

Proračun drvene konstrukcije rešetkastog krovišta

Gelo, Slavica

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:123:026001>

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

*Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-14***

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

Slavica Gelo

Split, 2021.

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

Proračun drvene konstrukcije rešetkastog krovišta

Završni rad

Split, 2021.

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **SLAVICA GELO**

MATIČNI BROJ (JMBAG): **0083221585**

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

PREDMET: **Osnove drvenih konstrukcija**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema:
Proračun drvene rešetkaste konstrukcije

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati drvenu rešetkastu konstrukciju na temelju zadanih dimenzija glavnog nosača konstrukcije, lokacije zadane konstrukcije i zadanih svojstava drva. Navedeno obuhvaća dimenzioniranje svih elemenata glavnog rešetkastog nosača, sekundarne konstrukcije, prostorne stabilizacije, dimenzioniranje spojeva i proračun otpornosti na požar.

U Splitu, lipanj 2021.

Voditelj Završnog rada: dr. sc. Neno Torić

Sažetak:

Na temelju zadanih podataka drvene rešetkaste krovne konstrukcije potrebno je dimenzionirati glavni nosač, sekundarni nosač konstrukcije i vjetrovne spregove te izraditi radioničke nacrte glavnog nosača te detalje dodatnih spojeva.

Ključne riječi:

Drvo, nosiva konstrukcija, glavna konstrukcija, sekundarna konstrukcija, rešetka, vjetrovni spregovi, podrožnica, dimenzioniranje, spojevi

Abstract:

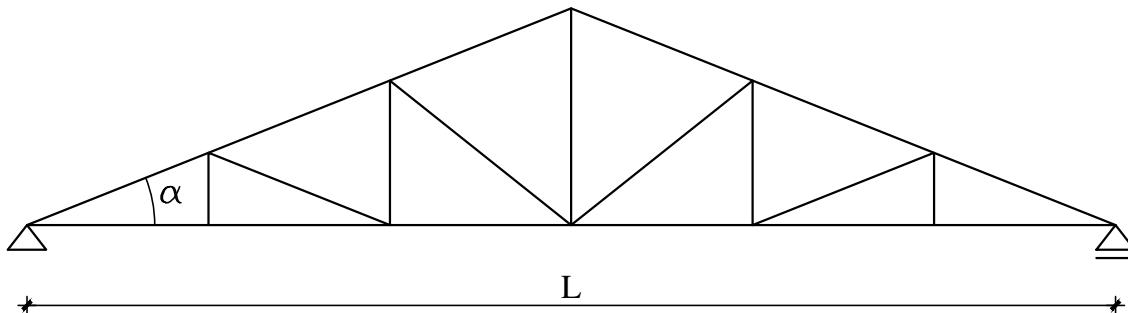
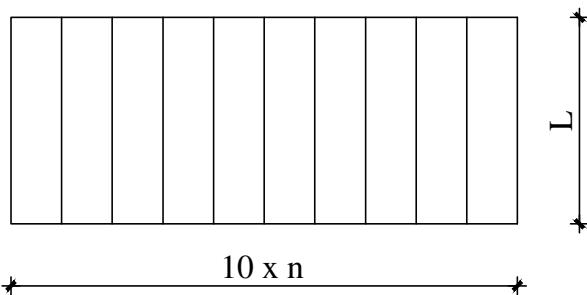
Based on the given data of the lattice of the roof structure, it is necessary to dimension the main girder, the secondary girder of the structure, wind bracings and to make drawings of the main girder and details of additional joints.

Keywords:

Wood, load-bearing structure, main structure, secondary structure, grate, wind bracings, branch, dimensioning, joints

OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA**PROGRAMSKI ZADATAK****16**

Treba konstruirati i dimenzionirati nosivi sustav krovne konstrukcije prema skici.

POPREČNI PRESJEK**TLOCRT****ZADANI PODACI**

- Raspon rešetke: $L = 18.4 \text{ m}$
- Razmak okvira: $n = 5.4 \text{ m}$
- Nagib krovne plohe: 19°
- Materijal izrade: C30
- Uporabna klasa: 1
- Lokacija objekta: Rijeka
- Kat. zemljišta: 3

Datum zadavanja zadatka: 6.10.2020.

Datum predaje zadatka: 19.1.2021.

Predmetni nastavnik:
doc. dr. sc. Neno Torić

Predmetni asistenti:
Tin Hržić, mag. ing. aedif.

STUDENTI:

Marko Goreta, mag. ing. aedif.

Sadržaj

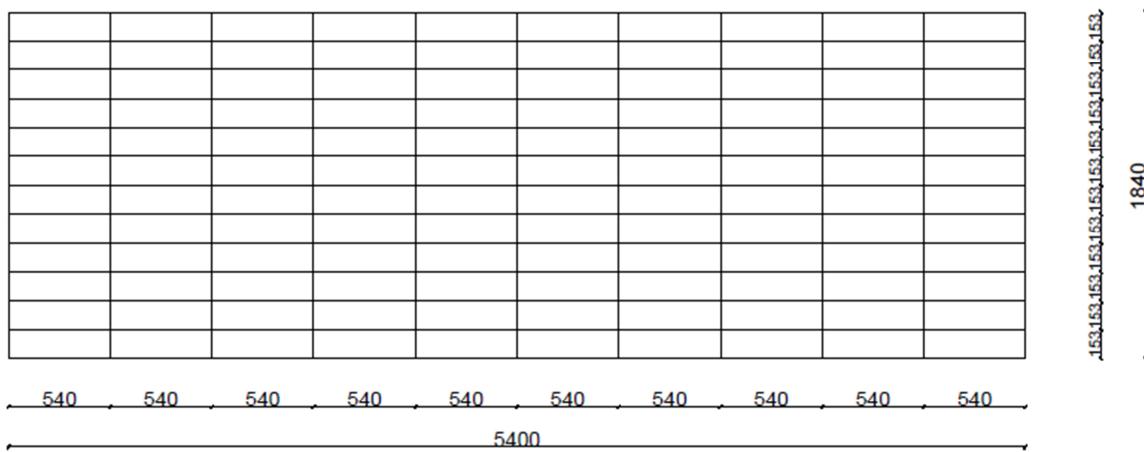
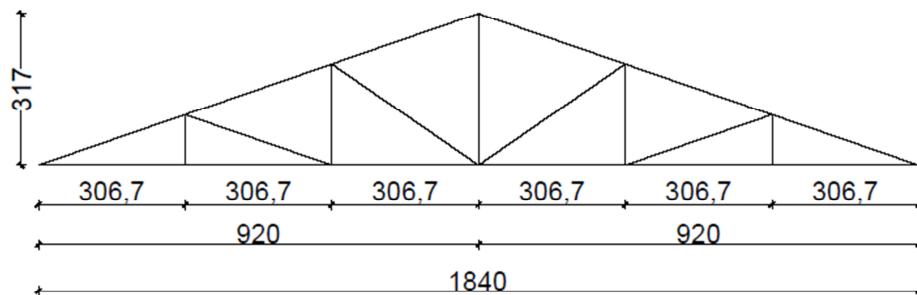
1.	TEHNIČKI OPIS.....	1
1.1.	Konstruktivni sustav krova	1
1.2.	Statička analiza sustava	2
1.3.	Opis konstruktivnih elemenata	2
1.3.1.	Glavni nosači	2
1.3.2.	Podrožnice	2
1.3.3.	Spreg.....	2
1.4.	Materijali.....	3
1.4.1.	Drveni materijali.....	3
1.4.2.	Metalni elementi	3
1.5.	Zaštita.....	3
1.5.1.	Zaštita drvenih elemenata.....	3
1.5.2.	Zaštita metalnih elemenata	3
1.6.	Montaža i transport	4
2.	ANALIZA OPTEREĆENJA.....	5
2.1.	Glavna nosiva konstrukcija (okvir).....	5
2.1.1	Stalno opterećenje- krovna ploha	5
2.1.2	Promjenjivo opterećenje-djelovanje snijega.....	5
2.1.3	Promjenjivo opterećenje-djelovanje vjetra	8
3.	STATIČKI PRORAČUN	17
3.1.	KONTROLA PROGIBA.....	17
3.2.	DIJAGRAMI UZDUŽNIH SILA ZA SVA OPTEREĆENJA	20
4.	DIJAGRAMI REZNIH SILA ZA KOMBINACIJA DJELOVANJA (GSN).....	23
4.1.	KOMBINACIJA $1,35*G+0,9*1,5*(S+W_2)$	23
4.2.	KOMBINACIJA $1,00*G+1,5*W_1$	24
4.3.	KOMBINACIJA $1,35*G+1,5*W_2$	26
4.4.	KOMBINACIJA $1,35*G+1,5*S$	27
5.	DIMENZIONIRANJE GLAVNIH NOSAČA	29
5.1.	Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula elastičnosti:	29
5.2.	Gornji pojas.....	30
5.3.	Donji pojas	31
5.4.	Dijagonale	32
5.5.	Vertikale.....	33
5.6.	Podrožnice	33

5.6.1.	Van sustava stabilizacije b/h=18/18cm	33
5.6.2.	U sustavu stabilizacije b/h=18/20 cm.....	35
6.	PRORAČUN SPAJALA	42
6.1.	DETALJ 1- DVOSTRUKI ZASJEK	42
6.2.	DETALJ 2-ZASJEK I ČAVLANI SPOJ.....	46
6.3.	DETALJ 3-ČAVLANI SPOJ.....	50
6.4.	DETALJ 4-ZASJEK I ČAVLANI SPOJ.....	52
6.5.	DETALJ 5-ZASJEK I ČAVLANI SPOJ.....	56
6.6.	DETALJ 6-VLAČNI NASTAVAK REŠETKE.....	60
6.7.	DETALJ 7- TIJESNO UGRAĐENI VIJCI (V3)	62
6.8.	DETALJ 8-ZASJEK I TIJESNO UGRAĐENI VIJCI	65
7.	PROVJERA OTPORNOSTI NA POŽAR	68
7.1.	KRITIČNA IZVANREDNA KOMBINACIJA.....	68
8.	NACRTI	84
8.1.	Generalni plan pozicija	84
8.2.	Radionički nacrt glavnog nosača	84
8.3.	Detalj 1 (dvostruki zasjek).....	84
8.4.	Detalj 2 (jednostruki zasjek i čavlani spoj).....	84
8.5.	Detalj 3 (čavlani spoj).....	84
8.6.	Detalj 4 (jednostruki zasjek i čavlani spoj).....	84
8.7.	Detalj 5 (jednostruki zasjek i čavlani spoj).....	84
8.8.	Detalj 6 (vlačni nastavak rešetke).....	84
8.9.	Detalj 7 (tjesno ugrađeni vijci)	84
8.10.	Detalj 8 (jednostruki zasjek i tjesno ugrađeni vijci).....	84
9.	LITERATURA	85

1. TEHNIČKI OPIS

1.1. Konstruktivni sustav krova

Konstruktivni sustav je drveni rešetkasti nosač raspona $L = 18,4$ m. Visina nosača u tjemenu iznosi $h = 3,17$ m. Krovna ploha je u odnosu na horizontalnu ravnicu nagnuta pod kutom $\alpha = 19^\circ$. Glavni nosači konstrukcije tlocrtno su paralelni i nalaze se na međusobnom razmaku $n=5,4$ m. Stabiliziranje konstrukcije predviđeno je horizontalnim spregom. Ukupna dužina same konstrukcije iznosi 54,0 m.



1.2. Statička analiza sustava

Proračun je izvršen prema EC 5. Konstrukcija je izložena djelovanju sljedećih opterećenja: vlastita težina, vjetar i snijeg. Predmetna građevina se nalazi na području Rijeke, do 100 m nadmorske visine, kategorija zemljišta III. Odgovarajući koeficijenti za vjetar i snijeg uzeti su prema tome iz propisanih tablica.

Za statički proračun upotrijebljena je kombinacija s najvećim utjecajem, dakle vlastita težina konstrukcije + djelovanje snijega + sendvič panel + djelovanje vjetra.

Proračun reznih sila je pomoću računalnog programa Scia Engineer, na način da su umetnuti zglobovi na mjestima spajanja vertikala i dijagonala s gornjim i donjim pojasmom. 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. Dimenzionirani su da prime utjecaj od vlastite težine i opterećenja od snijega i vjetra. Oni su pravokutnog poprečnog presjeka.

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 18 cm x 20cm.

1.3.3. Spreg

Spreg služi za prihvaćanje horizontalnih 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 S235 okruglog poprečnog presjeka Ø14.

1.4. Materijali

1.4.1. Drveni materijali

Drveni elementi konstrukcije izrađeni su od drva klase C30. Karakteristične vrijednosti čvrstoća, modula i gustoće za ovu klasu:

$$f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 18 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 23 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 4 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{o,mean} = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{mean} = 750 \text{ N/mm}^2$$

$$q = 380 \text{ kg/m}^3$$

1.4.2. Metalni elementi

Za spajanje pojedinih elemenata korišteni su čavli i tjesno ugrađeni vijci.

1.5. Zaštita

1.5.1. Zaštita drvenih elemenata

Zaštita nosivih elemenata se vrši fungicidnim 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

Spregovi koji su postavljeni u prvom i posljednjem pojasu su zaštićeni vatrootpornim premazima.

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. ANALIZA OPTEREĆENJA

2.1. Glavna nosiva konstrukcija (okvir)

2.1.1 Stalno opterećenje- krovna ploha

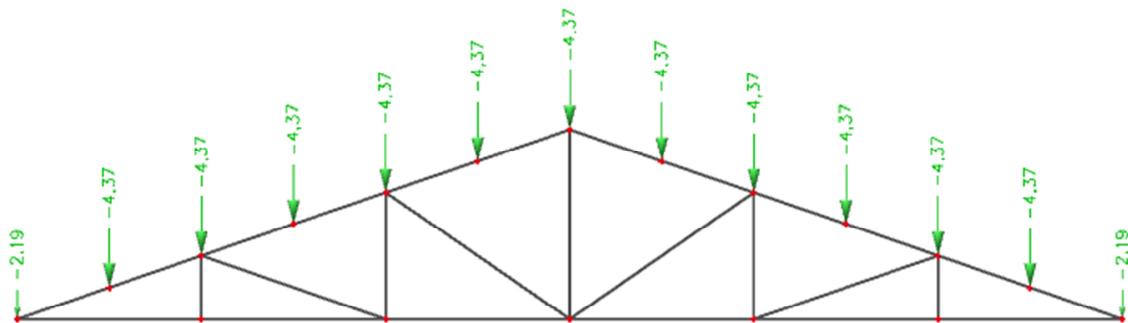
- Sendvič paneli.....0.20 kN/m²
- Sekundarna konstrukcija i spregovi.....0.20 kN/m²
- Instalacije.....0.10 kN/m²

$$\Sigma = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

Vlastita težina automatski je uključena u računalni program

$$G_k = 0,5 \text{ kN/m}^2 * 5,4\text{m} * 1,62 = 4,374 \text{ kN}$$

$$G_k/2 = 2,187 \text{ kN}$$



2.1.2 Promjenjivo opterećenje-djelovanje snijega

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

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

s_k – karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu kN/m^2

$s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ za priobalje(Rijeka) do 100m nadmorske visine

DJELOVANJE SNIJEGA



DJELOVANJE SNIJEGA

Nadmorska visina do [m]	1. područje – priobalje i otoci [kN/m ²]	2. područje – zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m ²]	3. područje – kontinentalna Hrvatska [kN/m ²]	4. područje – gorska Hrvatska [kN/m ²]
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,00	3,00	3,00	4,50
1 000	2,00	4,00	3,50	5,00
1 100	3,00	5,00	4,00	5,50
1 200	4,00	6,00	4,50	6,00
1 300	5,00	7,00		7,00
1 400	6,00	8,00		8,00
1 500		9,00		9,00
1 600		10,00		10,00
1 700		11,00		11,00
1 800		12,00		

μ_i – koeficijent oblika za opterećenje snijegom, očitamo ga ovisno o obliku i nagibu krova

Za nagib krova od $0^\circ < \alpha = (19^\circ) < 30^\circ \rightarrow \mu_i = 0,8$

$c_e = 1,00$ (koeficijent izloženosti)

$c_t = 1,00$ (toplinski koeficijent)

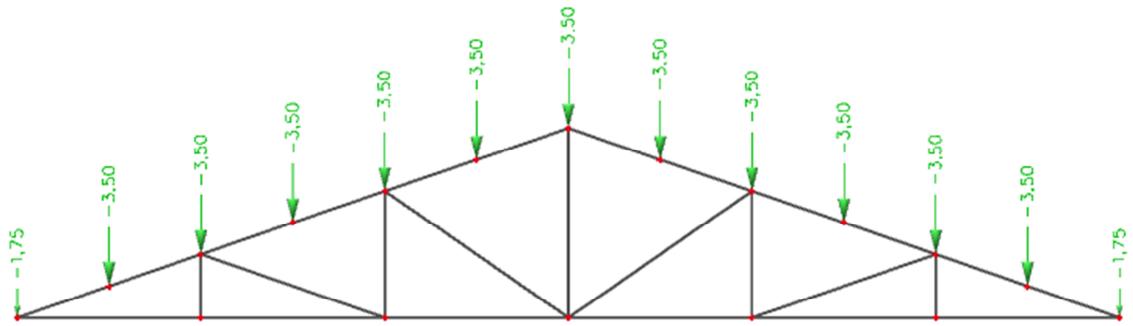
Opterećenje snijegom preko cijele krovne površine:

$$s = 0,5 * 0,8 * 1,00 * 1,00 = 0,4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Raspodjela sila na glavni nosač:

$$S = s * n * a = 0,4 * 5,4 * 1,62 = 3,5 \text{ kN}$$

$$S/2 = 1,75 \text{ kN}$$



2.1.3 Promjenjivo opterećenje-djelovanje vjetra

Opterećenje vjetrom okomito je na površinu.

PRITISAK VJETRA:

- NA VANJSKE POVRŠINE: $w_e = q_p(z_e) * C_{pe} \quad [kN/m^2]$
- NA UNUTARNJE POVRŠINE: $w_i = q_p(z_i) * C_{pi} \quad [kN/m^2]$

- $q_p(z_e)$ - pritisak brzine vjetra pri udaru
- z_e, z_i - referentne visine za vanjski i unutarnji pritisak
- C_{pe} - vanjski koeficijent pritiska
- C_{pi} - unutarnji koeficijent pritiska

Određivanje osnovnog pritiska vjetra:

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

q_b - osnovni pritisak brzine vjetra

ρ - gustoća zraka , $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$

v_b - osnovna brzina vjetra

Osnovna brzina vjetra računa se prema izrazu:

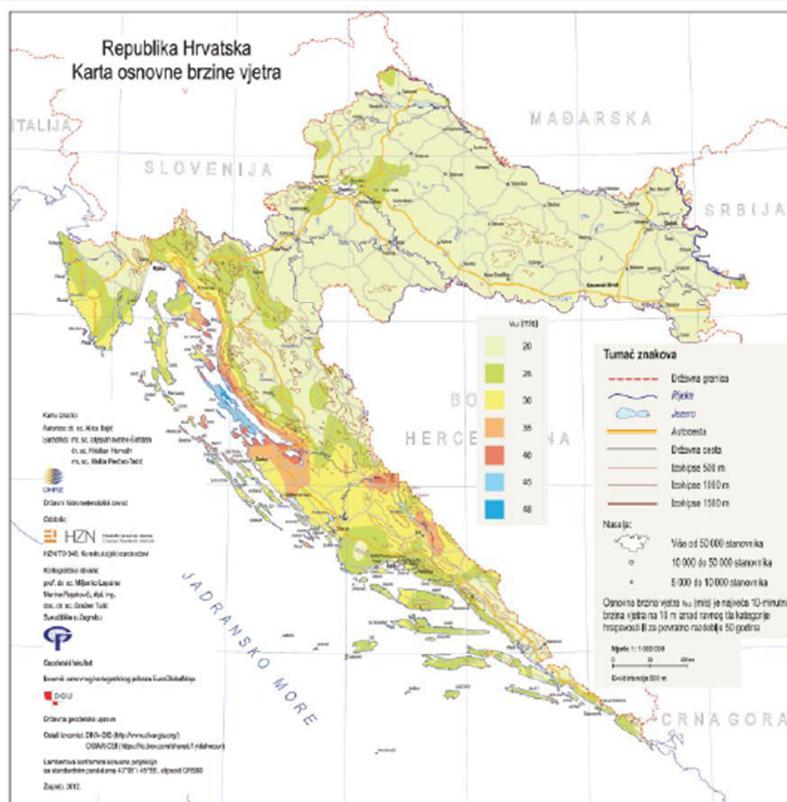
$$v_B = C_{DIR} * C_{SEASON} * v_{B;0}$$

c_{dir} - koeficijent smjera vjetra(uzima se 1.0)

c_{season} - koeficijent ovisan o godišnjem dobu(uzima se 1.0)

$v_{B;0}$ - fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (očitava se iz karte)

DJELOVANJE VJETRA



$v_{B;0} = 25 \text{ m/s}$ za područje- Rijeka, do 100m nadmorske visine

$$v_B = C_{DIR} * C_{SEASON} * v_{B;0} = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s}$$

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

$$q_b = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2$$

$$q_b = 390,6 \left(\frac{N}{mm^2} \right) = 0,39 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

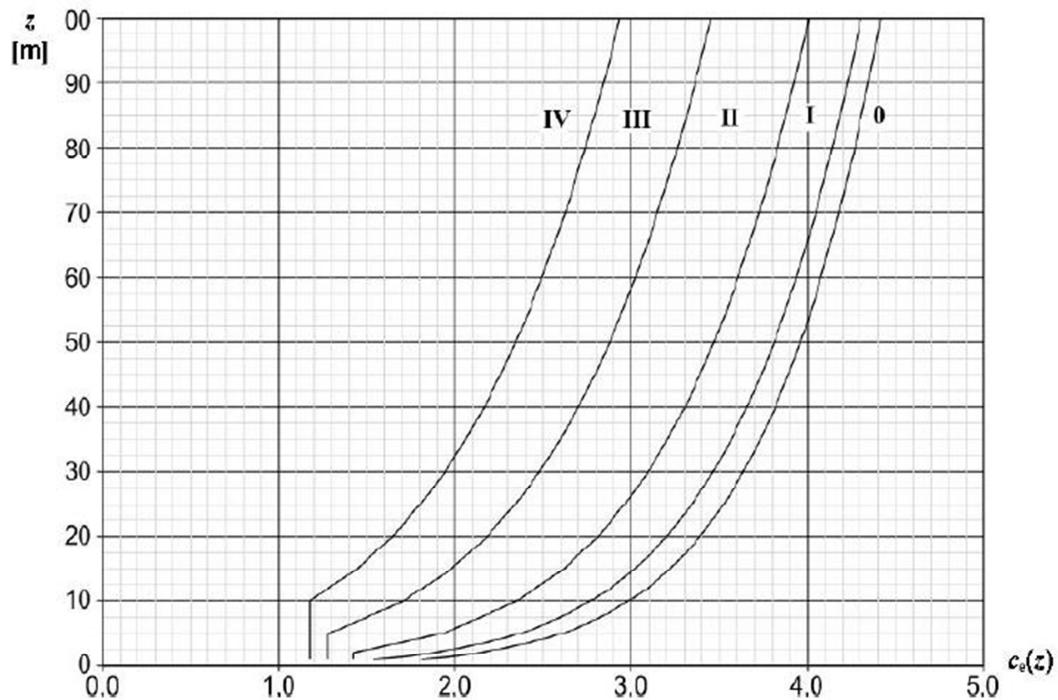
Određivanje pritiska brzine vjetra pri udaru:

$$q_p(z) = C_e \cdot q_b$$

Određivanje koeficijenta $C_e(z_e)$ vrši se u odnosu na kategoriju terena, tj. izloženosti djelovanju vjetra.

Iz dijagrama, uzimajući u obzir visinu konstrukcije $z = 10m$ i kategoriju terena III., očitan je koeficijent C_e .

