Proračun drvene rešetke	
MENTOR:	Doc. Dr. Sc. Neno Torić	
IZRADIO:	Rozario Čobanov	
DATUM:	Rujan 2018.	MJERILO: 1:50 / BR. PRILOGA: 2

DETALJ 1

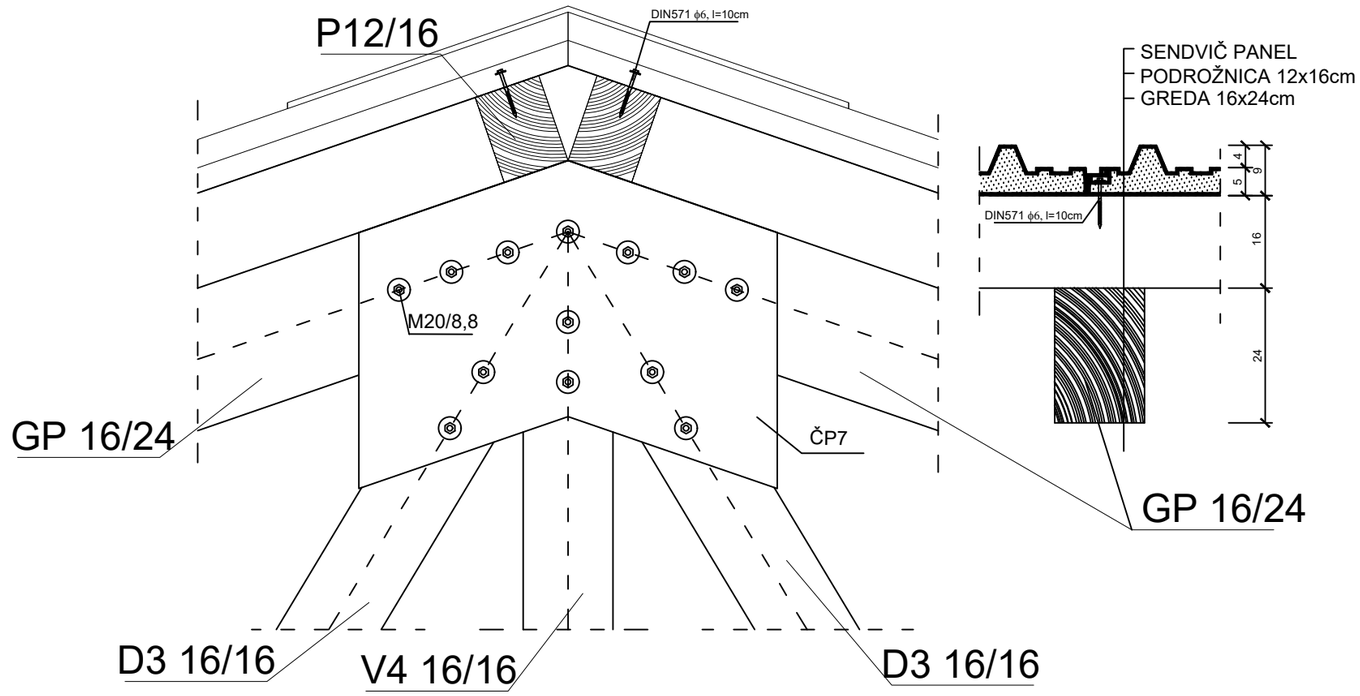
PRESJEK A-A





SVEUČILIŠTE U SPLITU, GRA ĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET 21000 Split, Matice hrvatske 15, tel: 021/303-333			
STUDIJ:	Stručni studij građevinarstva	CRTEŽ: Detalj spoja elemenata drvene rešetke	
PREDMET:	Završni rad - Drvene konstrukcije		
TEMA:	Proračun drvene rešetke		
MENTOR:	Doc. Dr. Sc. Neno Torić		
IZRADIO:	Rozario Čobanov		
DATUM:	Rujan 2018.	MJERILO: 1:10	BR. PRILOGA: 3