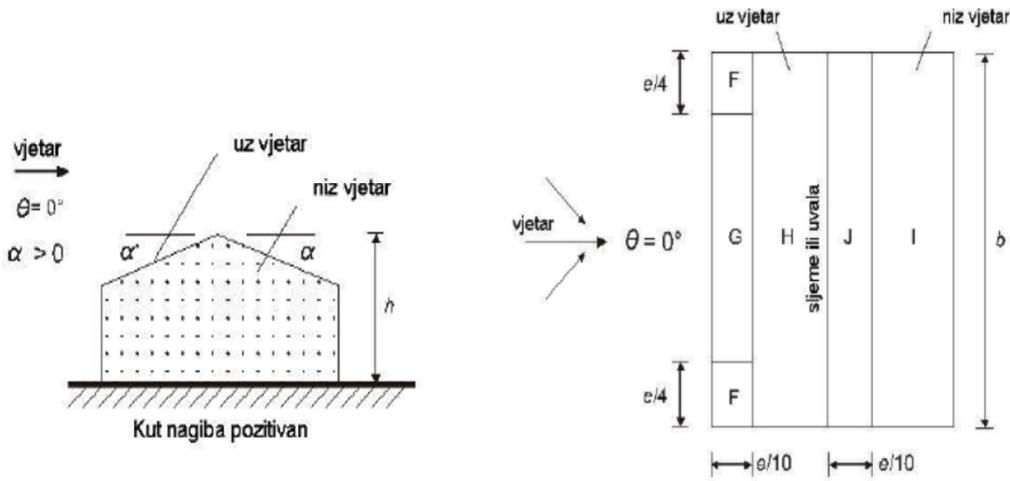
DJELOVANJE VJETRA



$$C_e = 1,70 \text{ (očitano)}$$

$$q_p(z) = 1,70 \cdot 0,39 = 0,663 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Određivanje koeficijenata pritiska vjetra za krovna područja (dvostrešni krov koji nije ravan) $\alpha > 5^\circ$.



$$e = \min \{b, 2h\} = \min \{54m, 2*10 m\} = \min \{54m, 20m\} = 20m$$

DJELOVANJE VJETRA

Nagib α	Područje za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2			+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0		-0,6		-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

C_{pe10}

$$\begin{aligned} F(15^\circ) &= -0,9 \\ \underline{F(30^\circ)} &= -0,5 \\ F(19^\circ) &= -0,79 \\ \\ G(15^\circ) &= -0,8 \\ \underline{G(30^\circ)} &= -0,5 \\ G(19^\circ) &= -0,72 \end{aligned}$$

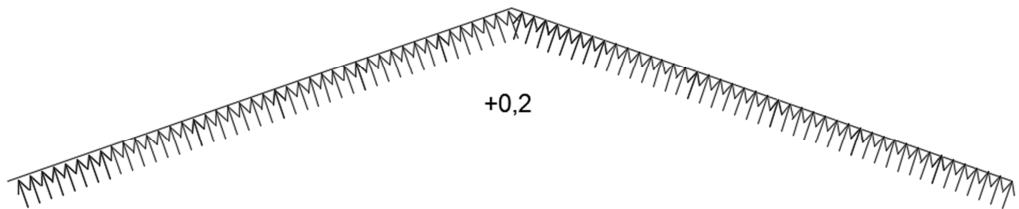
 C_{pe10}

$$\begin{aligned} H(15^\circ) &= -0,3 \\ \underline{H(30^\circ)} &= -0,2 \\ H(19^\circ) &= -0,27 \\ \\ I(15^\circ) &= -0,4 \\ \underline{I(30^\circ)} &= -0,4 \\ I(19^\circ) &= -0,4 \\ \\ J(15^\circ) &= -1,0 \\ \underline{J(30^\circ)} &= -0,5 \\ J(19^\circ) &= -0,87 \end{aligned}$$

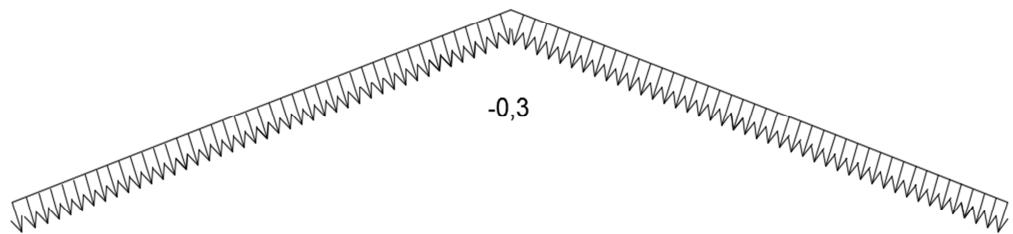
$$\begin{aligned} H(15^\circ) &= 0,2 \\ \underline{H(30^\circ)} &= 0,4 \\ H(19^\circ) &= 0,25 \\ \\ I(15^\circ) &= 0,0 \\ \underline{I(30^\circ)} &= 0,0 \\ I(19^\circ) &= 0,0 \\ \\ J(15^\circ) &= 0,0 \\ \underline{J(30^\circ)} &= 0,0 \\ J(19^\circ) &= 0,0 \end{aligned}$$

Unutarnji vjetar:

$$C_{pi1} = +0,2$$



$$C_{pi2} = -0,3$$



Rezultirajuće djelovanje vjetra

$$w_k = w_e + w_i \quad [\text{kN/m}^2]$$

Vjetar W1 pozitivni unutarnji pritisak ($c_{pi} = +0,2$) , odizanje:

$(C_{pe10} * C_{pi1}) * q_p(z)$

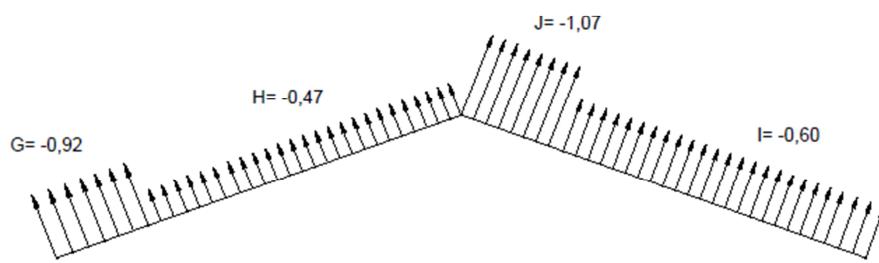
F: $|0,79+0,2| \cdot 0,663 = 0,66 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

G: $|0,72+0,2| \cdot 0,663 = 0,61 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

H: $|0,27+0,2| \cdot 0,663 = 0,31 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

I: $|0,4+0,2| \cdot 0,663 = 0,40 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

J: $|0,87+0,2| \cdot 0,663 = 0,71 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

**Vjetar W2 negativni unutarnji pritisak ($c_{pi2} = -0,3$) , pritisak:**

$(C_{pe10} * C_{pi2}) * q_p(z)$

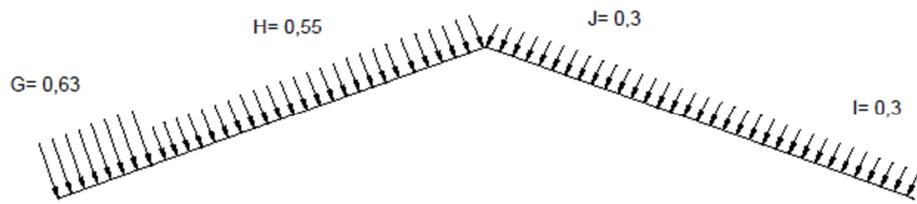
F: $|0,33+0,3| \cdot 0,663 = 0,42 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

G: $|0,33+0,3| \cdot 0,663 = 0,42 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

H: $|0,25+0,3| \cdot 0,663 = 0,36 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

I: $|0,00+0,3| \cdot 0,663 = 0,20 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

J: $|0,00+0,3| \cdot 0,663 = 0,20 \text{ (kN/m}^2\text{)}$



Vjetar W3 negativni unutarnji pritisak ($c_{pi} = -0,3$) , odizanje:

$$(C_{pe10} * C_{pi2}) * q_p(z)$$

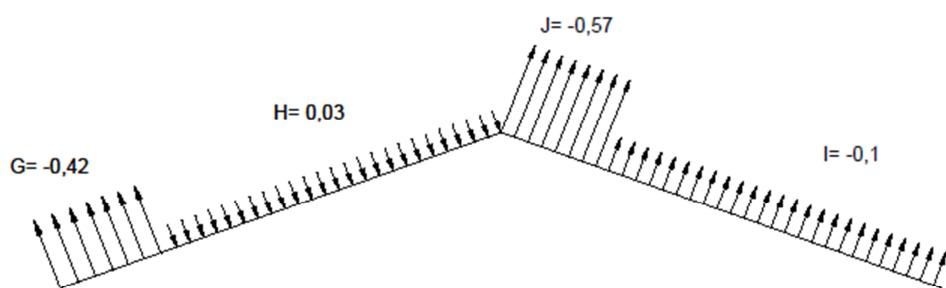
$$F: |0,79-0,3| \cdot 0,663 = 0,32 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$G: |0,72-0,3| \cdot 0,663 = 0,28 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$H: |0,27-0,3| \cdot 0,663 = 0,02 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$I: |0,4-0,3| \cdot 0,663 = 0,07 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$J: |0,87-0,3| \cdot 0,663 = 0,38 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



Vjetar W4 pozitivni unutarnji pritisak ($c_{pil} = +0,2$) , pritisak:

$$\underline{(\mathbf{C}_{pe10} * \mathbf{C}_{pil}) * q_p(z)}$$

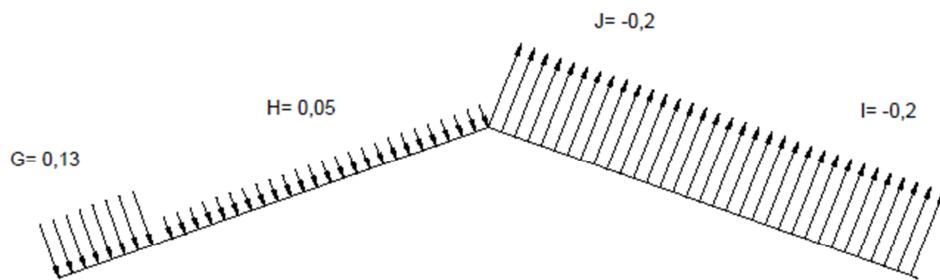
$$F: |0,33-0,2| \cdot 0,663 = 0,09 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$G: |0,33-0,2| \cdot 0,663 = 0,09 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$H: |0,25-0,2| \cdot 0,663 = 0,03 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$I: |0,00-0,2| \cdot 0,663 = 0,13 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$J: |0,00-0,2| \cdot 0,663 = 0,13 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



Mjerodavne kombinacije su W1(za odizanje) i W2 (za pritisak).

Sile vjetra W1 u čvorovima:

$$F_1 = 0,61 * 5,4 * 0,81 = 2,66 \text{ (kN)}$$

$$F_2 = 0,61 * 5,4 * 0,81 + 0,61 * 5,4 * 0,49 + 0,31 * 5,4 * 0,32 = 4,81 \text{ (kN)}$$

$$F_3 = F_4 = F_5 = F_6 = 0,31 * 5,4 * 1,62 = 2,71 \text{ (kN)}$$

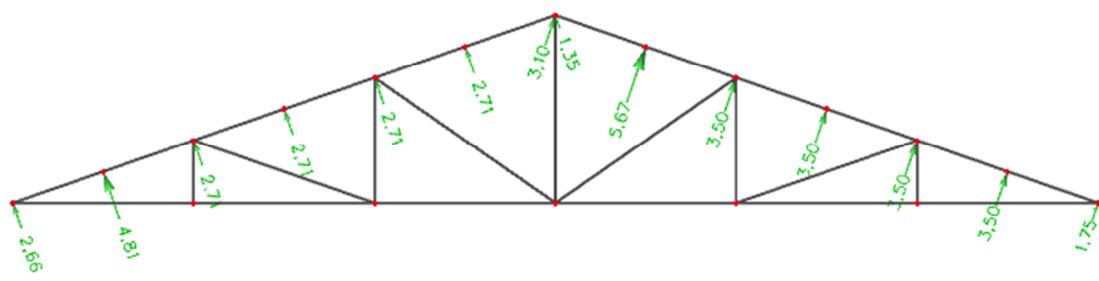
$$F_7 = 0,31 * 5,4 * 0,81 = 1,35 \text{ (kN)}$$

$$F_8 = 0,71 * 5,4 * 0,81 = 3,1 \text{ (kN)}$$

$$F_9 = 0,71 * 5,4 * 0,81 + 0,71 * 5,4 * 0,49 + 0,4 * 5,4 * 0,32 = 5,67 \text{ (kN)}$$

$$F_{10} = F_{11} = F_{12} = F_{13} = 0,4 * 5,4 * 1,62 = 3,5 \text{ (kN)}$$

$$F_{14} = 0,4 * 5,4 * 0,81 = 1,75 \text{ (kN)}$$

**Sile vjetra W2 u čvorovima:**

$$F_1 = 0,42 * 5,4 * 0,81 = 1,79 \text{ (kN)}$$

$$F_2 = 0,42 * 5,4 * 0,81 + 0,42 * 5,4 * 0,49 + 0,36 * 5,4 * 0,32 = 3,51 \text{ (kN)}$$

$$F_3 = F_4 = F_5 = F_6 = 0,36 * 5,4 * 1,62 = 3,24 \text{ (kN)}$$

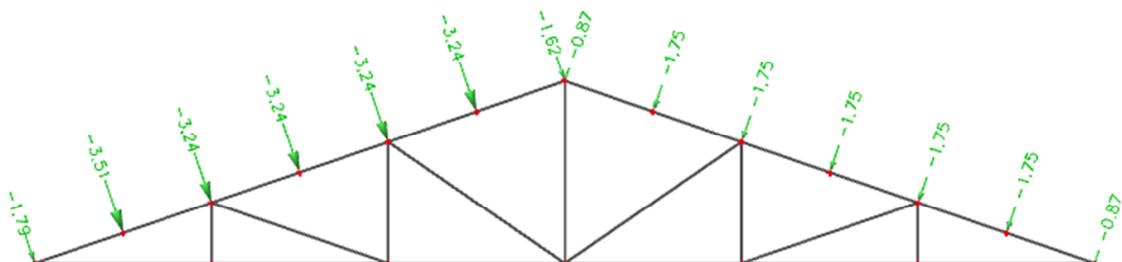
$$F_7 = 0,36 * 5,4 * 0,81 = 1,62 \text{ (kN)}$$

$$F_8 = 0,2 * 5,4 * 0,81 = 0,87 \text{ (kN)}$$

$$F_9 = 0,2 * 5,4 * 0,81 + 0,2 * 5,4 * 0,49 + 0,2 * 5,4 * 0,32 = 1,75 \text{ (kN)}$$

$$F_{10} = F_{11} = F_{12} = F_{13} = 0,2 * 5,4 * 1,62 = 1,75 \text{ (kN)}$$

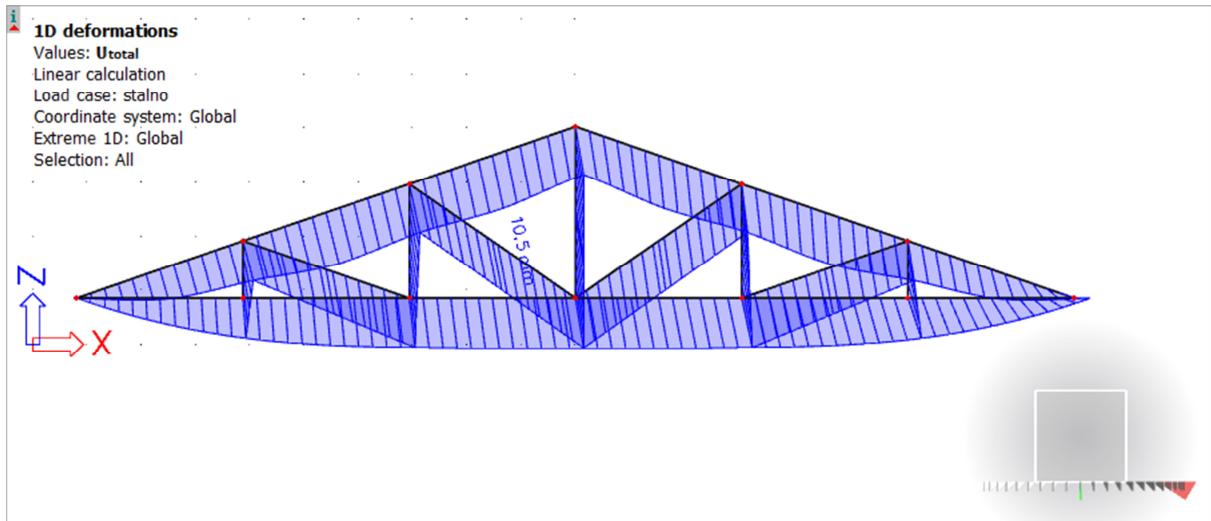
$$F_{14} = 0,2 * 5,4 * 0,81 = 0,87 \text{ (kN)}$$



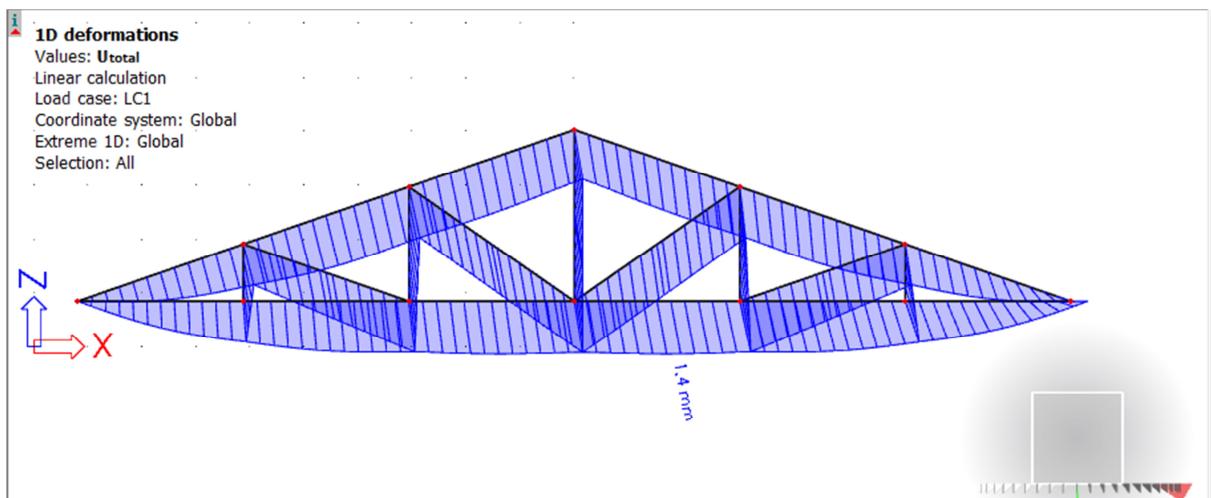
3. STATIČKI PRORAČUN

3.1. KONTROLA PROGIBA

Stalno opterećenje



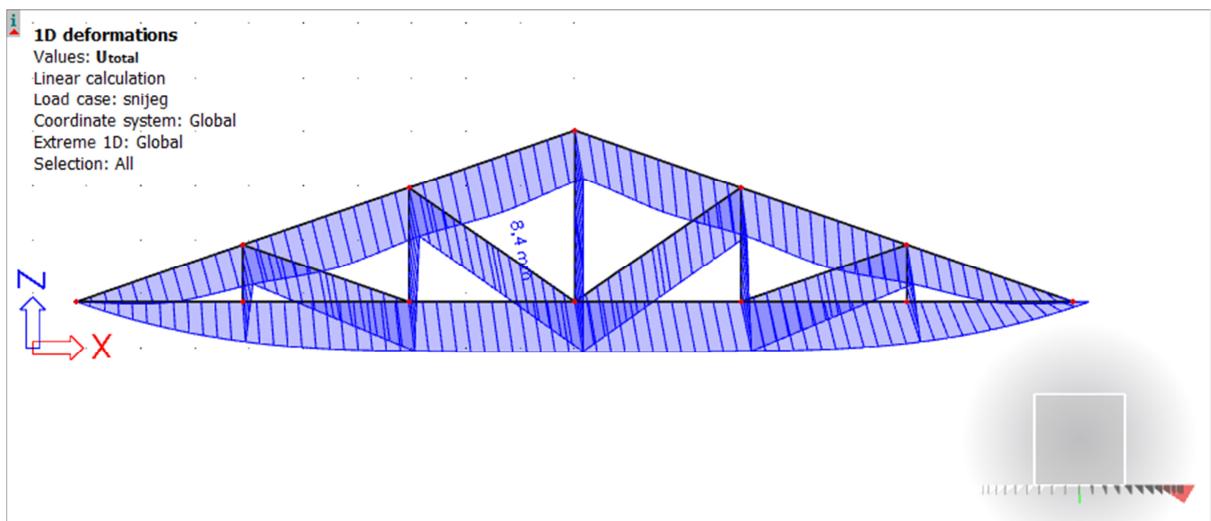
Vlastita težina



$$w_{G,inst} = 1,4 \text{ mm} + 10,5 \text{ mm} = 11,9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} w_{G,fin} &= w_{G,inst}(1+k_{def,G}) \\ &= 11,9 * (1+0,6) \\ &= 19,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

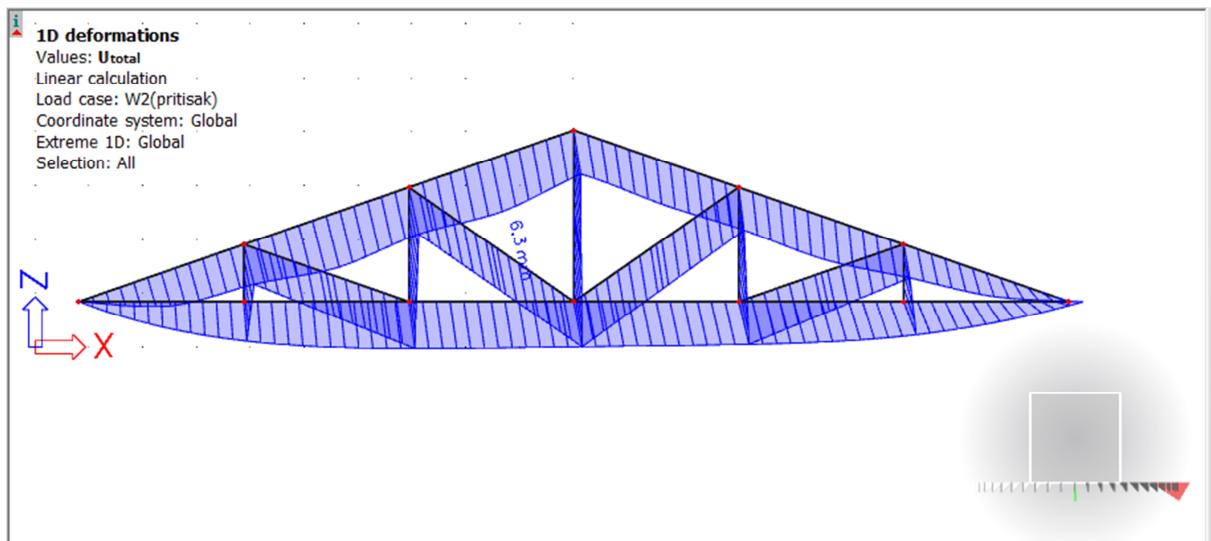
Promjenjivo opterećenje-snijeg



$$w_{S,inst} = 8,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} w_{S,fin} &= w_{S,inst}(1 + \psi_2 \cdot k_{def,P}) \\ &= 8,4 \text{ mm} \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) \\ &= 8,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

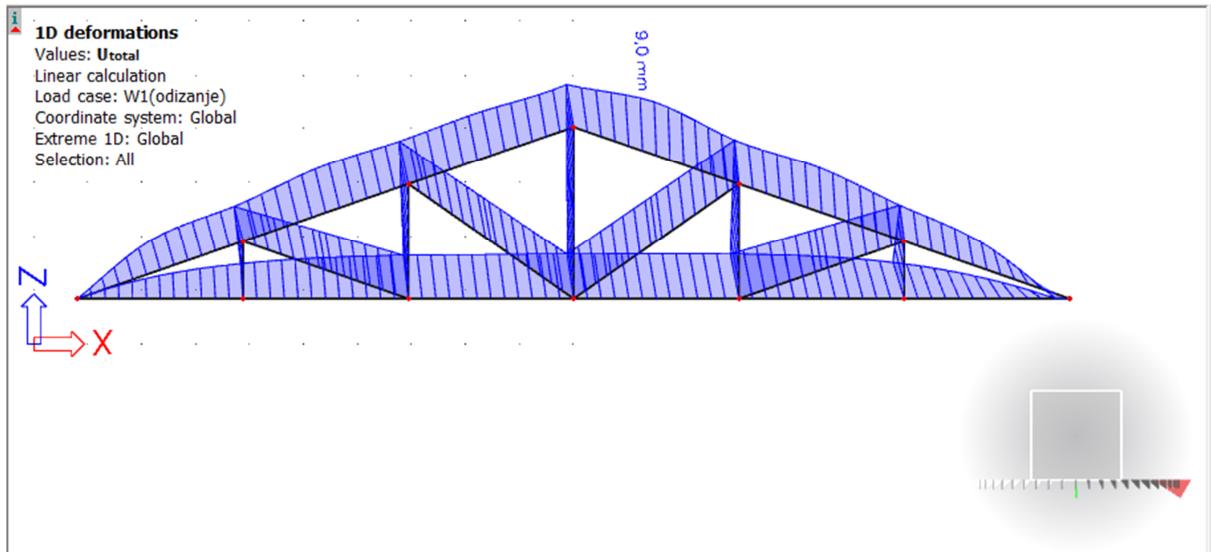
Promjenjivo opterećenje- vjetar W2 (pritiskajući)



$$W_{W2,inst} = 6,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} W_{w2,fin} &= W_{W2,inst}(\psi_0 + \psi_2 \cdot k_{def}) \\ &= 6,3 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) \\ &= 3,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

Promjenjivo opterećenje- vjetar W1 (odizanje)



$$W_{W1,\text{inst}} = 9,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} W_{w1,\text{fin}} &= W_{W1,\text{inst}} (\psi_0 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\ &= 9,0 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) \\ &= 5,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

1) Trenutni progibi

$$W_{\text{inst},G,Q} < \frac{l}{300}$$

$$\frac{l}{300} = \frac{18,4}{300} = 61,3 \text{ mm}$$

$$W_{G,\text{inst}} = 11,9 \text{ mm} < 61,3 \text{ mm}$$

$$W_{Q1,\text{inst}} = W_{S,\text{inst}} + W_{W2,\text{inst}} = 8,4 + 6,3 = 14,7 \text{ mm} < 61,3 \text{ mm}$$

$$W_{Q2,\text{inst}} = 9,0 \text{ mm} < 61,3 \text{ mm}$$

2) Konačni progibi

$$W_{\text{fin,netto}} = W_{\text{fin}} - W_0 < \frac{l}{250}$$

$$\frac{l}{250} = \frac{18,4}{250} = 73,6 \text{ mm}$$

$$w_{G,fin} = 19,04 \text{ mm} < 73,6 \text{ mm}$$

$$w_{S,fin} = 8,4 \text{ mm} < 73,6 \text{ mm}$$

$$w_{w2,fin} = 3,78 \text{ mm} < 73,6 \text{ mm}$$

GLAVNA NOSIVA KONSTRUKCIJA:

GORNJI POJAS : 180x220

DONJI POJAS : 180x180

VERTIKALE : 180x100

DIJAGONALE : 180x100

3.2. DIJAGRAMI UZDUŽNIH SILA ZA SVA OPTEREĆENJA

Stalno opterećenje

1D internal forces

Values: **N**

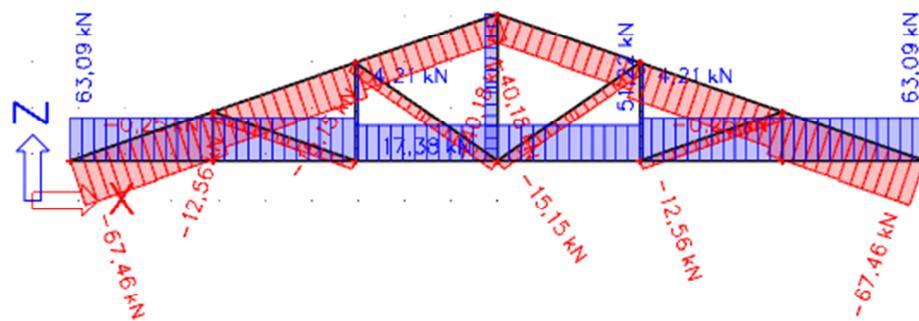
Linear calculation

Load case: stalno

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Promjenjivo opterećenje – snijeg

1D internal forcesValues: **N**

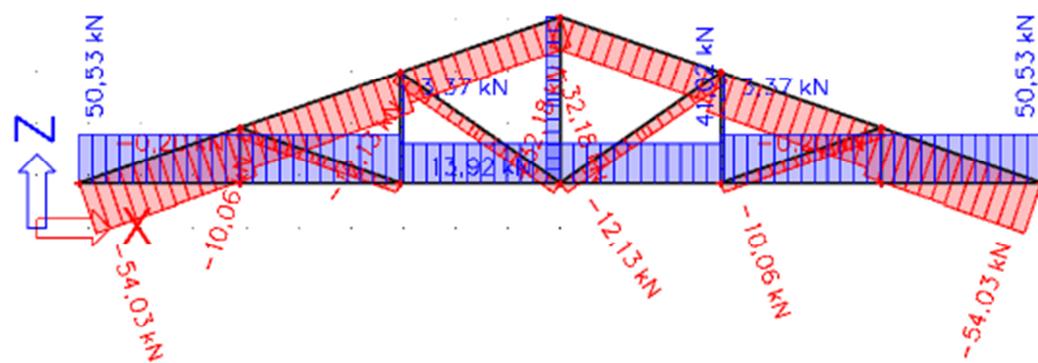
Linear calculation

Load case: snijeg

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Promjenjivo opterećenje- vjetar W1(odizanje)

1D internal forcesValues: **N**

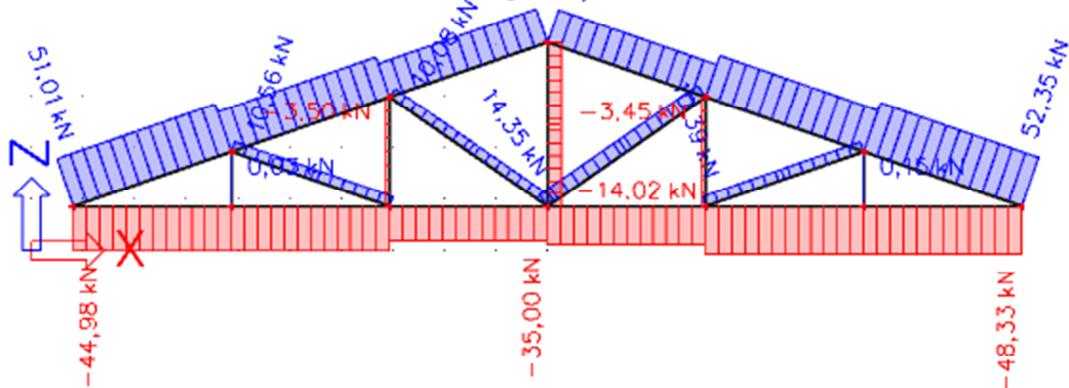
Linear calculation

Load case: W1(odizanje)

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Promjenjivo opterećenje- vjetar W2(pritisak)

1D internal forcesValues: **N**

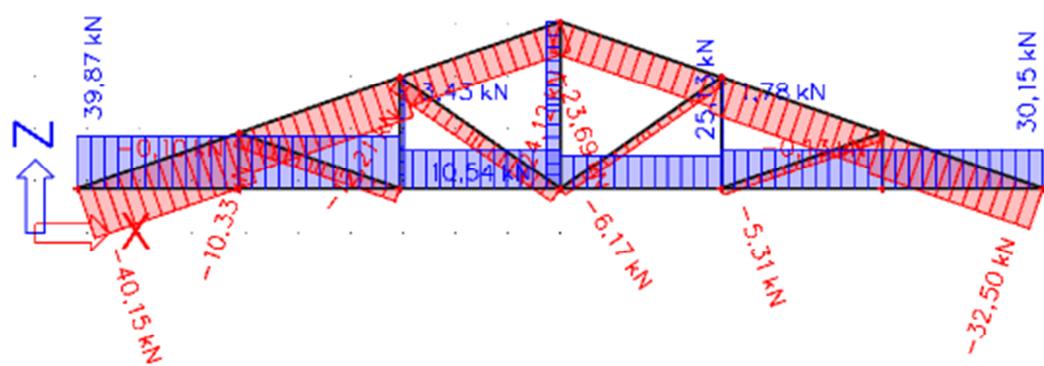
Linear calculation

Load case: W2(pritisak)

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



4. DIJAGRAMI REZNIH SILA ZA KOMBINACIJU DJELOVANJA (GSN)

4.1. KOMBINACIJA $1,35*G+0,9*1,5*(S+W2)$

1D internal forces

Values: M_y

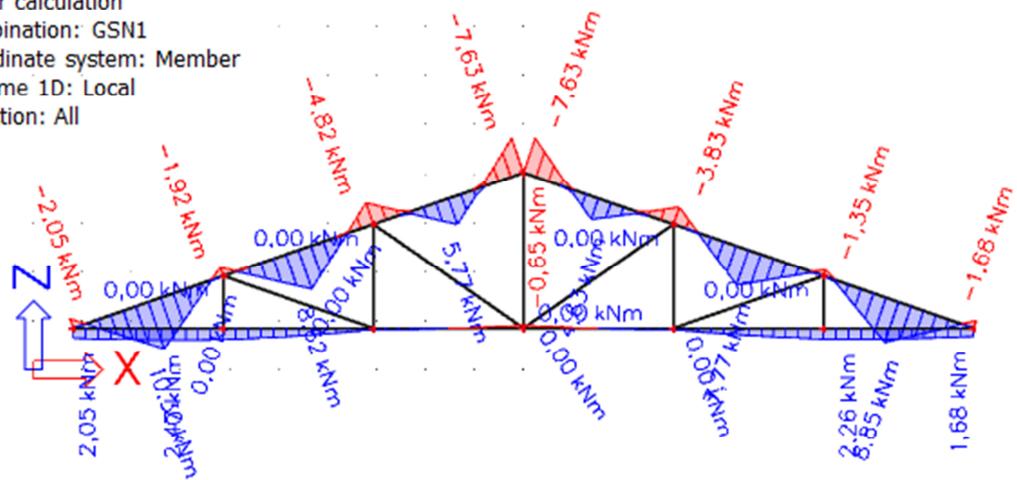
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Momentni dijagram kombinacije I

1D internal forces

Values: V_z

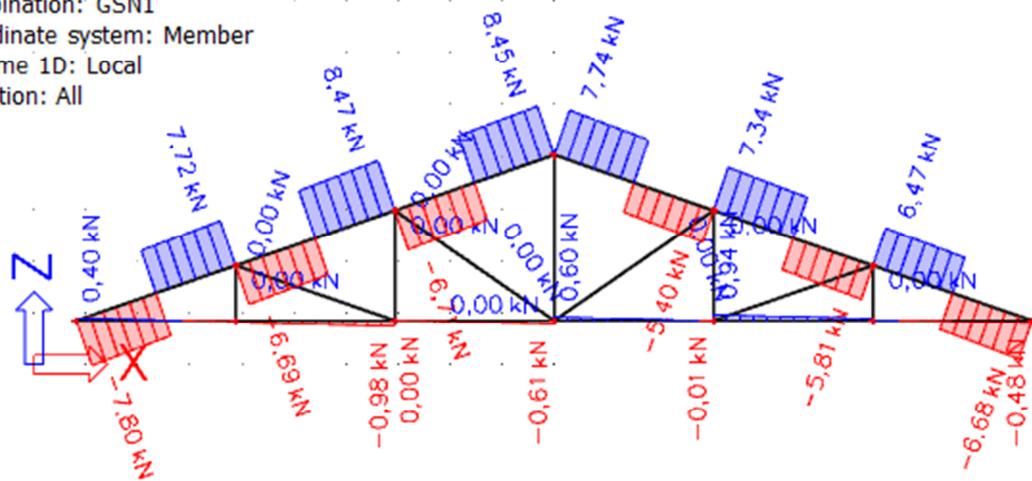
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram poprečnih sila kombinacije I

1D internal forcesValues: **N**

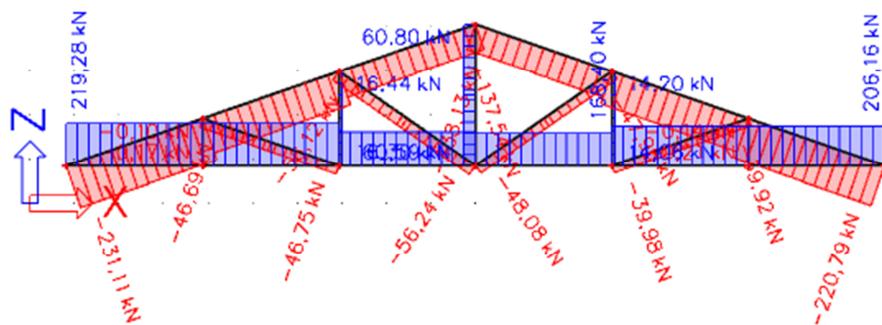
Linear calculation

Combination: GSN1

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 1

4.2. KOMBINACIJA $1,00 \cdot G + 1,5 \cdot W1$ **1D internal forces**Values: **My**

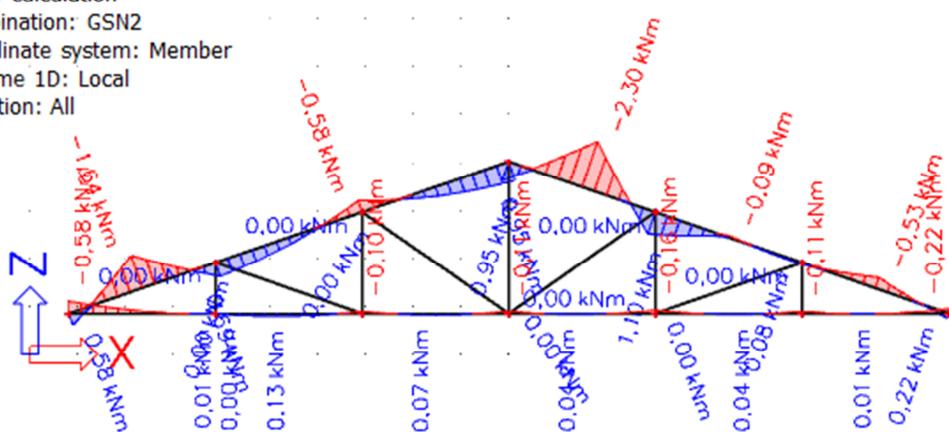
Linear calculation

Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Momentni dijagram kombinacije 2

1D internal forcesValues: V_z

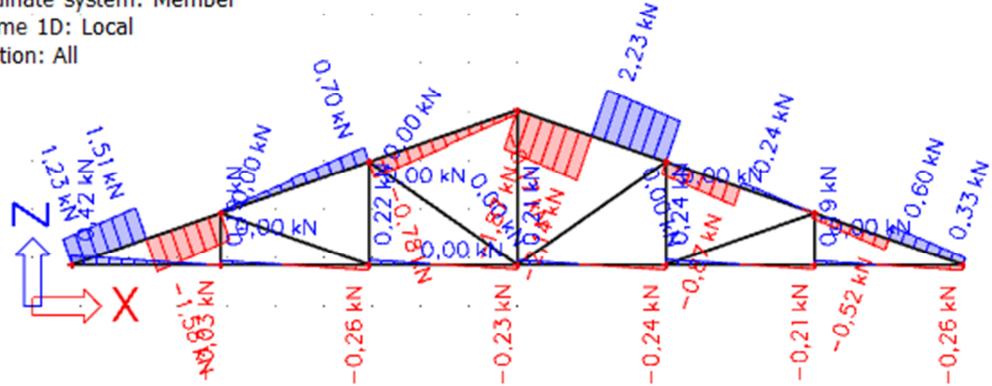
Linear calculation

Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram poprečnih sila kombinacije 2

1D internal forcesValues: N

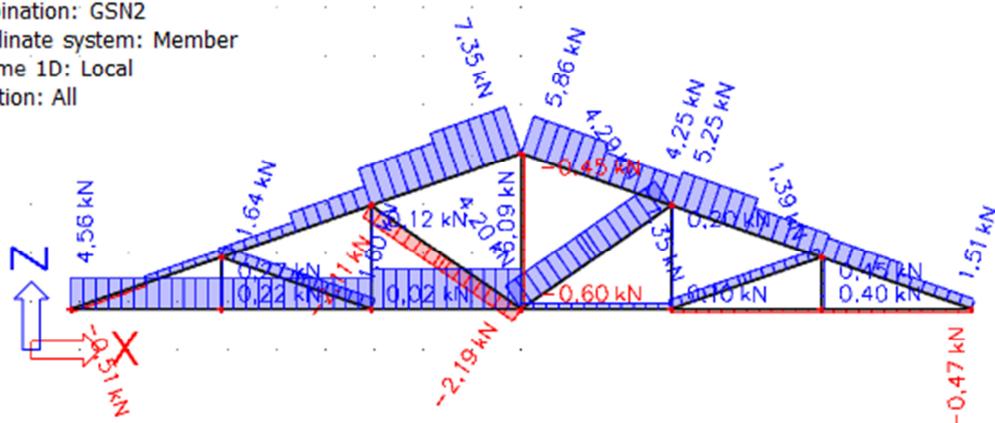
Linear calculation

Combination: GSN2

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 2

4.3. KOMBINACIJA $1,35*G+1,5*W2$

1D internal forces

Values: M_y

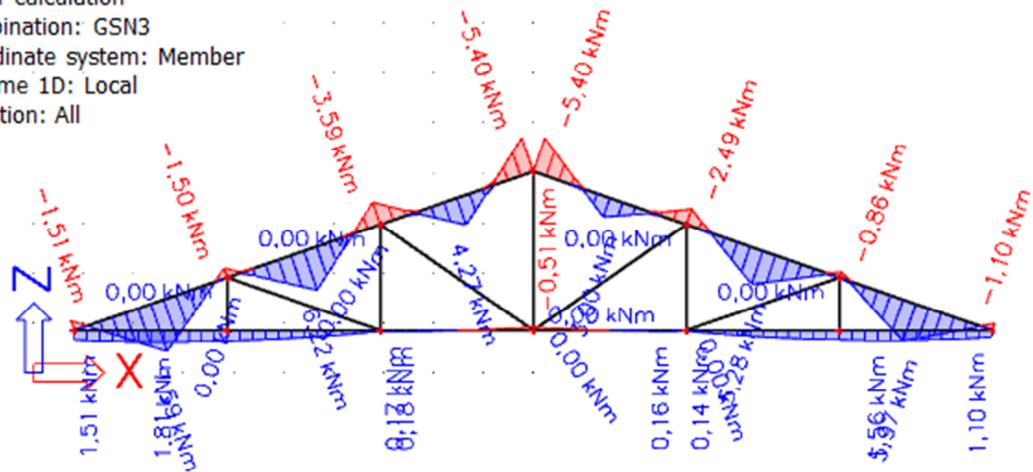
Linear calculation

Combination: GSN3

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Momentni dijagram kombinacije 3

1D internal forces

Values: V_z

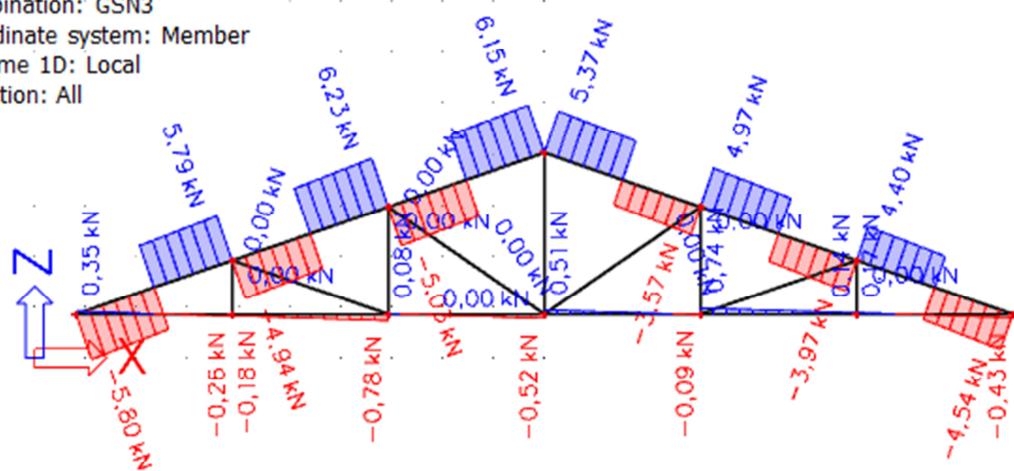
Linear calculation

Combination: GSN3

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram poprečnih sila kombinacije 3

1D internal forcesValues: **N**

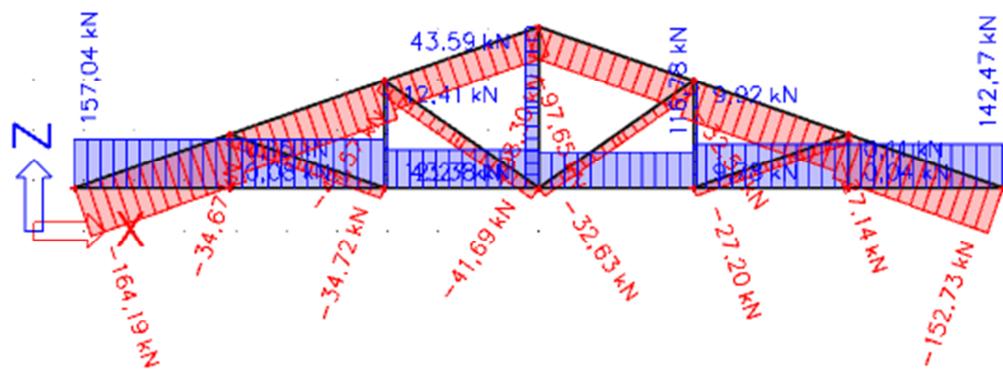
Linear calculation

Combination: GSN3

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 3

4.4. KOMBINACIJA 1,35*G+*1,5*S**1D internal forces**Values: **M_Y**

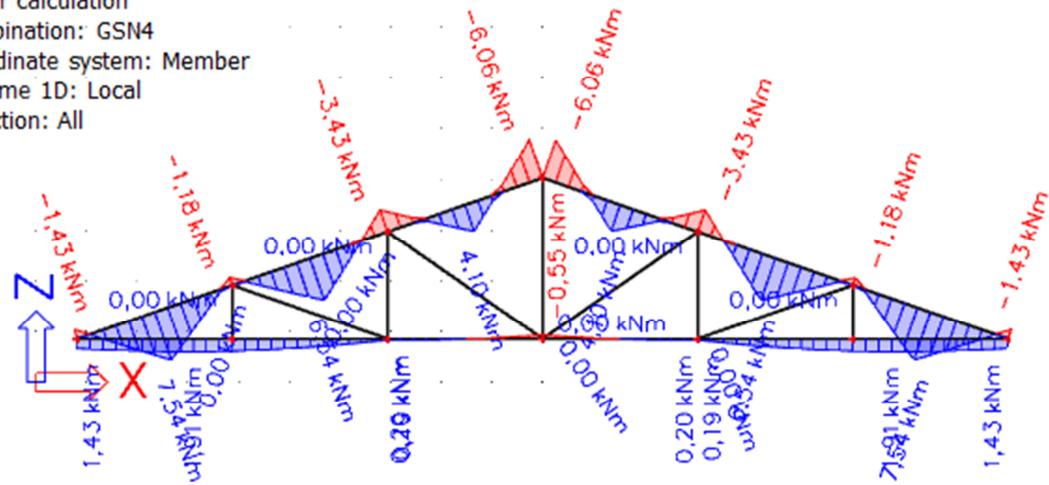
Linear calculation

Combination: GSN4

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Momentni dijagram kombinacije 4

1D internal forcesValues: V_z

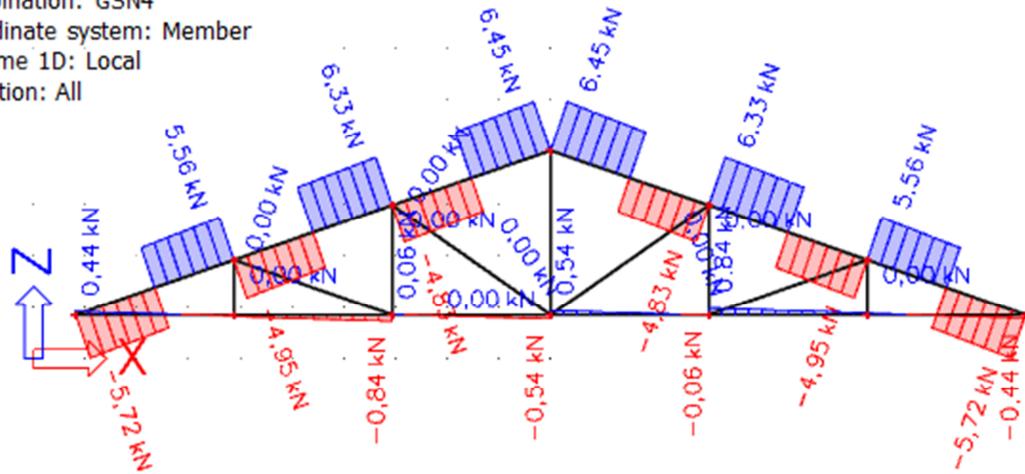
Linear calculation

Combination: GSN4

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram poprečnih sila kombinacije 4

1D internal forcesValues: N

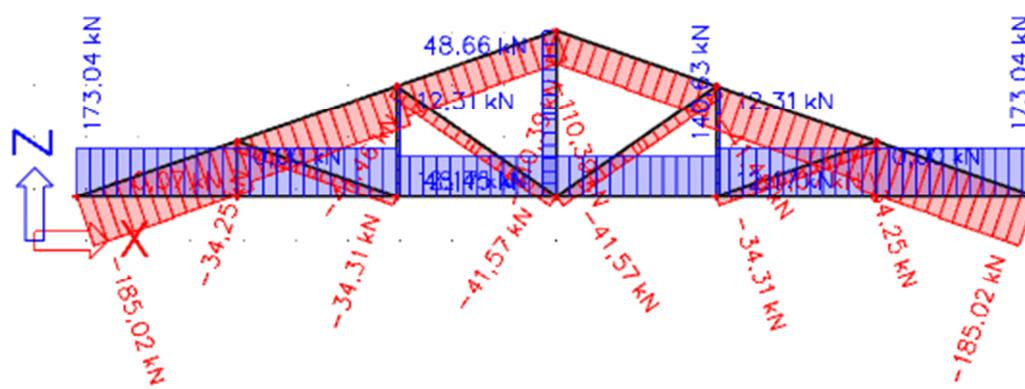
Linear calculation

Combination: GSN4

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju 4

5. DIMENZIONIRANJE GLAVNIH NOSAČA

5.1. Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula elastičnosti:

Materijal izrade: C30

$$f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 18 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 23 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 4 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{o,mean} = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{mean} = 750 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} \cdot E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 12000 = 8000 \text{ N/mm}^2$$

Proračunske vrijednosti čvrstoća:

$$f_d = k_{mod} \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Uporabna klasa 1, kratkotrajno opterećenje $k_{mod} = 0,90$

$\gamma_M = 1,3$ - parcijalni koeficijent sigurnosti za drvo i materijale na bazi drva

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,3} = 20,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,3} = 12,46 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,3} = 15,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{4 \frac{N}{mm^2}}{1,3} = 2,77 N/mm^2$$

5.2. Gornji pojas

Pretpostavljeni poprečni presjek:

$$b/h = 18/22 \text{ cm}$$

Geometrijske karakteristike presjeka:

$$A = 18 * 22 = 396 \text{ cm}^2$$

Kombinacija opterećenja 1

$$N_{c,d} = -231,11 \text{ kN}$$

$$M_{y,d} = 10,3 \text{ kNm}$$

$$N_{c,d} = -19,38 \text{ kN} \text{ iz sprega}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{A} = \frac{250,49 \text{ kN}}{396 \text{ cm}^2} = 6,33 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{10,3 \cdot 10^6}{\frac{180 \cdot 220^2}{6}} = 7,09 \frac{N}{mm^2}$$

Koeficijent izvijanja za os y:

$$l_{ef,z} = \frac{l}{\cos\alpha} = \frac{3,067}{\cos 19^\circ} = 3,2 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_{ef,z}}{0,289 \cdot b} = \frac{3200}{0,289 \cdot 180} = 61,5$$

$$k_c = 0,65$$

$$k_{crit} = \frac{l_{ef,z} \cdot h}{b^2} = \frac{3200 \cdot 220}{180^2} = 21,7 \leq 140$$

$$k_{crit} = 1,0$$

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

$$\frac{7,09}{1,0 \cdot 20,77} + \frac{6,33}{0,65 \cdot 15,92} = 0,95 < 1$$

$$0,96 < 1 \text{ ZADOVOLJAVA}$$

Posmik:

$$V_d = 8,47 kN$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{A} = 1,5 \cdot \frac{8,47 kN}{396 \text{ cm}^2} = 0,32 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,32 \text{ N/mm}^2}{2,77 \text{ N/mm}^2} = 0,12 < 1 \text{ ZADOVOLJAVA}$$

Poprečni presjek b/h=18/22 cm zadovoljava s iskoristivosti od 96%.