DETALJ 2



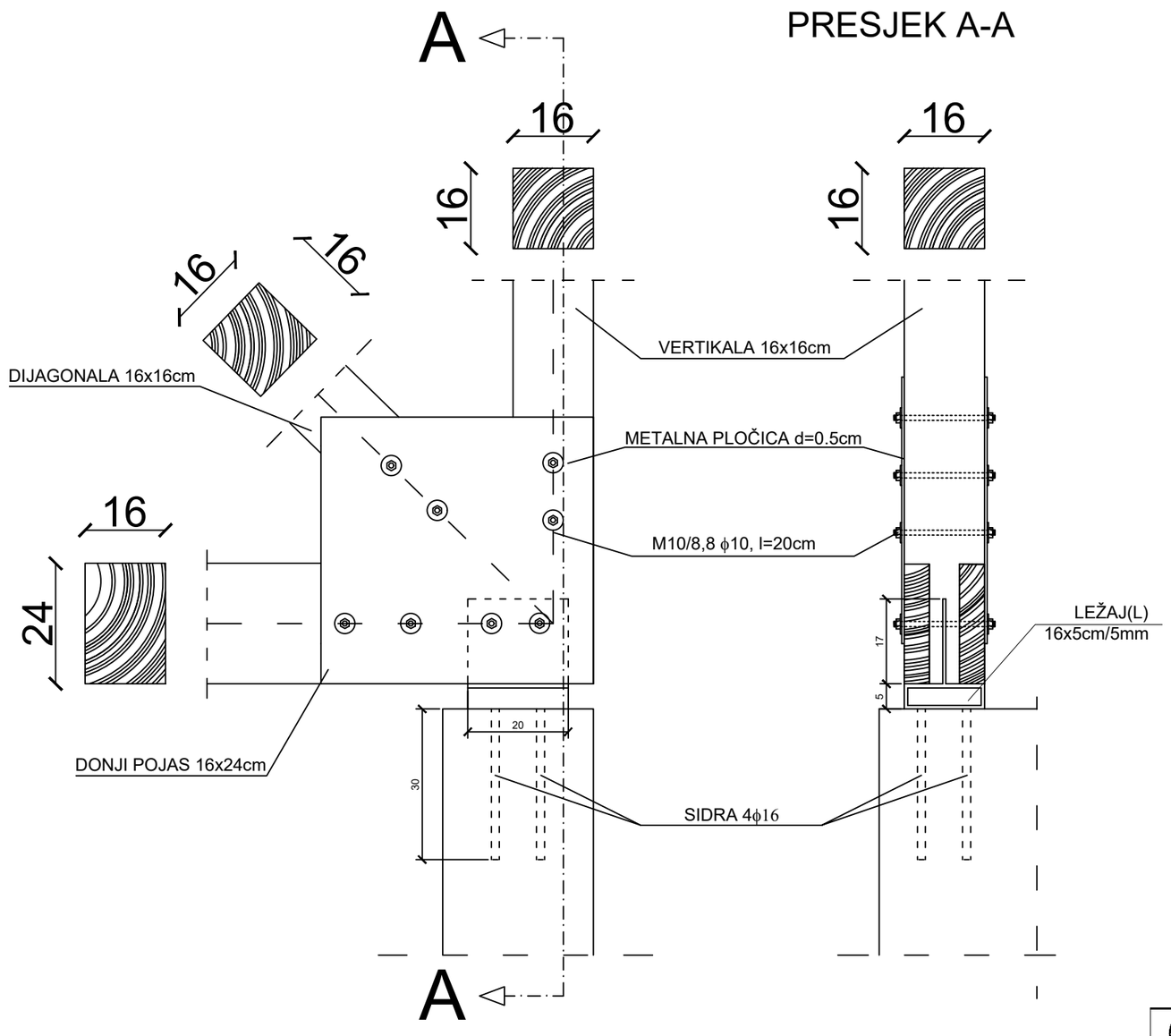
SVEUČILIŠTE U SPLITU, GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET
21000 Split, Matice hrvatske 15, tel: 021/303-333

STUDIJ:	Stručni studij građevinarstva
PREDMET:	Završni rad - Drvene konstrukcije
TEMA:	Proračun drvene rešetke
MENTOR:	Doc. Dr. Sc. Neno Torić
IZRADIO:	Rozario Čobanov
DATUM:	Rujan 2018.

CRTEŽ:
Detalj spoja elemenata drvene rešetke

MJERILO:	BR. PRILOGA:
1:10	4

DETALJ 3



SVEUČILIŠTE U SPLITU, GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET
21000 Split, Matice hrvatske 15, tel: 021/303-333

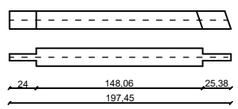
STUDIJ:	Stručni studij građevinarstva
PREDMET:	Završni rad - Drvene konstrukcije
TEMA:	Proračun drvene rešetke
MENTOR:	Doc. Dr. Sc. Neno Torić
IZRADIO:	Rozario Čobanov
DATUM:	Rujan 2018.