5.3. Donji pojas

Pretpostavljeni poprečni presjek:

$$b/h = 18/18 \text{ cm}$$

Geometrijske karakteristike presjeka:

$$A = 18 \cdot 18 = 324 \text{ cm}^2$$

Kombinacija opterećenja 1

$$N_{t,d} = 219,28 kN$$

$$M_{y,d} = 2,47 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,d}}{A_{netto}} = \frac{219,28 \text{ kN}}{0,80 \cdot 324 \text{ cm}^2} = 0,846 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 8,46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{2,47 \cdot 10^6}{\frac{180 \cdot 180^2}{6}} = 2,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Koeficijent izvijanja za os y:

$$l_{ef,z} = 18400 \text{ mm}$$

$$k_{crit} = \frac{l_{ef,z} \cdot h}{b^2} = \frac{18400 \cdot 180}{180^2} = 102,22 \leq 140$$

$$k_{crit} = 1,0$$

Dokaz stabilnosti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} < 1$$

$$\frac{2,54}{1,0 * 20,77} + \frac{8,46}{12,46} = 0,8 < 1$$

$$0,80 < 1 \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

Poprečni presjek b/h=18/18 cm zadovoljava s iskoristivosti od 80%.

5.4. Dijagonale

Pretpostavljeni poprečni presjek:

$$b/h = 18/10 \text{ cm}$$

Geometrijske karakteristike presjeka:

$$A = 18 \cdot 10 = 180 \text{ cm}^2$$

Kombinacija opterećenja 1

$$N_{c,d} = -56,24 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{A} = \frac{56,24 \text{ kN}}{180 \text{ cm}^2} = 0,31 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 3,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda = \frac{l_{ef,z}}{0,289 \cdot h} = \frac{3726}{0,289 \cdot 100} = 128,9$$

$$k_c = 0,2$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} < 1$$

$$\frac{3,1}{0,2 \cdot 15,92} = 0,97 < 1 \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

Poprečni presjek b/h=18/10cm zadovoljava s iskoristivosti od 97%.

5.5. Vertikale

Pretpostavljeni poprečni presjek:

$$b/h = 18/10 \text{ cm}$$

Geometrijske karakteristike presjeka:

$$A = 18 \cdot 10 = 180 \text{ cm}^2$$

Kombinacija opterećenja 1

$$N_{t,d} = 60,80 \text{ kN}$$

$$\sigma_{t,0,d} = 1,5 \cdot \frac{N_{t,d}}{A_{netto}} = 1,5 \cdot \frac{60,80 \text{ kN}}{0,8 * 180 \text{ cm}^2} = 0,63 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 6,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,o,d}} = \frac{6,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{12,46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,51 < 1 \text{ ZADOVOLJAVA}$$

Poprečni presjek b/h=18/10cm zadovoljava s iskoristivosti od 51%.

5.6. Podrožnice

5.6.1. Van sustava stabilizacije b/h=18/18cm

Djelovanja:

$$q_{G,k} = g_k \cdot e = 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3,24 \text{ m} = 1,62 \text{ kN/m}$$

$$q_{Q,k,W} = w_2 \cdot e = 0,42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3,24 \text{ m} = 1,36 \text{ kN/m}$$

$$q_{Q,k,S} = s \cdot e = 0,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3,24 \text{ m} = 1,3 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} q_{z,d} &= 1,35 \cdot q_{G,k} \cdot \cos a + 1,5 \cdot 0,9 \cdot (q_{Q,k,W} + q_{Q,k,S} \cdot \cos a) \\ &= 1,35 \cdot 1,62 \cdot \cos 19^\circ + 1,5 \cdot 0,9 \cdot (1,36 + 1,3 \cdot \cos 19^\circ) = 4,38 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{y,d} &= 1,35 \cdot q_{G,k} \cdot \sin a + 1,5 \cdot q_{Q,k,S} \cdot \sin a \\ &= 1,35 \cdot 1,62 \cdot \sin 19^\circ + 1,5 \cdot 1,3 \cdot \sin 19^\circ = 1,35 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Rezne sile:

$$M_{y,d} = \frac{q_{z,d} \cdot l^2}{8} = \frac{4,38 \cdot 5,4^2}{8} = 15,97 kNm$$

$$M_{z,d} = \frac{q_{y,d} \cdot l^2}{8} = \frac{1,35 \cdot 5,4^2}{8} = 4,92 kNm$$

$$V_{z,d} = \frac{q_{z,d} \cdot l}{2} = \frac{4,38 \cdot 5,4}{2} = 11,83 kN$$

$$V_{y,d} = \frac{q_{y,d} \cdot l}{2} = \frac{1,35 \cdot 5,4}{2} = 3,65 kN$$

Karakteristike poprečnog presjeka:

$$A = 18 \cdot 18 = 324 cm^2$$

$$W_y = \frac{18 \cdot 18^2}{6} = 972 cm^3$$

$$W_z = \frac{18 \cdot 18^2}{6} = 972 cm^3$$

Proračunska naprezanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{15,97 \cdot 10^6}{972 \cdot 10^3} = 16,43 N/mm^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{4,92 \cdot 10^6}{972 \cdot 10^3} = 5,05 N/mm^2$$

$$\tau_{z,d} = 1,5 \cdot \frac{V_{z,d}}{A} = 1,5 \cdot \frac{11,83 \cdot 10^3}{324 \cdot 10^2} = 0,55 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 \cdot \frac{V_{y,d}}{A} = 1,5 \cdot \frac{3,65 \cdot 10^3}{324 \cdot 10^2} = 0,17 \frac{N}{mm^2}$$

$$k_{crit} = \frac{l_{ef,z} \cdot h}{b^2} = \frac{540 \cdot 18}{18^2} = 30 \leq 140$$

$$k_{crit} = 1,0 \quad k_{red} = 0,7$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{16,43}{1,0 \cdot 20,77} + 0,7 \cdot \frac{5,05}{20,77} = 0,96 < 1,0$$

$$k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = 0,7 \cdot \frac{16,43}{1,0 \cdot 20,77} + \frac{5,05}{20,77} = 0,80 < 1,0$$

$$\left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 = \left(\frac{0,17}{2,77} \right)^2 + \left(\frac{0,55}{2,77} \right)^2 = 0,04 < 1,0$$

Poprečni presjek zadovoljava. Usvojeno b/h=18/18 cm.

5.6.2. U sustavu stabilizacije b/h=18/20 cm.

Zamjenjujuće djelovanje (stabilizacija) :

$$F_d = \frac{N_d \cdot (1 - k_c)}{60}$$

Pri čemu je srednja vrijednost tlačne sile u gornjem pojasu :

$$N_d = \frac{\Sigma \text{Ngornji pojas}}{n} = \frac{2208,57}{12} = 184,05 \text{ kN/m}$$

$$l_{ef} = 19.46 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_{min}} = \frac{19.46 \cdot 100}{0.289 \cdot 18} = 374.09$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{E_{0,05}}} = \frac{374.09}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{23.0}{8000}} = 6.38$$

$$\beta_c = 0.2 \text{ za puno drvo i grede}$$

$$k = 0.5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.2 \cdot (6.38 - 0.3) + 6.38^2] = 21.46$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{21.46 + \sqrt{21.46^2 - 6.38^2}} = 0.0238$$

$$F_d = \frac{N_d \cdot (1 - k_c)}{60} = \frac{184,05 \cdot (1 - 0.0238)}{60} = 2,99 \text{ kN}$$

Ove podrožnice preuzimaju opterećenja sa krovne plohe i sile stabilizacije glavnih nosača (dvoosno savijanje i tlak).

Geometrijske karakteristike:

$$A = 18 \cdot 20 = 360 \text{ cm}^2$$

$$W_y = \frac{18 \cdot 20^2}{6} = 1200 \text{ cm}^3$$

$$W_z = \frac{20 \cdot 18^2}{6} = 1080 \text{ cm}^3$$

Proračunska naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = n \cdot \frac{F_d}{A} = \frac{11}{2} \cdot \frac{2,99 \cdot 10^3}{360 \cdot 10^2} = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{15,97 \cdot 10^6}{1200 \cdot 10^3} = 13,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{4,92 \cdot 10^6}{1080 \cdot 10^3} = 4,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{l_{min}} = \frac{5,4 \cdot 100}{0,289 \cdot 18} = 103,81$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{E_{0,05}}} = \frac{103,81}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{23.0}{8000}} = 1,77$$

$\beta_c = 0.2$ za puno drvo i grede

$$k = 0.5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.2 \cdot (1,77 - 0,3) + 1,77^2] = 2,21$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{2,21 + \sqrt{2,21^2 - 1,77^2}} = 0.283$$

$$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{5400 \cdot 180}{200^2} = 24,3 < 140$$

$$k_{crit} = 1,0 \quad k_{red} = 0,7$$

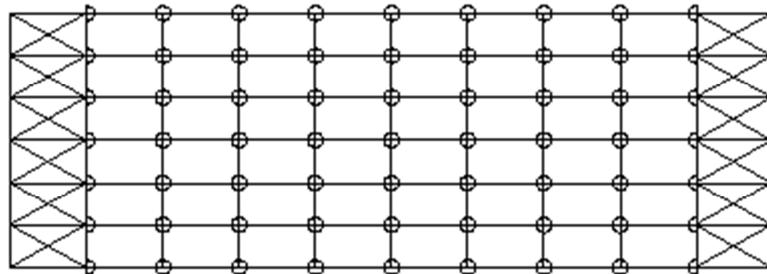
Dokaz nosivosti i stabilnosti:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,46}{0,283 \cdot 15,92} + \frac{13,31}{1,0 \cdot 20,77} + 0,7 \cdot \frac{4,56}{20,77} \\ = 0,90 < 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,46}{0,283 \cdot 15,92} + 0,7 \cdot \frac{13,31}{1,0 \cdot 20,77} + \frac{4,56}{20,77} \\ = 0,77 < 1,0$$

Spojevi glavni nosači-podrožnice

U sustavu stabilizacije (ne odnosi se na vertikale sprega)



Ovi spojevi prenose tlačno/vlačnu silu $n * F_d = 5,5 * 2,99 = 16,45 \text{ kN}$ i reakcije podrožnica od opterećenja krovne plohe.

Dokaz nosivosti i stabilnosti elemenata sprega

Zamjenjujuće djelovanje od izbočavanja:

$$k_1 = \min \left| 1; \sqrt{\frac{15}{l}} \right| = \min\{1; 0,88\} = 0,88$$

$$q_d = k_I \times \frac{n * N_d}{30 * l} = 0,88 \cdot \frac{5,5 \cdot 184,05}{30 \cdot 19,464} = 1,53 \text{ kN/m}$$

Djelovanje vjetra (na jedan spreg):

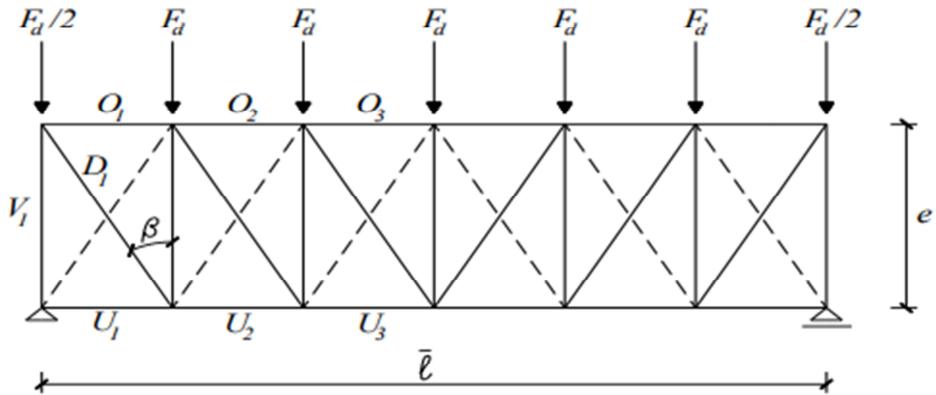
$$q_{w,1,d} = \frac{q_{w,d}}{2} = \frac{1,36}{2} = 0,68 \text{ kN/m}$$

Ukupno djelovanje:

$$q_{TOT,d} = q_d + q_{w,1,d} = 1,53 + 0,68 = 2,21 \text{ kN/m}$$

Ukupno u čvorovima:

$$Fd = q_{TOT,d} \cdot a' = 2,21 \cdot 3,24 = 7,16 \text{ kN}$$



Sile u pojasevima O3 (U3) glavnog nosača

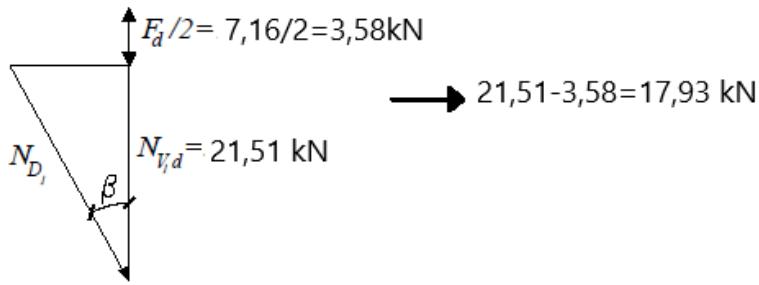
$$N_{O3(U3)d} = \frac{q_{TOT,d} \cdot l'^2}{8 \cdot e} = \frac{2,21 \cdot 19,464^2}{8 \cdot 5,4} = 19,38 \text{ kN}$$

Sile u vertikalama (podrožnice)

$$N_{V1d} = \frac{q_{TOT,d} \cdot l'}{2} = \frac{2,21 \cdot 19,464}{2} = 21,51 \text{ kN}$$

Sile u dijagonalama

$$\tan \beta = \frac{3,24}{5,4} = 0,6 \rightarrow \beta = 31^\circ$$



$$N_{D1d} = \frac{17,93}{\cos\beta} = 20,92 \text{ kN}$$

Dokaz za glavne nosače (pojasevi sprega)

Ispuna sprega spojena je na glavne nosače u ravnini ili neposredno ispod gornjeg pojasa nosača. Pretpostavlja se približno jednolika raspodjela naprezanja od uvođenja sile ispune sprega u glavni nosač na 1/6 njegove visine (sudjelujuća visina).

$$h'_1 = \frac{h_1}{6} = \frac{22}{6} = 3,67 \text{ cm}$$

$$A' = b_1 \cdot h'_1 = 18 \cdot 3,67 = 66,06 \text{ cm}^2$$

Proračunsko naprezanje od $N_{O3(U3)d}$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{O3(U3)d}}{A'} = \frac{19,38 \cdot 10^3}{66,06 \cdot 10^2} = 2,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{10,3 \cdot 10^6}{\frac{180 \cdot 220^2}{6}} = 7,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_{min}} = \frac{3,24 \cdot 100}{0,289 \cdot 18} = 62,28$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{E_{0,05}}} = \frac{62,28}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{23,0}{8000}} = 1,06$$

$\beta_c = 0.2$ za puno drvo i grede

$$k = 0.5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.2 \cdot (1,06 - 0,3) + 1,06^2] = 1,14$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{1,14 + \sqrt{1,14^2 - 1,06^2}} = 0,641$$

$$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{3240 \cdot 220}{180^2} = 22 < 140$$

$$k_{crit} = 1$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{2,93}{0,641 \cdot 15,92} + \frac{7,09}{1,0 \cdot 20,77} = 0,63 < 1,0$$

Dokaz za podrožnice (vertikale sprega)

$$\sigma_{c,0,V1,d} = \frac{N_{V1d}}{A} = \frac{21,51 \cdot 10^3}{180 * 200} = 0,50 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_{min}} = \frac{5,4 \cdot 100}{0,289 \cdot 18} = 103,81$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,o,k}}{E_{0,05}}} = \frac{103,81}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{23,0}{8000}} = 1,77$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ za puno drvo i grede}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,77 - 0,3) + 1,77^2] = 2,21$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{2,21 + \sqrt{2,21^2 - 1,77^2}} = 0,283$$

$$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{5400 \cdot 180}{200^2} = 24,3 < 140$$

$$k_{crit} = 1,0 \quad k_{red} = 0,7$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{15,97 \cdot 10^6}{1200 \cdot 10^3} = 13,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{4,92 \cdot 10^6}{1080 \cdot 10^3} = 4,56 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti i stabilnosti

$$\frac{\sigma_{c,0,d} + \sigma_{c,0,V1,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,46 + 0,5}{0,283 \cdot 15,92} + \frac{13,31}{1,0 \cdot 20,77} + 0,7 \cdot \frac{4,56}{20,77} \\ = 1,0 \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d} + \sigma_{c,0,V1,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,46 + 0,5}{0,283 \cdot 15,92} + 0,7 \cdot \frac{13,31}{1,0 \cdot 20,77} + \frac{4,56}{20,77} \\ = 0,88 \leq 1,0$$

Dokaz za dijagonale

Pretpostavljen: Ø14

$$A_{netto} = 0,8 \cdot \frac{d^2 \pi}{4} = 0,8 \cdot \frac{14^2 \pi}{4} = 123,15 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{D1,d} = \frac{N_{D1d}}{A_{netto}} = \frac{20,92 \cdot 10^3}{123,15} = 169,87 \text{ N/mm}^2$$

S235

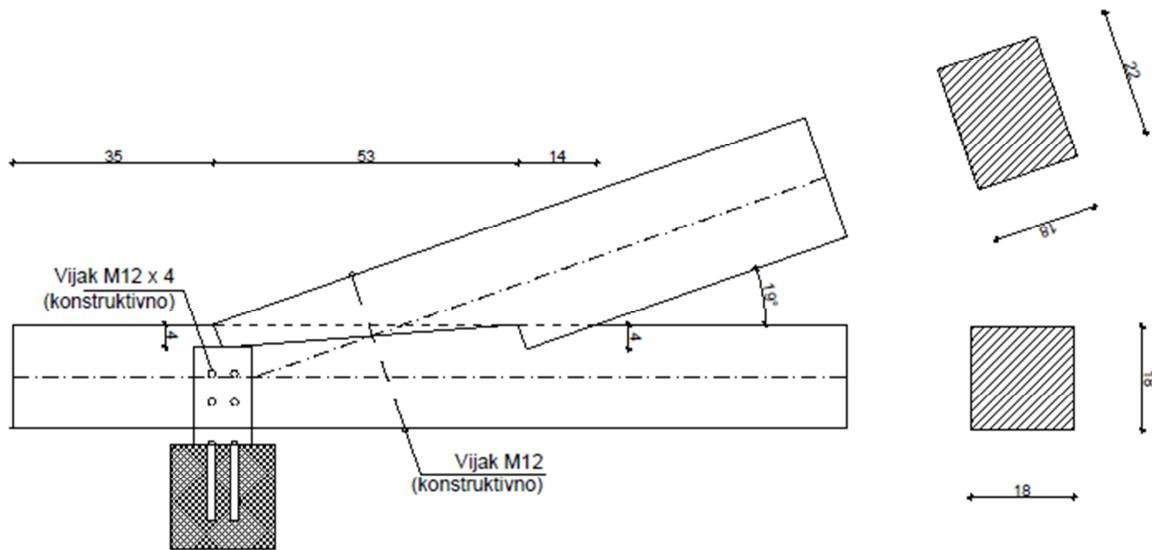
$$\sigma_{R,d} = \frac{fy, k}{\gamma M} = \frac{235}{1,1} = 213,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{D1d}}{\sigma_{Rd}} = \frac{169,87}{213,6} = 0,80 < 1,0$$

Usvojeno: Ø14

6. PRORAČUN SPAJALA

6.1. DETALJ 1- DVOSTRUKI ZASJEK



$$\frac{b}{h} = \frac{18}{18} \text{ cm}$$

$$N_d = 231,11 \text{ kN}$$

$$t_{v,max} = \frac{18}{4} = 4,5 \text{ cm}$$

$$t_{v,1} = 4 \text{ cm} < 4,5 \text{ cm}$$

$$t_{v,2} = 4 \text{ cm} < 4,5 \text{ cm}$$

Prednji zasjek

$$R_{1,d} = f_{c,a,d} \cdot A1$$

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

$$a = \frac{\gamma}{2} = \frac{19}{2} = 9,5^\circ$$

$$f_{c,a,d} = \frac{15,92}{\sqrt{\left(\frac{15,92}{2 * 1,87} * \sin^2 9,5\right)^2 + \left(\frac{15,92}{2 * 2,77} * \sin 9,5 * \cos 9,5\right)^2 + \cos^4 9,5}}$$

$$f_{c,a,d} = 17,66 \text{ N/mm}^2$$

$$A_1 = \frac{b_1 * t v, 1}{\cos a} = \frac{18 * 4}{\cos 9,5} = 73 \text{ cm}^2$$

$$R_{1,d} = 17,66 \cdot 73 * 10^2 = 128918 \text{ N}$$

$$\overline{R_{1,d}} = \frac{R_{1,d}}{\cos a} = \frac{133845,8}{\cos 9,5} = 130710,6 \text{ N}$$

Stražnji zasjek

$$R_{2,d} = f_{c,a,d} \cdot A2$$

$$a = \gamma = 19^0$$

$$f_{c,a,d} = \frac{15,92}{\sqrt{\left(\frac{15,92}{2 * 1,87} * \sin^2 19\right)^2 + \left(\frac{15,92}{2 * 2,77} * \sin 19 * \cos 19\right)^2 + \cos^4 19}}$$

$$f_{c,a,d} = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

$$A_2 = \frac{b_2 * t v, 2}{\cos a} = \frac{18 * 4}{\cos 19} = 76,15 \text{ cm}^2$$

$$R_{2,d} = 14,17 \cdot 76,15 * 10^2 = 107904,6 \text{ N}$$

$$\overline{R_{2,d}} = R_{2,d} = 107904,6 \text{ N}$$

$$R_{tot,d} = \overline{R_{1,d}} + \overline{R_{2,d}} = 130710,6 + 107904,6 = 238615,15 \text{ N}$$

$$R_{tot,d} = 238,6 \text{ kN} > N_d = 231,11 \text{ kN}$$

Dokaz:

$$\frac{N_d}{R_{tot,d}} = 0,96 < 1,0 \quad ZADOVOLJAVA$$

Posmična naprezanja:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} < 1,0$$

$$\tau_d = \frac{F_{0,d}}{A}$$

$$F_{0,d} = N_{2,d} * \cos a = 231,11 * \cos 19 = 218,5 kN$$

$$l_{v,1} = \min\{l_v; (8t_{v,1})\}$$

$$8t_{v,1} = 8 * 4 = 32 cm$$

$$\text{Odabrano: } l_{v,1} = 35 cm$$

$$l_{v,2} = \min\{l_{1-2}; (8t_{v,2})\}$$

$$\frac{22}{a} = \sin 19^0 \quad a = 67,6 cm$$

$$\frac{5}{b} = \tan 19^0 \quad b = 14,5 cm$$

$$\frac{c}{5} = \tan 9,5^0 \quad b = 0,84 cm$$

$$l_{1-2} = 67,6 - 14,5 - 0,84 = 53 cm > 8t_{v,2} = 8 * 4 = 32 cm$$

$$l_{v,tot} = 35 + 53 = 88 cm$$

$$A = 18 * 88 = 1584 cm^2$$

$$\tau_d = \frac{F_{0,d}}{A} = \frac{218,5 * 10^3}{1584 * 10^2} = 1,38 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1,38}{2,77} = 0,5 < 1,0 \quad ZADOVOLJAVA$$