CRTEŽ:
Detalj spoja elemenata drvene rešetke

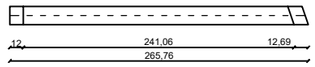
MJERILO:	BR. PRILOGA:
1:10	5

ISKAZ MATERIJALA

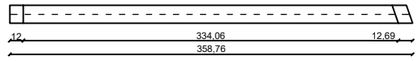
V1 16/16cm 18kom



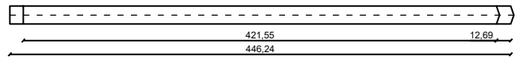
V2 16/16cm 18kom



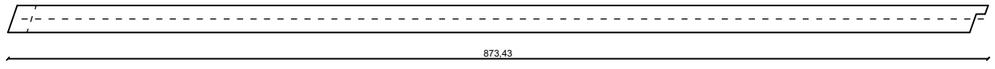
V3 16/16cm 18kom



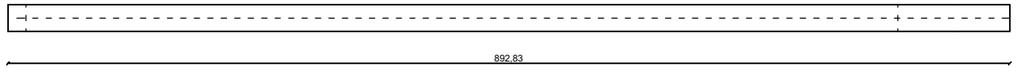
V4 16/16cm 9kom



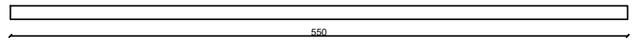
GP 16/24cm 18kom



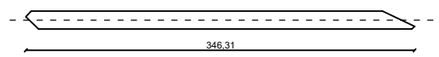
DP 16/24cm 18kom



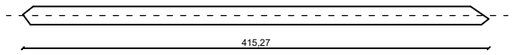
P 16/12cm 126kom



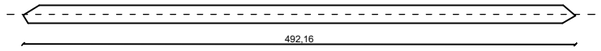
D1 16/16cm 18kom



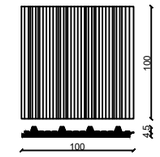
D2 16/16cm 18kom



D3 16/16cm 18kom



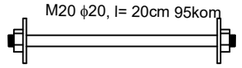
SENDVIČ PANEL 850kom



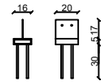
DIN571 ϕ6 ,l=10 1700kom



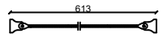
M20 ϕ20, l= 20cm 95kom



LEŽAJ 18kom

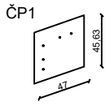


SPREG ϕ14 S235 24kom



ČELIČNA PLOČICA 36kom

ČP1



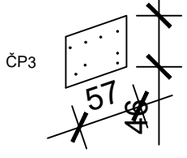
ČELIČNA PLOČICA 36kom

ČP2



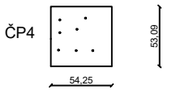
ČELIČNA PLOČICA 36kom

ČP3



ČELIČNA PLOČICA 36kom

ČP4



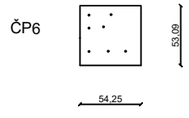
ČELIČNA PLOČICA 36kom

ČP5



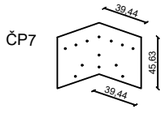
ČELIČNA PLOČICA 36kom

ČP6



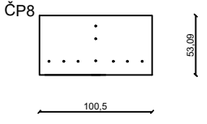
ČELIČNA PLOČICA 18kom

ČP7



ČELIČNA PLOČICA 18kom

ČP8



SVEUČILIŠTE U SPLITU, GRA ĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET
21000 Split, Matice hrvatske 15, tel: 021/303-333

STUDIJ:	Stručni studij građevinarstva
PREDMET:	Završni rad - Drvene konstrukcije
TEMA:	Proračun drvene rešetke
MENTOR:	Doc. Dr. Sc. Neno Torić
IZRADIO:	Rozario Čobanov
DATUM:	Rujan 2018.

CRTEŽ: Iskaz materijala

MJERILO:	BR. PRILOGA:
1:50	6

8.6. ISKAZ MATERIJALA

R.BR	POZ	OPIS	KOL	JED. MJERA	Vijak (M20/8.8) ϕ20,l=20cm		Vijak za drvo (DIN 571) ϕ6, l=10cm		Vijak (M20/8.8) ϕ20,l=4cm		Vijak za drvo (DIN 571) ϕ10, l=20cm	
					Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)
1.	DP	Donji pojas, poprečnog presjeka 16/24cm, dužine 892,83cm, materijal drvo klase C24	18	kom								
2.	GP	Gornji pojas, poprečnog presjeka 16/24cm, dužine 873,43cm, materijal drvo klase C24	18	kom								
3.1.	V1	Vertikala, poprečnog presjeka 16/16, dužine 197,45cm, materijal drvo klase C24	18	kom								
3.2.	V2	Vertikala, poprečnog presjeka 16/16, dužine 265,76cm, materijal drvo klase C24	18	kom								
3.3.	V3	Vertikala, poprečnog presjeka 16/16, dužine 358,76cm, materijal drvo klase C24	18	kom								
3.4.	V4	Vertikala, poprečnog presjeka 16/16, dužine 446,24cm, materijal drvo klase C24	9	kom								

R.BR	POZ	OPIS	KOL	JED. MJERA	Vijak (M20/8.8) ϕ20,l=20cm		Vijak za drvo (DIN 571) ϕ6, l=10cm		Vijak (M20/8.8) ϕ20,l=4cm		Vijak za drvo (DIN 571) ϕ10, l=20cm	
					Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)
4.1.	D1	Dijagonala, poprečnog presjeka 16/16, dužine 346,31cm, materijal drvo klase C24	18	kom								
4.2.	D2	Dijagonala, poprečnog presjeka 16/16, dužine 415,16cm, materijal drvo klase C24	18	kom								
4.3.	D3	Dijagonala, poprečnog presjeka 16/16, dužine 492,16cm, materijal drvo klase C24	18	kom								
5.	S	Čelični spregovi klase S235, promjera ϕ14, duljine 613cm	24	kom					2	48		
6.	P	Podrožnica, poprečnog presjeka 12/16cm, dužine 550cm, materijal drvo klase C24	126	kom							4	504
7.	L	Čelični ležaj koji se sidri u armirano-betonske zidove s 4ϕ16 sidara duljine 30cm	18	kom	7	126						

R.BR	POZ	OPIS	KOL	JED. MJERA	Vijak (M20/8.8) ϕ20,l=20cm		Vijak za drvo (DIN 571) ϕ6, l=10cm		Vijak (M20/8.8) ϕ20,l=4cm		Vijak za drvo (DIN 571) ϕ10, l=20cm	
					Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)
8.1.	ČP1	Čelična pločica debiljine 5mm, služi kao spoj vertikale (V1) i gornjeg pojasa (GP)	36	kom								
8.2.	ČP2	Čelična pločica debiljine 5mm, služi kao spoj vertikale (V1), dijagonale (D1) i donjeg pojasa (DP)	36	kom								
8.3.	ČP3	Čelična pločica debiljine 5mm, služi kao spoj vertikale (V2), dijagonale (D1) i gornjeg pojasa (GP)	36	kom								
8.4.	ČP4	Čelična pločica debiljine 5mm, služi kao spoj vertikale (V2), dijagonale (D2) i donjeg pojasa (DP)	36	kom								
8.5.	ČP5	Čelična pločica debiljine 5mm, služi kao spoj vertikale (V3), dijagonale (D2) i gornjeg pojasa (GP)	36	kom								
8.6.	ČP6	Čelična pločica debiljine 5mm, služi kao spoj vertikale (V3), dijagonale (D3) i donjeg pojasa (DP)	36	kom								

R.BR	POZ	OPIS	KOL	JED. MJERA	Vijak (M20/8.8) ϕ20,l=20cm		Vijak za drvo (DIN 571) ϕ6, l=10cm		Vijak (M20/8.8) ϕ20,l=4cm		Vijak za drvo (DIN 571) ϕ10, l=20cm	
					Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)	Jed. kol. (kom/kom)	Uk. kol. (kom)
8.7.	ČP7	Čelična pločica debiljine 5mm, služi kao spoj vertikale (V4), dijagonale (D3) i gornjeg pojasa (GP)	18	kom								
8.8.	ČP8	Čelična pločica debiljine 5mm, služi kao spoj vertikale (V4) i vlačnog nastavka donjeg pojasa (DP)	18	kom								
9.	SP	Sendvič paneli, pokrov debiljine 9 cm, sastoji se od termoizolacije obložene limom, dimenzija 1x1m	850	kom			2	1700				
				UKUPNO:		3402		1700		48		504