Kontrola netto presjeka:

$$N_{1,t,d} = 219,28 kN$$

$$M_{1,t,d} = 2,05 kNm$$

$$A_{n,1} = 18 * 14 = 252 cm^2$$

$$W_{n,1} = \frac{18 * 14^2}{6} = 588 cm^3$$

$$\sigma_{1,t,0,d} = \frac{N_{1,t,d}}{A_{n,1}} = \frac{219,28 \text{ kN}}{252 \text{ cm}^2} = 8,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{1,m,y,d} = \frac{M_{1,t,d}}{W_{n,1}} = \frac{2,05 \cdot 10^6}{588 \cdot 10^3} = 3,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dokaz:

$$\boxed{\frac{\sigma_{1,m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{1,t,0,d}}{f_{t,0,d}} < 1}$$

$$\frac{3,5}{20,77} + \frac{8,7}{12,46} = 0,92 < 1 \quad ZADOVOLJAVA$$

Kontrola na ležaju:

$$R_d = 231,11 * \sin 19^\circ = 75,24 \text{ kN}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1,87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{ef} = 18 * 18 = 324 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{R_d}{A_{ef}} = \frac{75,24 \text{ kN}}{324 \text{ cm}^2} = 2,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

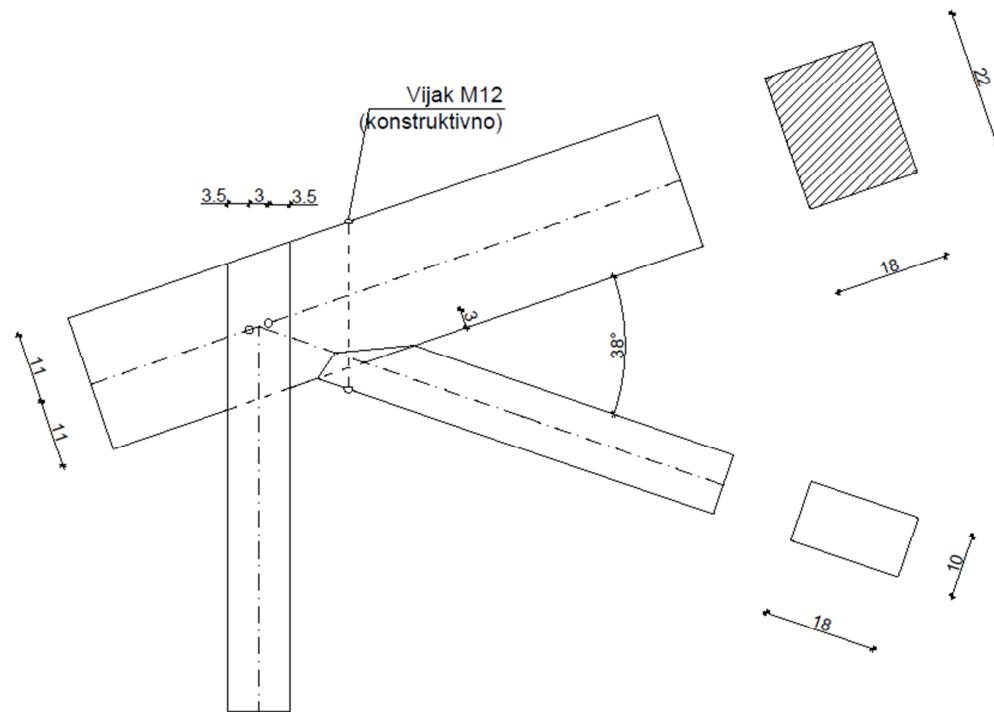
$$k_{c,90} = 1,5$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} < 1$$

$$\frac{2,3}{1,5 \cdot 1,87} = 0,82 < 1 \quad ZADOVOLJAVA$$

6.2. DETALJ 2-ZASJEK I ČAVLJANI SPOJ



JEDNOSTRUKI ZASJEK-SPOJ DIJAGONALE D1

$$\frac{b}{h} = \frac{18}{22} \text{ cm} (\text{gornji pojas}), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} \text{ cm} (\text{dijagonalna})$$

$$t_{v,max} = \frac{22}{6} = 3,7 \text{ cm}$$

$$t_{v,1} = 3 \text{ cm} < 3,7 \text{ cm}$$

$$\gamma = 38^\circ$$

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} < 1$$

$$\sigma_{c,a,d} = \frac{F_{c,a,d}}{\bar{A}}$$

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

$$\alpha = \frac{\gamma}{2} = \frac{38}{2} = 19^\circ$$

$$F_{c,0,d} = 46,75 \text{ kN}$$

$$F_{c,a,d} = F_{c,0,d} * \cos a = 46,75 * \cos 19^0 = 44,2 kN$$

$$\bar{A} = \frac{18 * 3}{\cos 19^0} = 57,11 cm^2$$

$$\sigma_{c,a,d} = \frac{F_{c,a,d}}{\bar{A}} = \frac{46,75 * 10^3}{57,11 * 10^2} = 8,2 \frac{N}{mm^2}$$

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

$$f_{c,a,d} = \frac{15,92}{\sqrt{\left(\frac{15,92}{2 * 1,87} * \sin^2 19\right)^2 + \left(\frac{15,92}{2 * 2,77} * \sin 19 * \cos 19\right)^2 + \cos^4 19}}$$

$$f_{c,a,d} = 11,91 \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \frac{8,2}{11,91} = 0,69 < 1 \quad ZADOVOLJAVA$$

SPOJ VERTIKALE V1-ČAVLANI SPOJ

$$\frac{b}{h} = \frac{18}{22} cm (gornji pojas), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} cm (vertikala)$$

$$N_d = 0,09 kN (vlak)$$

$$\check{č}avli Na 6,0/180 - bušeni \quad f_{u,k} = 600 \frac{N}{mm^2}$$

$$Puno drvo C30 \quad 2x10/18 \quad \rho_k = 380 \frac{kg}{m^3}$$

$$\begin{aligned} k_{mod} &= 0,9 \\ \gamma_m &= 1,3 \text{ (drvo)} \\ \gamma_m &= 1,1 \text{ (čavli)} \end{aligned}$$

Karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće drva klase C30 po omotaču rupe od čavla:

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

$$f_{h,k,1} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 * 6) \cdot 380 = 29,29 \text{ N/mm}^2$$

Karakteristična vrijednost momenta tečenja okruglog čavla promjera d=6mm

$$M_{y,k} = 180 \cdot d^{2,6} = 180 \cdot 6^{2,6} = 18987,4 \text{ Nmm}$$

Karakteristična vrijednost nosivosti po rezu

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d}$$

$$R_k = \sqrt{2 \cdot 18987,4 \cdot 29,29 \cdot 6} = 2583,3 \text{ N}$$

Minimalna dubina zabijanja u zadnje drvo

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

$$t_{1,REQ} = 1,15 * (\sqrt{2} + 2) * \sqrt{\frac{18987,4}{29,29 * 6}}$$

$$t_{1,REQ} = 40,8 \text{ mm} < t_1 = 100 \text{ mm}$$

Proračunska vrijednost nosivosti po rezu

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2583,3}{1,1} = 2113,6 \text{ N}$$

Potreban broj čavala

$$n = \frac{Nd}{Rd} = \frac{0,09}{2,113} = 0,04$$

ODABRANO: 4 ČAVLA

Konstruktivni zahtjevi**Okomito na vlakanca:**

$$a_{2,REQ} = 3 \cdot d$$

$$a_{2,REQ} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm}$$

Paralelno s vlakancima od opterećenog kraja:

$$a_{1,t} = (7 + 5 * \cos\alpha) * d$$

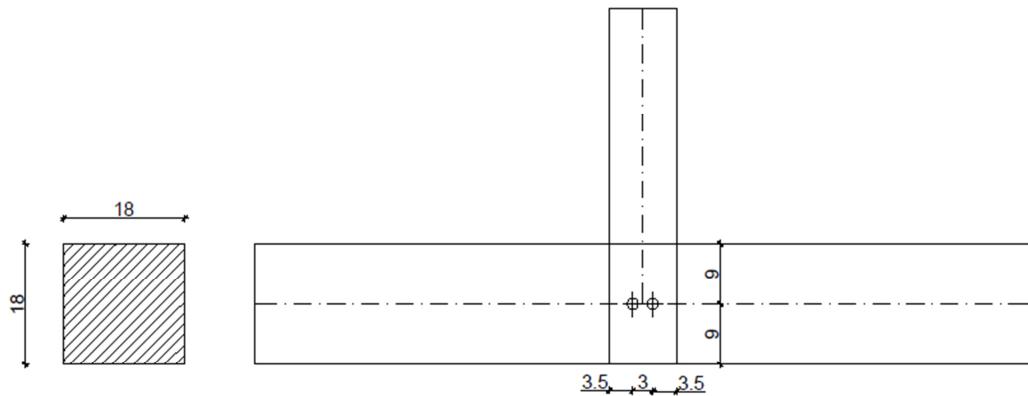
$$a_{1,t} = (7 + 5 * \cos 0) * 6 = 78 \text{ mm} \leq 110 \text{ mm}$$

Okomito na vlakanca od neopterećenog kraja:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{2,REQ} = 3 * 6 = 18 \text{ mm} \leq 35 \text{ mm}$$

6.3. DETALJ 3-ČAVLANI SPOJ



$$\frac{b}{h} = \frac{18}{18} \text{ cm (donji pojas)}, \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} \text{ cm (vertikalna)}$$

$$N_d = 0,09kN$$

$$\text{Čavli Na } 6,0/180 - \text{bušeni} \quad f_{u,k} = 600 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Puno drvo C30 } 2x10/18 \quad \rho_k = 380 \frac{kg}{m^3}$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_m = 1,3 \text{ (drvo)}$$

$$\gamma_m = 1,1 \text{ (čavli)}$$

Karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće drva klase C30 po omotaču rupe od čavla:

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

$$f_{h,k,1} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 380 = 29,29 N/mm^2$$

Karakteristična vrijednost momenta tečenja okruglog čavla promjera d=6mm

$$M_{y,k} = 180 \cdot d^{2,6} = 180 \cdot 6^{2,6} = 18987,4 Nmm$$

$$\beta = 1,0$$

Karakteristična vrijednost nosivosti po rezu

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d}$$

$$R_k = \sqrt{2 \cdot 18987,4 \cdot 29,29 \cdot 6} = 2583,3 N$$

Minimalna dubina zabijanja u zadnje drvo

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

$$t_{1,REQ} = 1,15 * (\sqrt{2} + 2) * \sqrt{\frac{18987,4}{29,29 * 6}}$$

$$t_{1,REQ} = 40,8mm < t_1 = 100mm$$

UVJET ZADOVOLJAVA

Proračunska vrijednost nosivosti po rezu

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2583,3}{1,1} = 2113,6N$$

Potreban broj čavala

$$n = \frac{Nd}{Rd} = \frac{0,09}{2,114} = 0,04$$

ODABRANO: 4 ČAVLA

Konstruktivni zahtjevi

Okomito na vlakanca:

$$a_{2,REQ} = 3 \cdot d$$

$$a_{2,REQ} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm}$$

Paralelno s vlakancima od opterećenog kraja:

$$a_{1,t} = (7 + 5 * \cos\alpha) * d$$

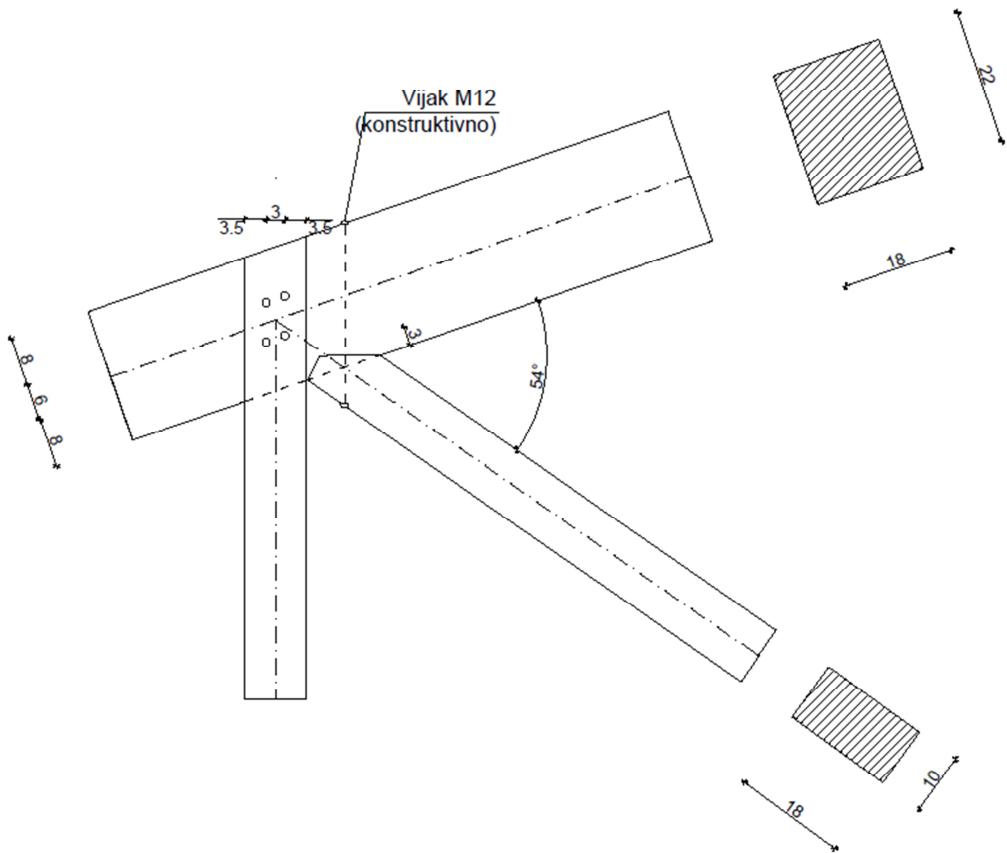
$$a_{1,t} = (7 + 5 * \cos 0) * 6 = 78 \text{ mm} \leq 90 \text{ mm}$$

Okomito na vlakanca od neopterećenog kraja:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{1,REQ} = 3 * 6 = 18 \text{ mm} \leq 35 \text{ mm}$$

6.4. DETALJ 4-ZASJEK I ČAVLJANI SPOJ



JEDNOSTRUKI ZASJEK-SPOJ DIJAGONALE D2

$$\frac{b}{h} = \frac{18}{22} \text{ cm} (\text{gornji pojas}), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} \text{ cm} (\text{dijagonalna})$$

$$t_{v,max} = \frac{22}{6} = 3,7 \text{ cm}$$

$$t_{v,1} = 3 \text{ cm} < 3,7 \text{ cm}$$

$$\gamma = 54^\circ$$

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} < 1$$

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

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

$$\alpha = \frac{\gamma}{2} = \frac{54}{2} = 27^0$$

$$F_{c,0,d} = 56,24 kN$$

$$F_{c,a,d} = F_{c,0,d} * \cos \alpha = 56,24 * \cos 27^0 = 50,11 kN$$

$$\bar{A} = \frac{18 * 3}{\cos 27^0} = 60,6 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{c,a,d} = \frac{F_{c,a,d}}{\bar{A}} = \frac{50,11 * 10^3}{60,6 * 10^2} = 8,3 \frac{N}{mm^2}$$

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

$$f_{c,a,d} = \frac{15,92}{\sqrt{\left(\frac{15,92}{2 * 1,87} * \sin^2 27\right)^2 + \left(\frac{15,92}{2 * 2,77} * \sin 27 * \cos 27\right)^2 + \cos^4 27}}$$

$$f_{c,a,d} = 9,6 \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \frac{8,3}{9,6} = 0,86 < 1 \quad ZADOVOLJAVA$$

SPOJ VERTIKALE V2-ČAVLANI SPOJ

$$\frac{b}{h} = \frac{18}{22} \text{ cm} (\text{gornji pojas}), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} \text{ cm} (\text{vertikala})$$

$$N_d = 16,44 kN$$

$$\check{č}avli Na 6,0/180 - bušeni \quad f_{u,k} = 600 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Puno drvo C30 } 2x10/18 \quad \rho_k = 380 \frac{kg}{m^3}$$

$$\begin{aligned}k_{mod} &= 0,9 \\ \gamma_m &= 1,3 \text{ (drvo)} \\ \gamma_m &= 1,1 \text{ (čavli)}\end{aligned}$$

Karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće drva klase C30 po omotaču rupe od čavla:

$$\begin{aligned}f_{h,k,1} &= 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k \\ f_{h,k,1} &= 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 380 = 29,29 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Karakteristična vrijednost momenta tečenja okruglog čavla promjera d=6mm

$$M_{y,k} = 180 \cdot d^{2,6} = 180 \cdot 6^{2,6} = 18987,4 \text{ Nmm}$$

Karakteristična vrijednost nosivosti po rezu

$$\begin{aligned}R_k &= \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \\ R_k &= \sqrt{2 \cdot 18987,4 \cdot 29,29 \cdot 6} = 2583,3 \text{ N}\end{aligned}$$

Minimalna dubina zabijanja u zadnje drvo

$$\begin{aligned}t_{1,REQ} &= 1,15 * \left(\sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} * 2 + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k,1} * d}} \\ t_{1,REQ} &= 1,15 * (\sqrt{2} + 2) * \sqrt{\frac{18987,4}{29,29 * 6}}\end{aligned}$$

$$t_{1,REQ} = 40,8 \text{ mm} < t_1 = 100 \text{ mm}$$

Proračunska vrijednost nosivosti po rezu

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2583,3}{1,1} = 2113,6 \text{ N}$$

Potreban broj čavala

$$n = \frac{Nd}{Rd} = \frac{16,44}{2,114} = 7,77 \sim 8 \text{ čavala}$$

Dokaz

$$\frac{N_d}{n * R_d} = \frac{16,44}{8 * 2,114} = 0,97 < 1,0 \quad ZADOVOLJAVA$$

Konstruktivni zahtjevi

Paralelno s vlakancima:

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos\alpha) * d$$

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos 0) * 6 = 30mm \leq 60mm$$

Okomito na vlakanca:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{2,REQ} = 3 * 6 = 18 mm \leq 30 mm$$

Paralelno s vlakancima od opterećenog kraja:

$$a_{1,t} = (7 + 5 * \cos\alpha) * d$$

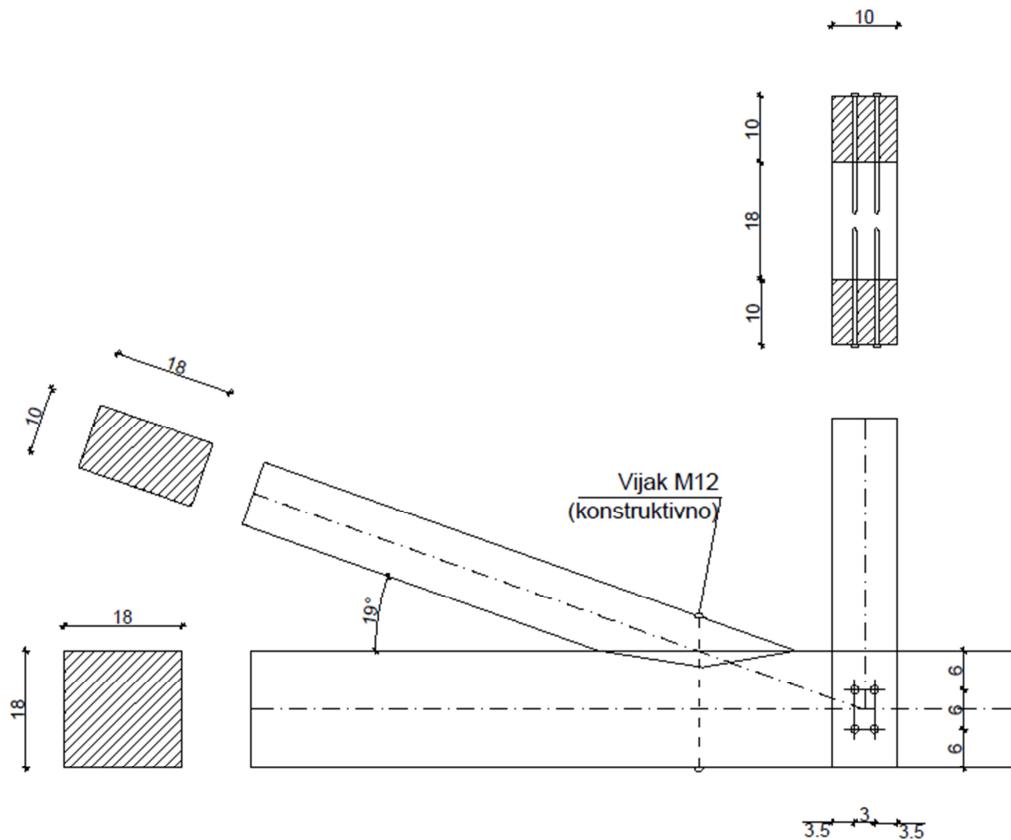
$$a_{1,t} = (7 + 5 * \cos 0) * 6 = 78mm \leq 80mm$$

Okomito na vlakanca od neopterećenog kraja:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{1,REQ} = 3 * 6 = 18mm \leq 35mm$$

6.5. DETALJ 5-ZASJEK I ČAVLANI SPOJ



JEDNOSTRUKI ZASJEK-SPOJ DIJAGONALE D1

$$\frac{b}{h} = \frac{18}{18} \text{ cm} (\text{donji pojas}), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} \text{ cm} (\text{dijagonala})$$

$$t_{v,max} = \frac{18}{6} = 3 \text{ cm}$$

$$t_{v,1} = 2,5 \text{ cm} < 3 \text{ cm}$$

$$\gamma = 19^0$$

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} < 1$$

$$\sigma_{c,a,d} = \frac{F_{c,a,d}}{\bar{A}}$$

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

$$\alpha = \frac{\gamma}{2} = \frac{19}{2} = 9,5^0$$

$$F_{c,0,d} = 46,75 \text{ kN}$$

$$F_{c,a,d} = F_{c,0,d} * \cos a = 46,75 * \cos 9,5^\circ = 46,11 kN$$

$$\bar{A} = \frac{18 * 2,5}{\cos 9,5^\circ} = 45,63 cm^2$$

$$\sigma_{c,a,d} = \frac{F_{c,a,d}}{\bar{A}} = \frac{46,11 * 10^3}{45,63 * 10^2} = 10,11 \frac{N}{mm^2}$$

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

$$f_{c,a,d} = \frac{15,92}{\sqrt{\left(\frac{15,92}{2 * 1,87} * \sin^2 9,5\right)^2 + \left(\frac{15,92}{2 * 2,77} * \sin 9,5 * \cos 9,5\right)^2 + \cos^4 9,5}}$$

$$f_{c,a,d} = 14,66 \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \frac{10,11}{14,66} = 0,69 < 1 \quad ZADOVOLJAVA$$

SPOJ VERTIKALE V2-ČAVLANI SPOJ

$$\frac{b}{h} = \frac{18}{18} cm (donji pojas), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} cm (vertikalna)$$

$$N_d = 16,44 kN$$

$$\text{Čavli Na } 6,0/180 - bušeni \quad f_{u,k} = 600 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Puno drvo C30 } 2x10/18 \quad \rho_k = 380 \frac{kg}{m^3}$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_m = 1,3 \text{ (drvo)}$$

$$\gamma_m = 1,1 \text{ (čavli)}$$

Karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće drva klase C30 po omotaču rupe od čavla:

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

$$f_{h,k,1} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 * 6) \cdot 380 = 29,29 \text{ N/mm}^2$$

Karakteristična vrijednost momenta tečenja okruglog čavla promjera d=6mm

$$M_{y,k} = 180 \cdot d^{2,6} = 180 \cdot 6^{2,6} = 18987,4 \text{ Nmm}$$

Karakteristična vrijednost nosivosti po rezu

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d}$$

$$R_k = \sqrt{2 \cdot 18987,4 \cdot 29,29 \cdot 6} = 2583,3 \text{ N}$$

Minimalna dubina zabijanja u zadnje drvo

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

$$t_{1,REQ} = 1,15 * (\sqrt{2} + 2) * \sqrt{\frac{18987,4}{29,29 * 6}}$$

$$t_{1,REQ} = 40,8 \text{ mm} < t_1 = 100 \text{ mm}$$

Proračunska vrijednost nosivosti po rezu

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2583,3}{1,1} = 2113,6 \text{ N}$$

Potreban broj čavala

$$n = \frac{Nd}{Rd} = \frac{16,44}{2,114} = 7,77 \sim 8 \text{ čavala}$$

Dokaz

$$\frac{N_d}{n * R_d} = \frac{16,44}{8 * 2,114} = 0,97 < 1,0 \quad ZADOVOLJAVA$$

Konstruktivni zahtjevi

Paralelno s vlakancima:

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos\alpha) * d$$

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos 0) * 6 = 30mm \leq 60mm$$

Okomito na vlakanca:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{2,REQ} = 3 * 6 = 18 mm \leq 30 mm$$

Paralelno s vlakancima od opterećenog kraja:

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos\alpha) * d$$

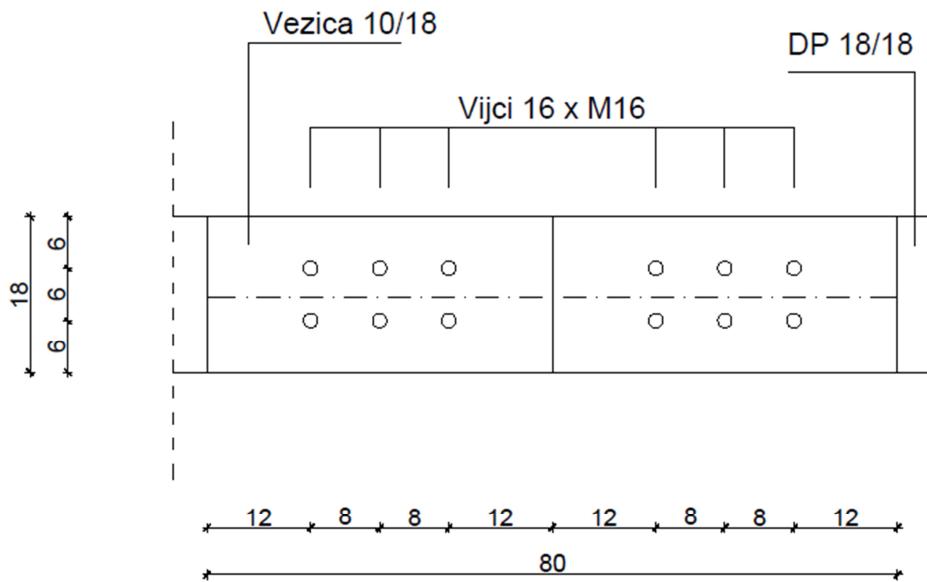
$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos 0) * 6 = 30mm \leq 60mm$$

Okomito na vlakanca od neopterećenog kraja:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{2,REQ} = 3 * 6 = 18mm \leq 35mm$$

6.6. DETALJ 6-VLAČNI NASTAVAK REŠETKE



OSNOVNI MATERIJAL: puno drvo, 2x10/18

KLASA ČVRSTOĆE: C30 ($\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$)

$F_d = 168,4 \text{ kN}$

TIJESNO UGRAĐENI VIJCI $\varnothing 16 \text{ mm} - \text{kl. čvrstoće } 5,6$

Kratkotrajno opterećenje / uporabna klasa 1 $\rightarrow k_{\text{mod}} = 0.9$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti: - drvo $\gamma_M = 1.3$

- vijci $\gamma_M = 1.1$

- Karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće drva klase C30 po omotaču rupe od vijka:

$$f_{h,0,k,1} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k,1} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 10) \cdot 380 = 28.04 \text{ N/mm}^2$$

- Karakteristična vrijednost momenata tečenja okruglog vijka promjera d=16mm:

$$M_{y,k} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2.6}$$

$$f_{u,k} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0.3 \cdot 500 \cdot 16^{2.6} = 202676,42 \text{ Nmm}$$

- Određivanje karakteristične nosivosti jednog jednoreznog vijka promjera d=16mm

$$\beta = 1$$

$$R_k = \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,k} * d}$$

$$R_k = \sqrt{2 * 202676,42 * 28,04 * 16} = 19069,01 \text{ N}$$

- Tražene debljine elementa za punu nosivost:

$$t_{1,REQ} = 1.15 \cdot \left(\sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} \cdot 2 + 2 \right) \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k,l} \cdot d}}$$

$$t_{1,REQ} = 1.15 \cdot (2+2) \cdot \sqrt{\frac{202627,42}{28.04 \cdot 16}} = 97,76 \text{ mm}$$

$$t_{1,REQ} = 97,76 \text{ mm} < t_1 = 100 \text{ mm}$$

ZADOVOLJAVA

- Proračunska vrijednost nosivosti vijaka po rezu:

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{19,07}{1,1} = 15,6kN$$

- Potreban broj vijaka:

$$n = \frac{F_d}{R_d} = \frac{168,4}{2 \cdot 15,6} = 5,4 \approx 6 \text{ vijaka}$$

ODABRANO : 6vijaka

- Konstruktivni zahtjevi-minimalni razmaci:

Paralelno s vlakancima:

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos\alpha) * d$$

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos 0) * 16 = 80mm \leq 80mm$$

Okomito na vlakanca:

$$a_{2,REQ} = 3 \cdot d$$

$$a_{2,REQ} = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} \leq 60 \text{ mm}$$

Paralelno s vlakancima od opterećenog kraja:

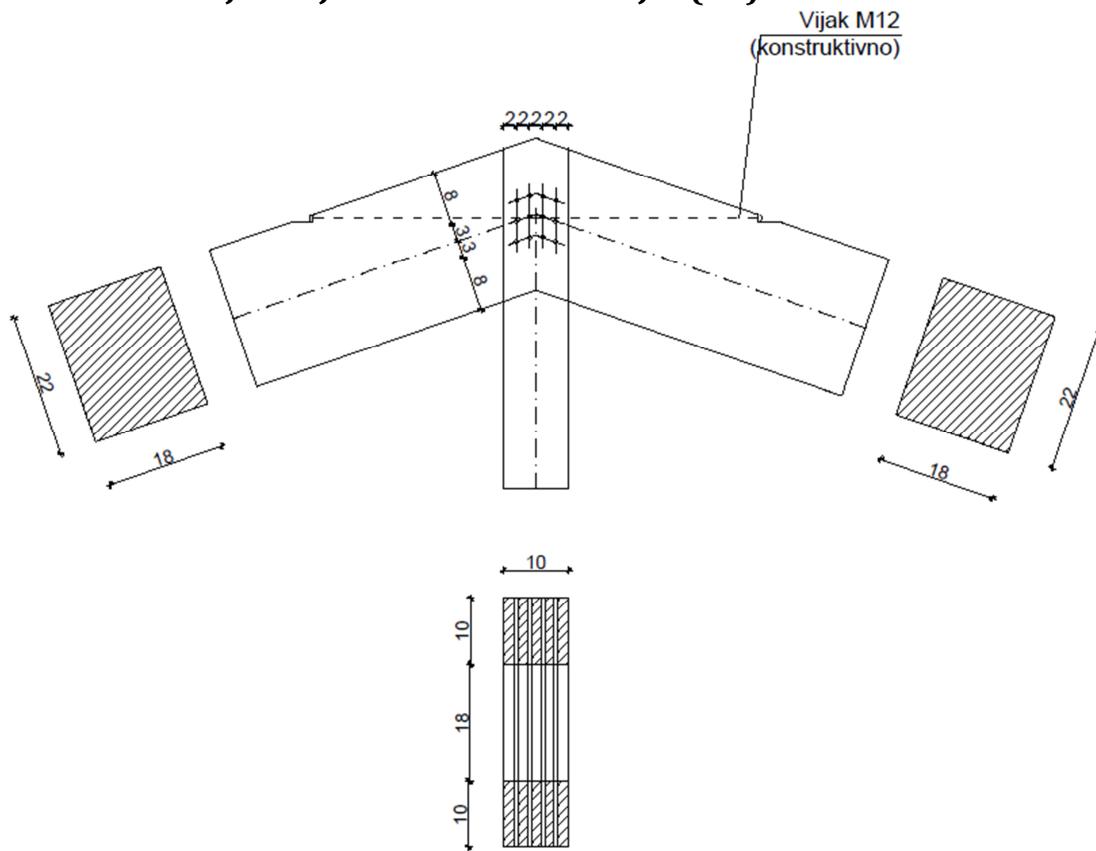
$$a_{1,t} = \max \begin{cases} 7 \cdot d \\ 80 \text{ mm} \end{cases} = \begin{cases} 7 \cdot 16 = 112 \text{ mm} \\ 80 \text{ mm} \end{cases} \rightarrow \text{odabрано : } 120 \text{ mm}$$

Okomito na vlakanca od neopterećenog kraja:

$$a_{2,c} = 3 \cdot d$$

$$a_{2,c} = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm} \rightarrow \text{odabрано : } 60 \text{ mm}$$

6.7. DETALJ 7- TIJESNO UGRAĐENI VIJCI (V3)



$$\frac{b}{h} = \frac{18}{22} \text{ cm} (\text{gornji pojas}), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} \text{ cm} (\text{vertikala})$$

$$N_d = 60,80 kN$$

TIJESNO UGRAĐENI VIJCI $\emptyset 6\text{mm} - \text{kl. čvrstoće } 10,9$

Kratkotrajno opterećenje / uporabna klasa 1 $\rightarrow k_{\text{mod}} = 0.9$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti: - drvo $\gamma_M = 1.3$

- vijci $\gamma_M = 1.1$

- Karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće drva klase C30 po omotaču rupe od vijka:

$$f_{h,0,k,1} = 0,082 * (1 - 0,01 * 6) * \rho_k$$

$$f_{h,0,k,1} = 0,082 * (1 - 0,01 * 6) * 380 = 29,3 \frac{N}{mm^2}$$

- Karakteristična vrijednost momenata popuštanja okruglog vijka promjera d=12mm:

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$f_{u,k} = 1000 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{y,k} = 0,3 * 1000 * 6^{2,6} = 31646 Nmm$$

- Određivanje karakteristične nosivosti po rezu :

$$R_k = \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,k} * d}$$

$$R_k = \sqrt{2 * 31646 * 29,3 * 6} = 3336 N$$

Tražene debljine elementa za punu nosivost:

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

$$t_{1,REQ} = 1,15 * (\sqrt{2} + 2) * \sqrt{\frac{31646}{29,3 * 6}}$$

$$t_{1,REQ} = 42,7 mm < t_1 = 100 mm$$

ZADOVOLJAVA

Proračunska vrijednost nosivosti vijaka po rezu:

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,336}{1,1} = 2,73 kN$$

- Potreban broj vijaka:

$$n = \frac{Nd}{Rd} = \frac{60,80}{2 * 2,73} = 11,1 \sim 12 vijaka$$

Konstruktivni zahtjevi-minimalni razmaci:

Paralelno s vlakancima:

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos\alpha) * d$$

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos 0) * 6 = 30mm \leq 30mm$$

Okomito na vlakanca:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{2,REQ} = 3 * 6 = 18mm \leq 20mm$$

Paralelno s vlakancima od opterećenog kraja:

$$a_{1,REQ} = \max\{80, 7 * d\}$$

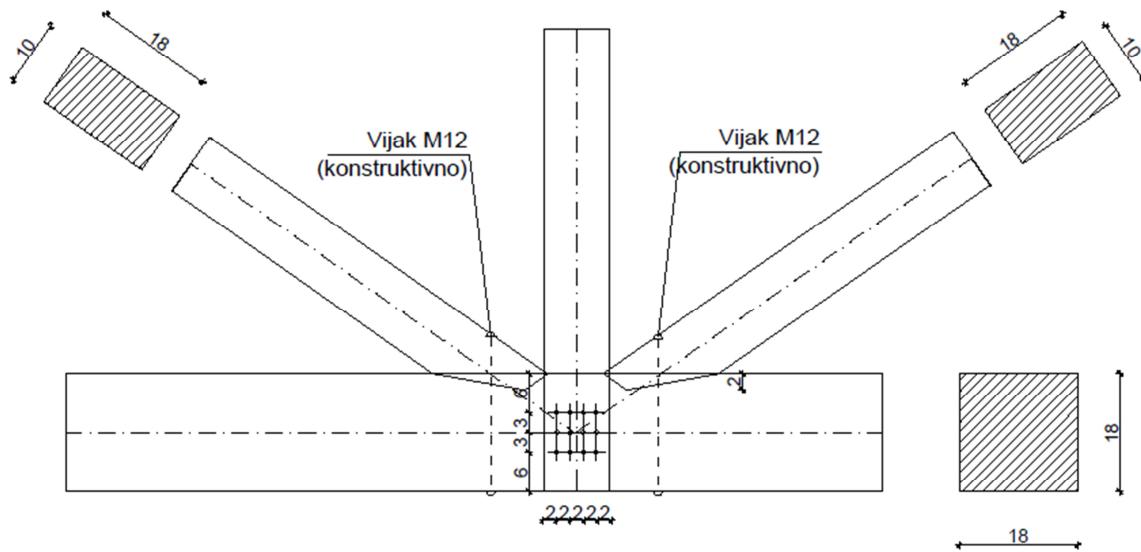
$$a_{1,REQ} = \max\{80, 42\} = 80mm < 80mm$$

Okomito na vlakanca od neopterećenog kraja:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{2,REQ} = 3 * 6 = 18mm \leq 20mm$$

6.8. DETALJ 8-ZASJEK I TIJESNO UGRAĐENI VIJCI



JEDNOSTRUKI ZASJEK-SPOJ DIJAGONALE D2

$$\frac{b}{h} = \frac{18}{18} \text{ cm} (\text{donji pojaz}), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} \text{ cm} (\text{dijagonala})$$

$$t_{v,max} = \frac{18}{6} = 3 \text{ cm}$$

$$t_{v,1} = 2,5 \text{ cm} < 3 \text{ cm}$$

$$\gamma = 35^0$$

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} < 1$$

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

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

$$\alpha = \frac{\gamma}{2} = \frac{35}{2} = 17,5^0$$

$$F_{c,0,d} = 56,24 \text{ kN}$$

$$F_{c,a,d} = F_{c,0,d} * \cos\alpha = 56,24 * \cos 17,5^0 = 53,64 \text{ kN}$$

$$\bar{A} = \frac{18 * 2,5}{\cos 17,5^0} = 47,2 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{c,a,d} = \frac{F_{c,a,d}}{\bar{A}} = \frac{53,64 * 10^3}{47,2 * 10^2} = 11,36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$f_{c,a,d} = \frac{15,92}{\sqrt{\left(\frac{15,92}{2 * 1,87} * \sin^2 17,5\right)^2 + \left(\frac{15,92}{2 * 2,77} * \sin 17,5 * \cos 17,5\right)^2 + \cos^4 17,5}}$$

$$f_{c,a,d} = 12,3 \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \frac{11,36}{12,3} = 0,92 < 1 \quad ZADOVOLJAVA$$

SPOJ VERTIKALE V3-TIJESEN UGRAĐENI VIJCI

$$\frac{b}{h} = \frac{18}{18} cm (donji pojas), \quad \frac{b}{h} = \frac{18}{10} cm (vertikalna)$$

$$N_d = 60,80 kN$$

TIJESNO UGRAĐENI VIJCI $\emptyset 6mm - kl. čvrstoće 10,9$

Kratkotrajno opterećenje / uporabna klasa 1 $\rightarrow k_{mod} = 0.9$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti: - drvo $\gamma_M = 1.3$

- vijci $\gamma_M = 1.1$

- Karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće drva klase C30 po omotaču rupe od vijka:

$$f_{h,0,k,1} = 0,082 * (1 - 0,01 * 6) * \rho_k$$

$$f_{h,0,k,1} = 0,082 * (1 - 0,01 * 6) * 380 = 29,3 \frac{N}{mm^2}$$

- Karakteristična vrijednost momenata popuštanja okruglog vijka promjera d=12mm:

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$f_{u,k} = 1000 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{y,k} = 0,3 * 1000 * 6^{2,6} = 31646 Nmm$$

- Određivanje karakteristične nosivosti po rezu :

$$R_k = \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,k} * d}$$

$$R_k = \sqrt{2 * 31646 * 29,3 * 6} = 3336N$$

Tražene debljine elementa za punu nosivost:

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

$$t_{1,REQ} = 1,15 * (\sqrt{2} + 2) * \sqrt{\frac{31646}{29,3 * 6}}$$

$$t_{1,REQ} = 42,7mm < t_1 = 100mm$$

ZADOVOLJAVA

Proračunska vrijednost nosivosti vijaka po rezu:

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,336}{1,1} = 2,73kN$$

- Potreban broj vijaka:

$$n = \frac{Nd}{Rd} = \frac{60,80}{2 * 2,73} = 11,1 \sim 12 \text{ vijaka}$$

Konstruktivni zahtjevi-minimalni razmaci:

Paralelno s vlakancima:

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos\alpha) * d$$

$$a_{1,REQ} = (3 + 2 * \cos 0) * 6 = 30mm \leq 30mm$$

Okomito na vlakanca:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{2,REQ} = 3 * 6 = 18mm \leq 20mm$$

Paralelno s vlakancima od opterećenog kraja:

$$a_{1,REQ} = \max\{80, 7 * d\}$$

$$a_{1,REQ} = \max\{80, 42\} = 42mm < 60mm$$

Okomito na vlakanca od neopterećenog kraja:

$$a_{2,REQ} = 3 * d$$

$$a_{2,REQ} = 3 * 6 = 18mm \leq 20mm$$

7. PROVJERA OTPORNOSTI NA POŽAR

Kombinacija za izvanrednu proračunsku situaciju:

$$E_{dA} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} * G_{k,j} + " \Psi_{1,1} * Q_{k,1}" + " \sum_{i > 1} \Psi_{2,1} * Q_{k,i} \right\}$$

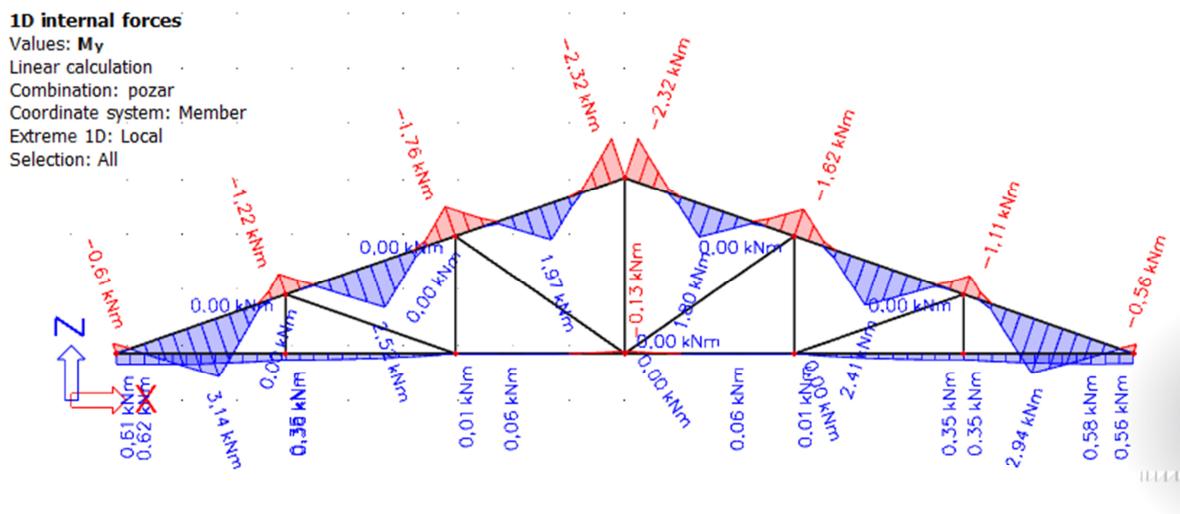
$$\gamma_{GA,j} = 1,0$$

Spregovi koji su postavljeni u prvom i posljednjem pojasu zadržavaju svoju nosivost i svojstva poprečnog presjeka nakon požara od 30 minuta, oni su zaštićeni vatrootpornim premazima.

7.1. KRITIČNA IZVANREDNA KOMBINACIJA

$$c_{fi}=1,00*G(\text{reduciranih presjeka}) + 0,20*W2$$

Dijagrami unutarnjih sila na glavnom nosaču za kritičnu kombinaciju



1D internal forcesValues: V_z

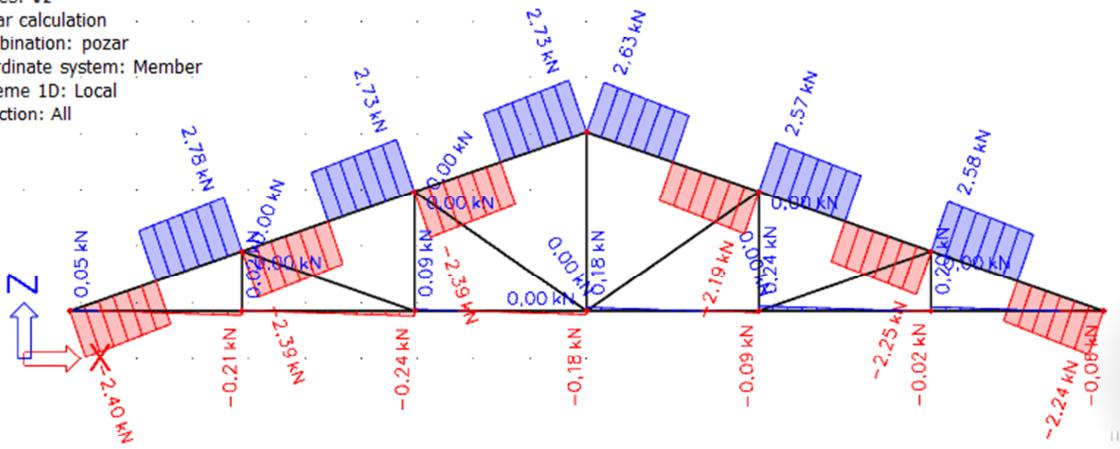
Linear calculation

Combination: pozar

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram poprečnih sila kombinacije

1D internal forcesValues: N

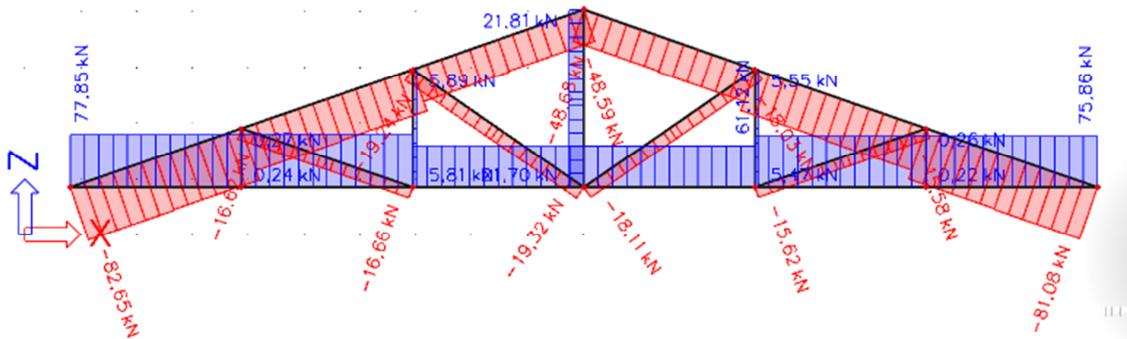
Linear calculation

Combination: pozar

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram uzdužnih sila za kombinaciju

GORNJI POJAS $b/h = 18/22\text{cm}$

$$N_{d,fi} = 82,65 \text{ kN} (\text{tlak})$$

$$M_{d,fi} = 3,14 \text{ kNm}$$

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA

Tražena klasa F30 $\rightarrow t_f = 30 \text{ min}$; $t_f \rightarrow \text{potrebno vrijeme vatrootporostnosti u min}$

Brzina nagorijevanja β_n drvene građe

Cjelovito drvo klase C30 $\rightarrow \rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

$\rho_k > 290 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

Gubitak presjeka:

$$d_{(tf)} = \beta_n * t_f = 0,7 * 30 = 21,0 \text{ mm}$$

Dimenzije poprečnog presjeka nakon 30min požara:

$$b_{(tf)} = b - 2 * d_{(tf)} = 18 - 2 * 2,1 = 13,8 \text{ cm}$$

$$h_{(tf)} = h - 2 * d_{(tf)} = 22 - 2 * 2,1 = 17,8 \text{ cm}$$

Ostatak poprečnog presjeka

„opseg“ – zbroj duljina nagorenih stranica ostatka poprečnog presjeka („nagoreni opseg“):

$$u_r = 2 * b_{(tf)} + 2 * h_{(tf)} = 2 * 13,8 + 2 * 17,8 = 63,2 \text{ cm}$$

Površina nagorenog poprečnog presjeka:

$$A_r = b_{(tf)} * h_{(tf)} = 13,8 * 17,8 = 245,64 \text{ cm}^2$$

$$W_{y,r} = \frac{b_{(tf)} * h_{(tf)}^2}{6} = \frac{13,8 * 17,8^2}{6} = 728,73 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_r} = \frac{82,64 * 10^3}{245,64 * 10^2} = 3,36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{M_{d,fi}}{W_{y,r}} = \frac{3,14 * 10^6}{728,73 * 10^3} = 4,31 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula elastičnosti:

$$f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 23 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 8 \text{ kN/mm}^2$$

$$G_{05} = 0,625 \text{ kN/mm}^2$$

$$G_{05} = \frac{5}{6} \cdot G_{\text{mean}} = \frac{5}{6} \cdot 0,75 = 0,625 \text{ kN/mm}^2$$

Proračunske vrijednosti čvrstoća i modula uz vrijednost koeficijenta modifikacije:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{f_k}{\gamma_{m,fi}}$$

$$E_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{E_{0,05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$G_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{\frac{2}{3} * G_{05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$\gamma_{m,fi} = 1,0$$

$k_{fi} = 1,25$ (za puno drvo, prijelaz na 20% fraktilu)

Za tlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima:

$$k_{mod,c,fi} = 1 - \frac{1}{125} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{125} * \frac{63,2 * 10^{-2}}{245,64 * 10^{-4}} = 0,79$$

Za savojnu čvrstoću:

$$k_{mod,m,fi} = 1 - \frac{1}{200} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{200} * \frac{63,2 * 10^{-2}}{245,64 * 10^{-4}} = 0,87$$

Za vlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima te za E i G module:

$$k_{mod,E,fi} = k_{mod,G,fi} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{63,2 * 10^{-2}}{245,64 * 10^{-4}} = 0,92$$

$$f_{c,d,fi} = 0,79 * 1,25 * \frac{23}{1,0} = 22,71 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{m,d,fi} = 0,87 * 1,25 * \frac{30}{1,0} = 32,63 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{d,fi} = 0,92 * 1,25 * \frac{8000}{1,0} = 9200 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{d,fi} = 0,92 * 1,25 * \frac{\frac{2}{3} * 625}{1,0} = 479,17 \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz stabilnosti:

$$\lambda_{rel,c,z,fi} = \frac{\lambda_{z,fi}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,d,fi}}{E_{d,fi}}}$$

$$\lambda_{z,fi} = \frac{l_{ef}}{0,289 \cdot b} = \frac{3240}{0,289 \cdot 138} = 81,24$$

$$\lambda_{rel,c,z,fi} = \frac{81,24}{\pi} * \sqrt{\frac{22,71}{9200}} = 1,28$$

$\beta_c = 0.2$ za puno drvo i grede

$$k_{z,fi} = 0.5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.2 \cdot (1,28 - 0,3) + 1,28^2]$$

$$= 1,42$$

$$k_{c,z,fi} = \frac{1}{k_{z,fi} + \sqrt{k_{z,fi}^2 - \lambda_{rel,c,z,fi}^2}} = \frac{1}{1,42 + \sqrt{1,42^2 - 1,28^2}} = 0,49$$

Za savijane štapove pravokutnog poprečnog presjeka širine b , $k_{m,fi} = 1,0$, ako je:

$$\frac{(l_{eff} \cdot h)}{b^2} = \frac{324 \text{ cm} \cdot 17,8 \text{ cm}}{13,8^2 \text{ cm}^2} = 30,28 < 140 \Rightarrow k_{m,fi} = 1,0$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,z,fi} * f_{c,0,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,y,d,fi}} = \frac{3,36}{0,49 * 22,71} + \frac{4,31}{1,0 \cdot 32,63} = 0,43 < 1,0$$

ZADOVOLJAVA

DONJI POJAS $b/h = 18/18cm$

$$N_{d,fi} = 77,85kN(\text{vlak})$$

$$M_{d,fi} = 0,61kNm$$

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA

Tražena klasa F30 $\rightarrow t_f = 30 \text{ min}$; $t_f \rightarrow$ potrebno vrijeme vatreootpornosti u min

Brzina nagorijevanja β_n drvene građe

Cjelovito drvo klase C30 → $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

$\rho_k > 290 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

Gubitak presjeka:

$$d_{(tf)} = \beta_n * t_f = 0,7 * 30 = 21,0 \text{ mm}$$

Dimenzije poprečnog presjeka nakon 30min požara:

$$b_{(tf)} = b - 2 * d_{(tf)} = 18 - 2 * 2,1 = 13,8 \text{ cm}$$

$$h_{(tf)} = h - 2 * d_{(tf)} = 18 - 2 * 2,1 = 13,8 \text{ cm}$$

Ostatak poprečnog presjeka

„opseg“ – zbroj duljina nagorenih stranica ostatka poprečnog presjeka („nagoreni opseg“):

$$u_r = 2 * b_{(tf)} + 2 * h_{(tf)} = 2 * 13,8 + 2 * 13,8 = 55,2 \text{ cm}$$

Površina nagorenog poprečnog presjeka:

$$A_r = b_{(tf)} * h_{(tf)} = 13,8 * 13,8 = 190,44 \text{ cm}^2$$

$$W_{y,r} = \frac{b_{(tf)} * h_{(tf)}^2}{6} = \frac{13,8 * 13,8^2}{6} = 438 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{t,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_{r,netto}} = \frac{77,85 * 10^3}{0,8 * 190,44 * 10^2} = 5,11 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{M_{d,fi}}{W_{y,r}} = \frac{0,61 * 10^6}{438 * 10^3} = 1,39 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula elastičnosti:

$$f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 18 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 8 \text{ kN/mm}^2$$

$$G_{05} = 0,625 \text{ kN/mm}^2$$

$$G_{05} = \frac{5}{6} \cdot G_{\text{mean}} = \frac{5}{6} \cdot 0,75 = 0,625 \text{ kN/mm}^2$$

Proračunske vrijednosti čvrstoća i modula uz vrijednost koeficijenta modifikacije:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{f_k}{\gamma_{m,fi}}$$

$$E_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{E_{0,05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$G_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{\frac{2}{3} * G_{05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$\gamma_{m,fi} = 1,0$$

$k_{fi} = 1,25$ (za puno drvo, prijelaz na 20% fraktilu)

Za savojnu čvrstoću:

$$k_{mod,m,fi} = 1 - \frac{1}{200} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{200} * \frac{55,2 * 10^{-2}}{190,44 * 10^{-4}} = 0,86$$

Za vlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima te za E i G module:

$$k_{mod,E,fi} = k_{mod,G,fi} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{55,2 * 10^{-2}}{190,44 * 10^{-4}} = 0,91$$

$$f_{m,d,fi} = 0,86 * 1,25 * \frac{30}{1,0} = 32,25 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{t,k}}{\gamma_{M,fi}} = 0,91 \cdot 1,25 \cdot \frac{18 \frac{N}{mm^2}}{1,0} = 20,48 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{d,fi} = 0,92 * 1,25 * \frac{8000}{1,0} = 9200 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{d,fi} = 0,92 * 1,25 * \frac{\frac{2}{3} * 625}{1,0} = 479,17 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{eff,z} = \frac{l}{2} = \frac{18,4}{2} = 9,2 \text{ m} - \text{pridržanje na sredini donjeg pojasa}$$

Za savijane štapove pravokutnog poprečnog presjeka širine b, $k_{m,fi} = 1,0$, ako je:

$$\frac{(l_{eff} \cdot h)}{b^2} = \frac{920 \cdot 13,8}{13,8^2} = 66,67 < 140 \Rightarrow k_{m,fi} = 1,0$$

DOKAZ:

$$\frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} < 1$$

ZADOVOLJAVA

$$\frac{1,39}{1,0 \cdot 32,25} + \frac{5,11}{20,48} = 0,29 < 1$$

DIJAGONALE $b/h = 18/10\text{cm}$

$$N_{d,fi} = 19,32\text{kN(tlak)}$$

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA

Tražena klasa F30 → $t_f = 30 \text{ min}$; $t_f \rightarrow$ potrebno vrijeme vatrootporostnosti u min

Brzina nagorijevanja β_n drvene građe

Cjelovito drvo klase C30 → $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

$\rho_k > 290\text{kg/m}^3 \rightarrow \beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

Gubitak presjeka:

$$d_{(tf)} = \beta_n * t_f = 0,7 * 30 = 21,0\text{mm}$$

Dimenzije poprečnog presjeka nakon 30min požara:

$$b_{(tf)} = b - 2 * d_{(tf)} = 18 - 2 * 2,1 = 13,8\text{cm}$$

$$h_{(tf)} = h - 2 * d_{(tf)} = 10 - 2 * 2,1 = 5,8\text{cm}$$

Ostatak poprečnog presjeka

„opseg“ – zbroj duljina nagorenih stranica ostatka poprečnog presjeka („nagoreni opseg“):

$$u_r = 2 * b_{(tf)} + 2 * h_{(tf)} = 2 * 13,8 + 2 * 5,8 = 39,2\text{cm}$$

Površina nagorenog poprečnog presjeka:

$$A_r = b_{(tf)} * h_{(tf)} = 13,8 * 5,8 = 80,04\text{cm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_r} = \frac{19,32 \cdot 10^3}{80,04 \cdot 10^2} = 2,41 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula elastičnosti:

$$f_{c,0,k} = 23 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} E_{0,05} &= 8 \text{ kN/mm}^2 \\ G_{05} &= 0,625 \text{ kN/mm}^2 \\ G_{05} &= \frac{5}{6} \cdot G_{\text{mean}} = \frac{5}{6} \cdot 0,75 = 0,625 \text{ kN/mm}^2 \end{aligned}$$

Proračunske vrijednosti čvrstoća i modula uz vrijednost koeficijenta modifikacije:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{f_k}{\gamma_{m,fi}}$$

$$E_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{E_{0,05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$G_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{\frac{2}{3} * G_{05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$\gamma_{m,fi} = 1,0$$

$$k_{fi} = 1,25 \text{ (za puno drvo, prijelaz na 20% fraktilu)}$$

Za tlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima:

$$k_{mod,c,fi} = 1 - \frac{1}{125} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{125} * \frac{39,2 * 10^{-2}}{80,04 * 10^{-4}} = 0,61$$

Za vlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima te za E i G module:

$$k_{mod,E,fi} = k_{mod,G,fi} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{39,2 * 10^{-2}}{80,04 * 10^{-4}} = 0,85$$

$$f_{c,d,fi} = 0,61 * 1,25 * \frac{23}{1,0} = 17,54 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{d,fi} = 0,85 * 1,25 * \frac{8000}{1,0} = 8500 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{d,fi} = 0,85 * 1,25 * \frac{\frac{2}{3} * 625}{1,0} = 442,71 \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz stabilnosti:

$$\lambda_{rel,c,z,fi} = \frac{\lambda_{z,fi}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,d,fi}}{E_{d,fi}}}$$

$$\lambda_{z,fi} = \frac{l_{ef}}{0,289 \cdot b} = \frac{3244}{0,289 \cdot 58} = 193,5$$

$$\lambda_{rel,c,z,fi} = \frac{193,5}{\pi} * \sqrt{\frac{17,54}{8500}} = 2,7$$

$\beta_c = 0.2$ za puno drvo i grede

$$k_{z,fi} = 0.5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.2 \cdot (2,7 - 0,3) + 2,7^2] = 4,3$$

$$k_{c,z,fi} = \frac{1}{k_{z,fi} + \sqrt{k_{z,fi}^2 - \lambda_{rel,c,z,fi}^2}} = \frac{1}{4,3 + \sqrt{4,3^2 - 2,7^2}} = 0,14$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,z,fi} * f_{c,0,fi}} = \frac{2,41}{0,14 * 17,54} = 0,98 < 1,0$$

ZADOVOLJAVA

VERTIKALE $b/h = 18/10\text{cm}$

$$N_{d,fi} = 21,81kN(\text{vlak})$$

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA

Tražena klasa F30 → $t_f = 30 \text{ min}$; $t_f \rightarrow \text{potrebno vrijeme vatrootpormosti u min}$

Brzina nagorijevanja β_n drvene građe

Cjelovito drvo klase C30 → $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

$\rho_k > 290 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

Gubitak presjeka:

$$d_{(tf)} = \beta_n * t_f = 0,7 * 30 = 21,0\text{mm}$$

Dimenzije poprečnog presjeka nakon 30min požara:

$$b_{(tf)} = b - 2 * d_{(tf)} = 18 - 2 * 2,1 = 13,8\text{cm}$$

$$h_{(tf)} = h - 2 * d_{(tf)} = 10 - 2 * 2,1 = 5,8\text{cm}$$

Ostatak poprečnog presjeka

„opseg“ – zbroj duljina nagorenih stranica ostatka poprečnog presjeka („nagoreni opseg“):

$$u_r = 2 * b_{(tf)} + 2 * h_{(tf)} = 2 * 13,8 + 2 * 5,8 = 39,2\text{cm}$$

Površina nagorenog poprečnog presjeka:

$$A_r = b_{(tf)} * h_{(tf)} = 13,8 * 5,8 = 80,04\text{cm}^2$$

$$\sigma_{t,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_{r,netto}} = \frac{21,81 \cdot 10^3}{0,8 * 80,04 \cdot 10^2} = 3,41 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula elastičnosti:

$$f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 18 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 8 \text{ kN/mm}^2$$

$$G_{05} = 0,625 \text{ kN/mm}^2$$

$$G_{05} = \frac{5}{6} \cdot G_{mean} = \frac{5}{6} \cdot 0,75 = 0,625 \text{ kN/mm}^2$$

Proračunske vrijednosti čvrstoća i modula uz vrijednost koeficijenta modifikacije:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{f_k}{\gamma_{m,fi}}$$

$$E_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{E_{0,05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$G_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{\frac{2}{3} * G_{05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$\gamma_{m,fi} = 1,0$$

$k_{fi} = 1,25$ (za puno drvo, prijelaz na 20% fraktilu)

Za vlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima te za E i G module:

$$k_{mod,E,fi} = k_{mod,G,fi} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{39,2 * 10^{-2}}{80,04 * 10^{-4}} = 0,85$$

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{t,k}}{\gamma_{M,fi}} = 0,85 \cdot 1,25 \cdot \frac{18 \frac{N}{mm^2}}{1,0} = 19,13 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{d,fi} = 0,85 * 1,25 * \frac{8000}{1,0} = 8500 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{d,fi} = 0,85 * 1,25 * \frac{\frac{2}{3} * 625}{1,0} = 442,71 \frac{N}{mm^2}$$

DOKAZ:

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

$$\frac{3,41}{19,13} = 0,18 < 1$$

ZADOVOLJAVA

PODROŽNICE $b/h = 18/20\text{cm}$ **1D internal forces**Values: M_y

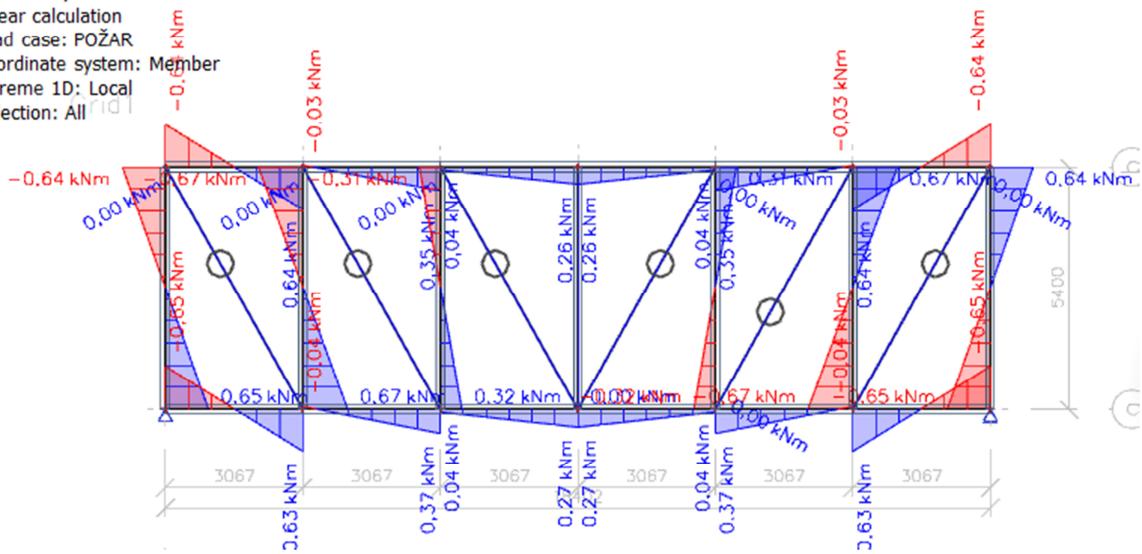
Linear calculation

Load case: POŽAR

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All

*Momentni dijagram***1D internal forces**Values: V_z

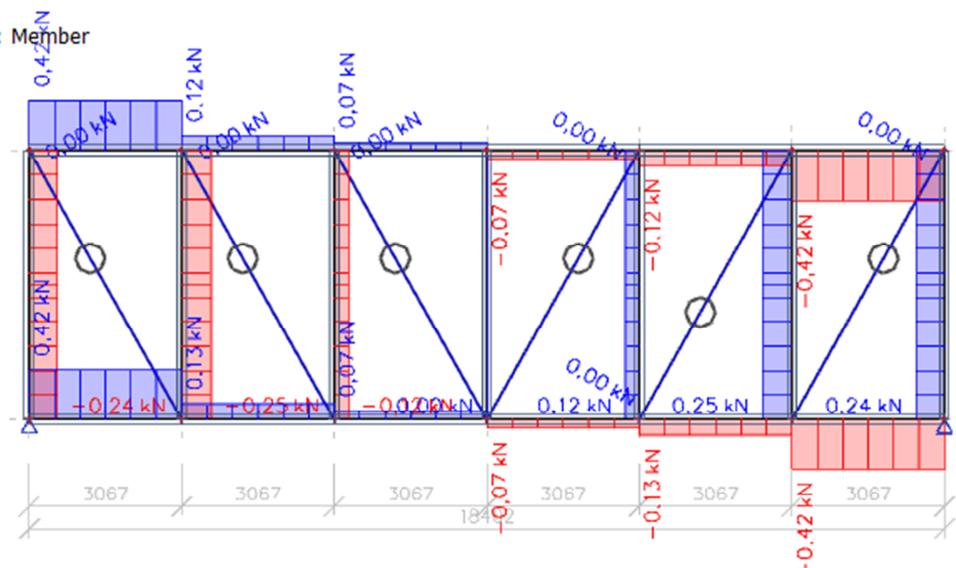
Linear calculation

Load case: POŽAR

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All

*Dijagram poprečnih sila*

1D internal forcesValues: **N**

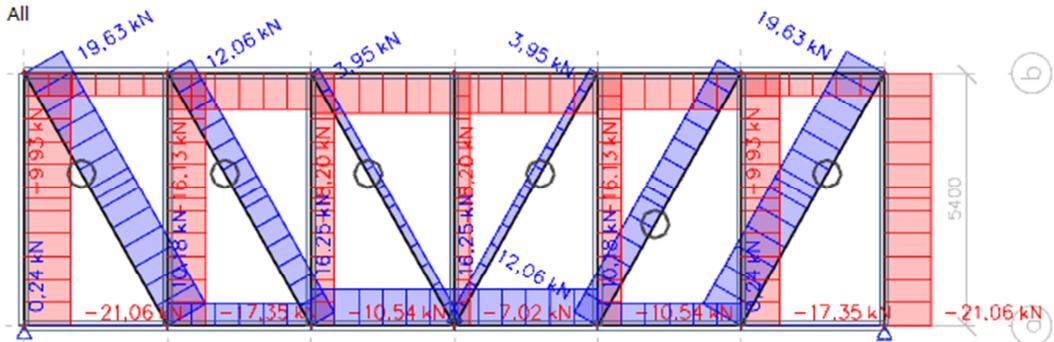
Linear calculation

Load case: POŽAR

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Local

Selection: All



Dijagram uzdužnih sila

$$N_{d,fi} = 21,06 \text{ kN} (\text{tlak})$$

$$M_{d,fi} = 0,64 \text{ kNm}$$

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA

Tražena klasa F30 $\rightarrow t_f = 30 \text{ min}$; $t_f \rightarrow$ potrebno vrijeme vatrootpormosti u min

Brzina nagorijevanja β_n drvene građe

Cjelovito drvo klase C30 $\rightarrow \rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

$\rho_k > 290 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

Gubitak presjeka:

$$d_{(tf)} = \beta_n * t_f = 0,7 * 30 = 21,0 \text{ mm}$$

Dimenzije poprečnog presjeka nakon 30min požara:

$$b_{(tf)} = b - 2 * d_{(tf)} = 18 - 2 * 2,1 = 13,8 \text{ cm}$$

$$h_{(tf)} = h - 2 * d_{(tf)} = 20 - 2 * 2,1 = 15,8 \text{ cm}$$

Ostatak poprečnog presjeka

„opseg“ – zbroj duljina nagorenih stranica ostatka poprečnog presjeka („nagoreni opseg“):

$$u_r = 2 * b_{(tf)} + 2 * h_{(tf)} = 2 * 13,8 + 2 * 15,8 = 59,2 \text{ cm}$$

Površina nagorenog poprečnog presjeka:

$$A_r = b_{(tf)} * h_{(tf)} = 13,8 * 15,8 = 218,04 \text{ cm}^2$$

$$W_{y,r} = \frac{b_{(tf)} * h_{(tf)}^2}{6} = \frac{13,8 * 15,8^2}{6} = 574,17 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_r} = \frac{21,06 \cdot 10^3}{218,04 \cdot 10^2} = 0,97 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{M_{d,fi}}{W_{y,r}} = \frac{0,64 \cdot 10^6}{574,17 * 10^3} = 1,11 \frac{N}{mm^2}$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula elastičnosti:

$$f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 23 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 8 \text{ kN/mm}^2$$

$$G_{05} = 0,625 \text{ kN/mm}^2$$

$$G_{05} = \frac{5}{6} \cdot G_{\text{mean}} = \frac{5}{6} \cdot 0,75 = 0,625 \text{ kN/mm}^2$$

Proračunske vrijednosti čvrstoća i modula uz vrijednost koeficijenta modifikacije:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{f_k}{\gamma_{m,fi}}$$

$$E_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{E_{0,05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$G_{d,fi} = k_{mod,fi} * k_{fi} * \frac{\frac{2}{3} * G_{05}}{\gamma_{m,fi}}$$

$$\gamma_{m,fi} = 1,0$$

$$k_{fi} = 1,25 \text{ (za puno drvo, prijelaz na 20% fraktilu)}$$

Za tlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima:

$$k_{mod,c,fi} = 1 - \frac{1}{125} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{125} * \frac{59,2 * 10^{-2}}{218,04 * 10^{-4}} = 0,78$$

Za savojnu čvrstoću:

$$k_{mod,m,fi} = 1 - \frac{1}{200} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{200} * \frac{59,2 * 10^{-2}}{218,04 * 10^{-4}} = 0,86$$

Za vlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima te za E i G module:

$$k_{mod,E,fi} = k_{mod,G,fi} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{u_r}{A_r} = 1 - \frac{1}{333} * \frac{59,2 * 10^{-2}}{218,04 * 10^{-4}} = 0,92$$

$$f_{c,d,fi} = 0,78 * 1,25 * \frac{23}{1,0} = 22,43 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{m,d,fi} = 0,86 * 1,25 * \frac{30}{1,0} = 32,25 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_{d,fi} = 0,92 * 1,25 * \frac{8000}{1,0} = 9200 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{d,fi} = 0,92 * 1,25 * \frac{\frac{2}{3} * 625}{1,0} = 479,17 \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz stabilnosti:

$$\lambda_{rel,c,z,fi} = \frac{\lambda_{z,fi}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,d,fi}}{E_{d,fi}}} \\ \lambda_{z,fi} = \frac{l_{ef}}{0,289 \cdot b} = \frac{5400}{0,289 \cdot 138} = 135,4$$

$$\lambda_{rel,c,z,fi} = \frac{135,4}{\pi} * \sqrt{\frac{22,43}{9200}} = 2,13$$

$\beta_c = 0,2$ za puno drvo i grede

$$k_{z,fi} = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (2,13 - 0,3) + 2,13^2] \\ = 2,95$$

$$k_{c,z,fi} = \frac{1}{k_{z,fi} + \sqrt{k_{z,fi}^2 - \lambda_{rel,c,z,fi}^2}} = \frac{1}{2,95 + \sqrt{2,95^2 - 2,13^2}} = 0,2$$

Za savijane štapove pravokutnog poprečnog presjeka širine b , $k_{m,fi} = 1,0$, ako je:

$$\frac{(l_{eff} \cdot h)}{b^2} = \frac{540 \text{ cm} \cdot 15,8 \text{ cm}}{13,8^2 \text{ cm}^2} = 44,8 < 140 \Rightarrow k_{m,fi} = 1,0$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,z,fi} * f_{c,0,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,y,d,fi}} = \frac{0,97}{0,2 * 22,43} + \frac{1,11}{1,0 \cdot 32,25} = 0,25 < 1,0$$

ZADOVOLJAVA

8. NACRTI

- 8.1. Generalni plan pozicija**
- 8.2. Radionički nacrt glavnog nosača**
- 8.3. Detalj 1 (dvostruki zasjek)**
- 8.4. Detalj 2 (jednostruki zasjek i čavlani spoj)**
- 8.5. Detalj 3 (čavlani spoj)**
- 8.6. Detalj 4 (jednostruki zasjek i čavlani spoj)**
- 8.7. Detalj 5 (jednostruki zasjek i čavlani spoj)**
- 8.8. Detalj 6 (vlačni nastavak rešetke)**
- 8.9. Detalj 7 (tjesno ugrađeni vijci)**
- 8.10. Detalj 8 (jednostruki zasjek i tjesno ugrađeni vijci)**

9. LITERATURA

<http://gradst.unist.hr/ustroj-fakulteta/katedre/metalne-i-drvene-konstrukcije/preddiplomski-sveucilisni-studij-gra%C4%91evinarstvo/osnove-drvenih-konstrukcija>

<file:///C:/Users/HP/Downloads/5%20PROJEKTIRANJE%20DRVENIH%20KONSTRUKCIJA%20EC5.pdf>

<file:///C:/Users/HP/Downloads/6%20SPAJALA.pdf>

<file:///C:/Users/HP/Downloads/7%20CAVLI,%20VIJCI,%20TRNOVI,%20VIJCI%20ZA%20DRVO%20EC5.pdf>

[file:///C:/Users/HP/Downloads/10%20VATROOTPORNOST%20DK%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/10%20VATROOTPORNOST%20DK%20(1).pdf)

<file:///C:/Users/HP/Downloads/8%20PROSTORNA%20STABILIZACIJA%20EC5.pdf>

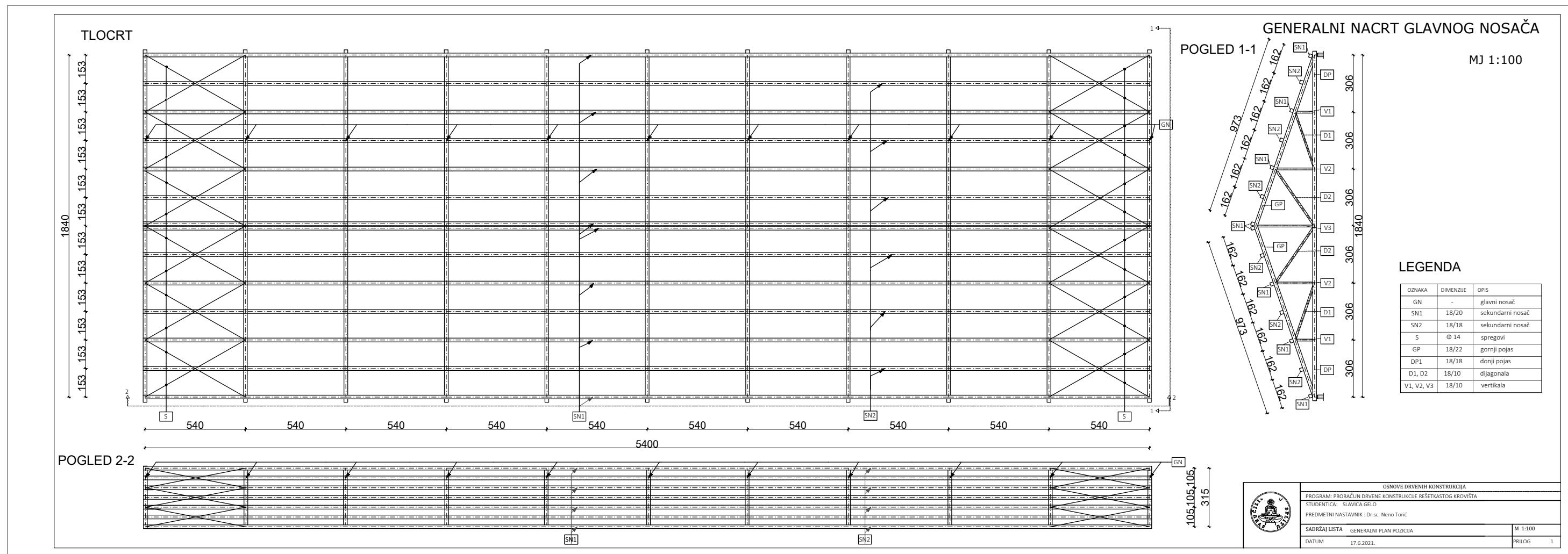
[file:///C:/Users/HP/Downloads/3.%20ANALIZA%20OPTERE%C4%86ENJA%20-%20primjeri%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/3.%20ANALIZA%20OPTERE%C4%86ENJA%20-%20primjeri%20(1).pdf)

[file:///C:/Users/HP/Downloads/1.%20DRVENI%20STUP%20U%20PO%C5%BDARU%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/1.%20DRVENI%20STUP%20U%20PO%C5%BDARU%20(2).pdf)

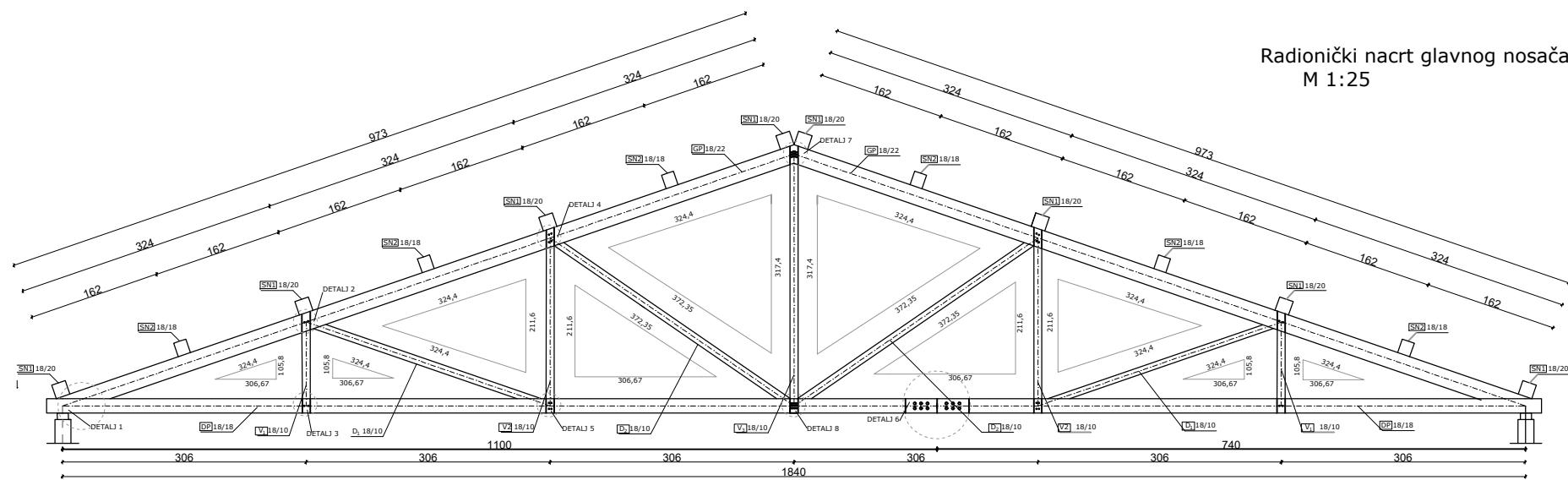
[file:///C:/Users/HP/Downloads/10.%20JEDNOSTRUKI%20ZASJEK%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/10.%20JEDNOSTRUKI%20ZASJEK%20(1).pdf)

[file:///C:/Users/HP/Downloads/11.%20DVOSTRUKI%20ZASJEK%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/11.%20DVOSTRUKI%20ZASJEK%20(1).pdf)

[file:///C:/Users/HP/Downloads/2.%20TIJESNO%20UGRA%C4%90ENI%20VIJCI%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/2.%20TIJESNO%20UGRA%C4%90ENI%20VIJCI%20(1).pdf)

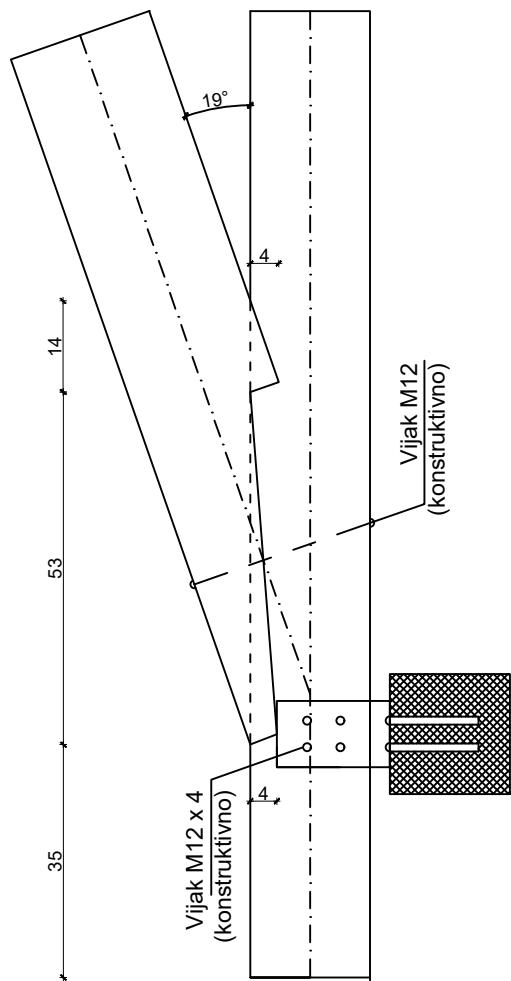
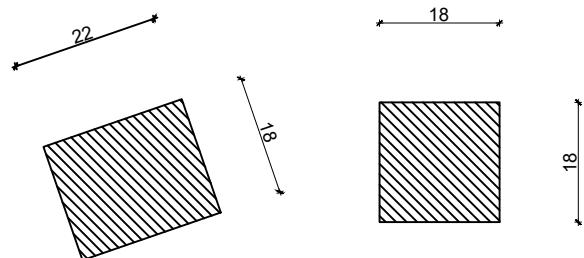


Radionički nacrt glavnog nosača
M 1:25



OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA	
PROGRAM:	PRORACUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVSTA
STUDENTICA:	SLAVICA GELO
PREDMETNI NASTAVNIK:	Dr. sc. Nenad Turić
SADRŽAJ LISTA:	RADIONIČKI NACRT
DATUM:	17.6.2021.
PELUD:	2

DETALJ 1 MJ 1:10



OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA

PROGRAM: PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA

STUDENTICA: SLAVICA GELO

PREDMETNI NASTAVNIK : Dr.sc. Neno Torić

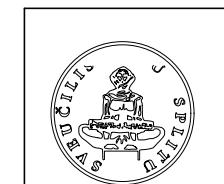
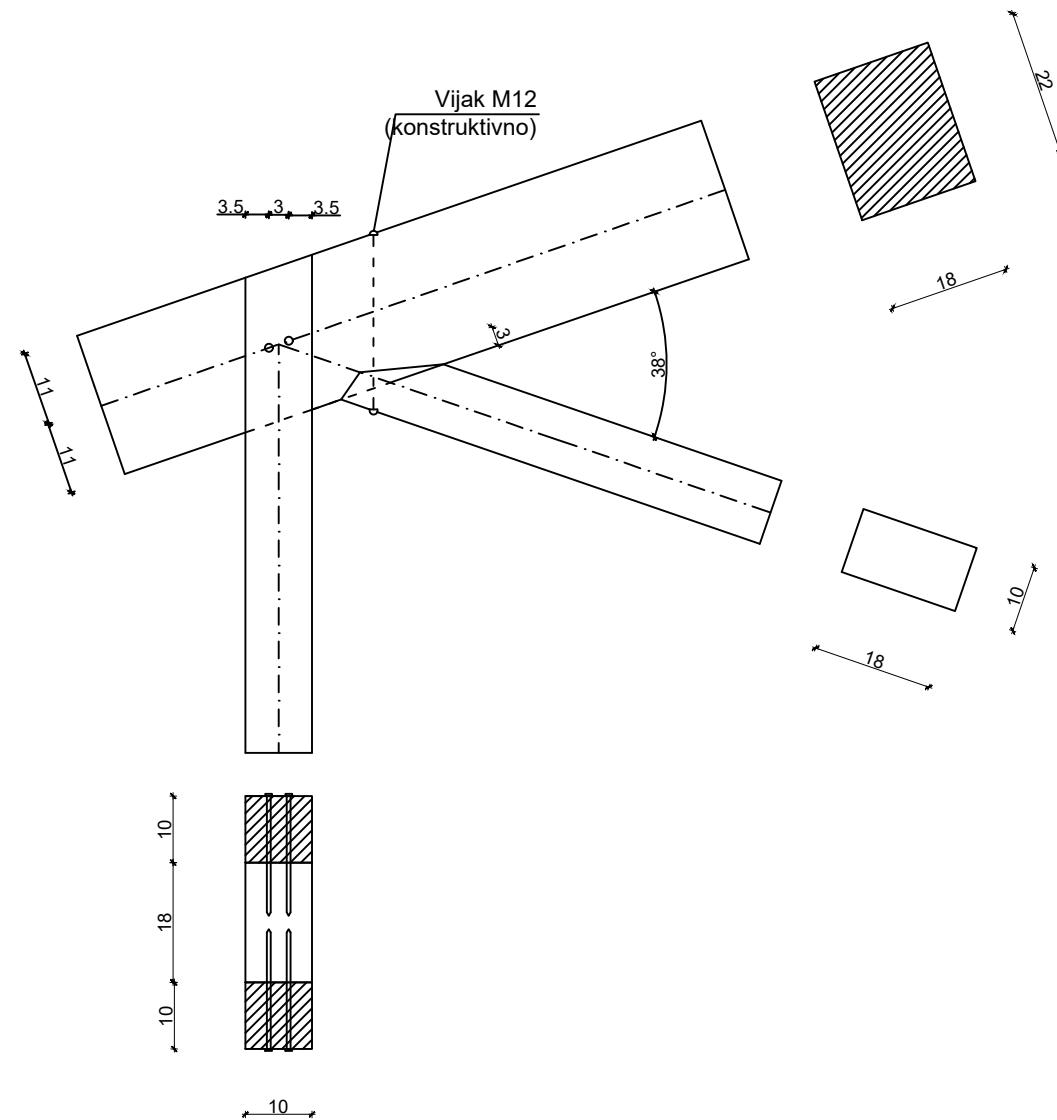
SADRŽAJ LISTA DVOSTRUČKI ZASJEK

DATUM 17.6.2021.

M 1:10

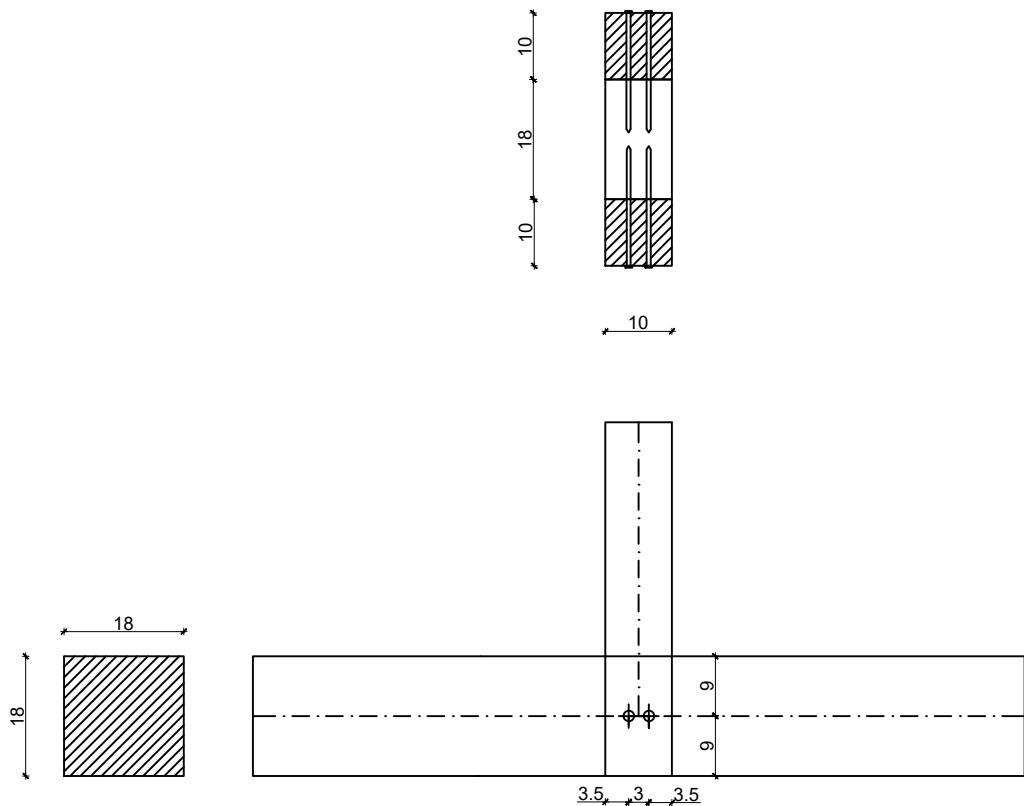
PRILOG 3

DETALJ 2 MJ 1:10



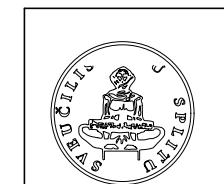
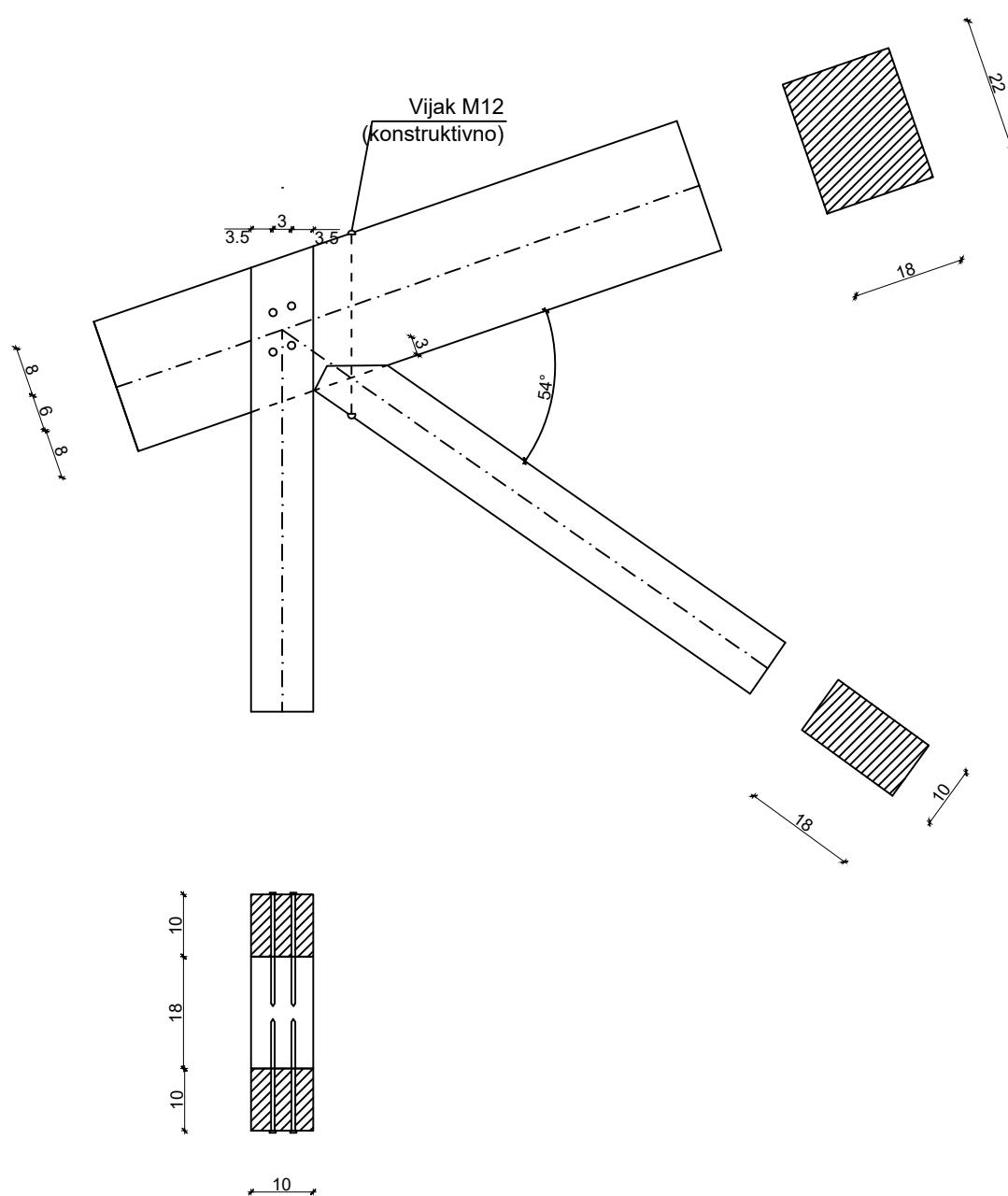
OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA	
PROGRAM: PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA	
STUDENTICA: SLAVICA GELO	
PREDMETNI NASTAVNIK : Dr.sc. Neno Torić	
SADRŽAJ LISTA	JEDNOSTRUČI ZASJEK (D1) I ČAVLJANI SPOJ (V1)
DATUM	17.6.2021.
	M 1:10
	PRILOG 4

DETALJ 3 MJ 1:10



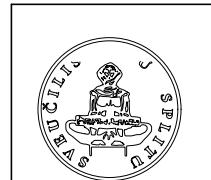
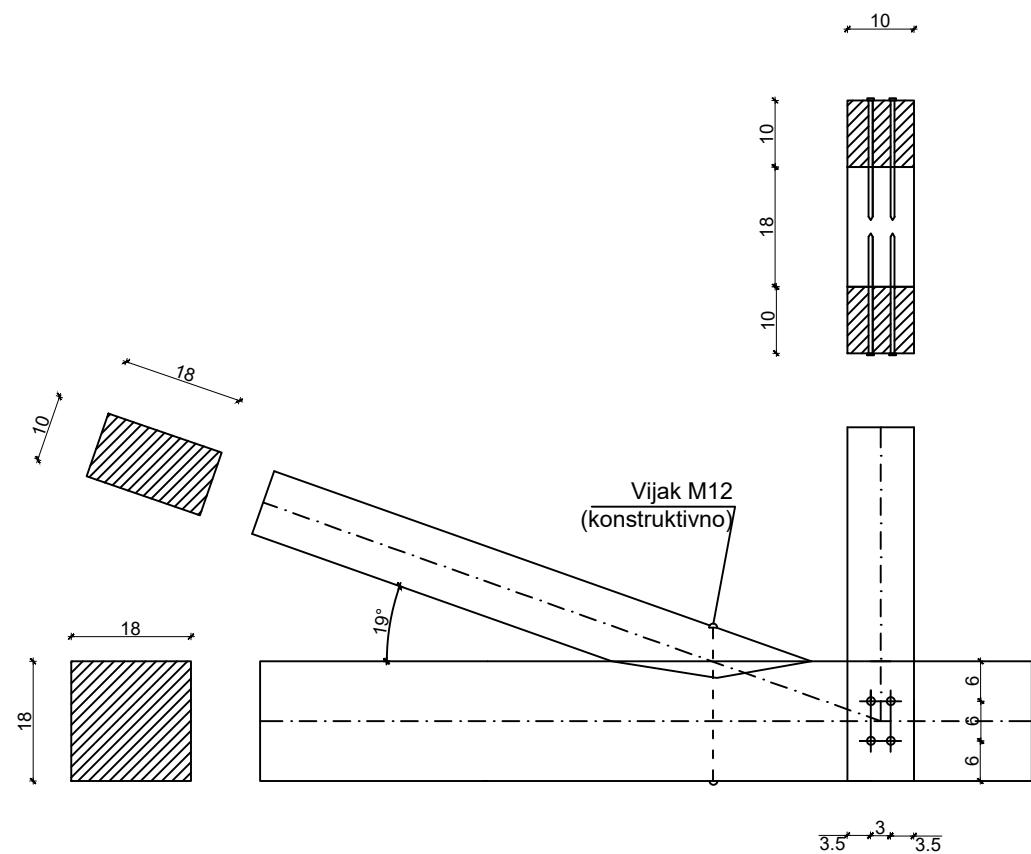
	OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA	
	PROGRAM: PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA	
	STUDENTICA: SLAVICA GELO	
	PREDMETNI NASTAVNIK : Dr.sc. Neno Torić	
	SADRŽAJ LISTA ČAVLANI SPOJ (V1)	M 1:10
	DATUM 17.6.2021.	PRILOG 5

DETALJ 4 MJ 1:10



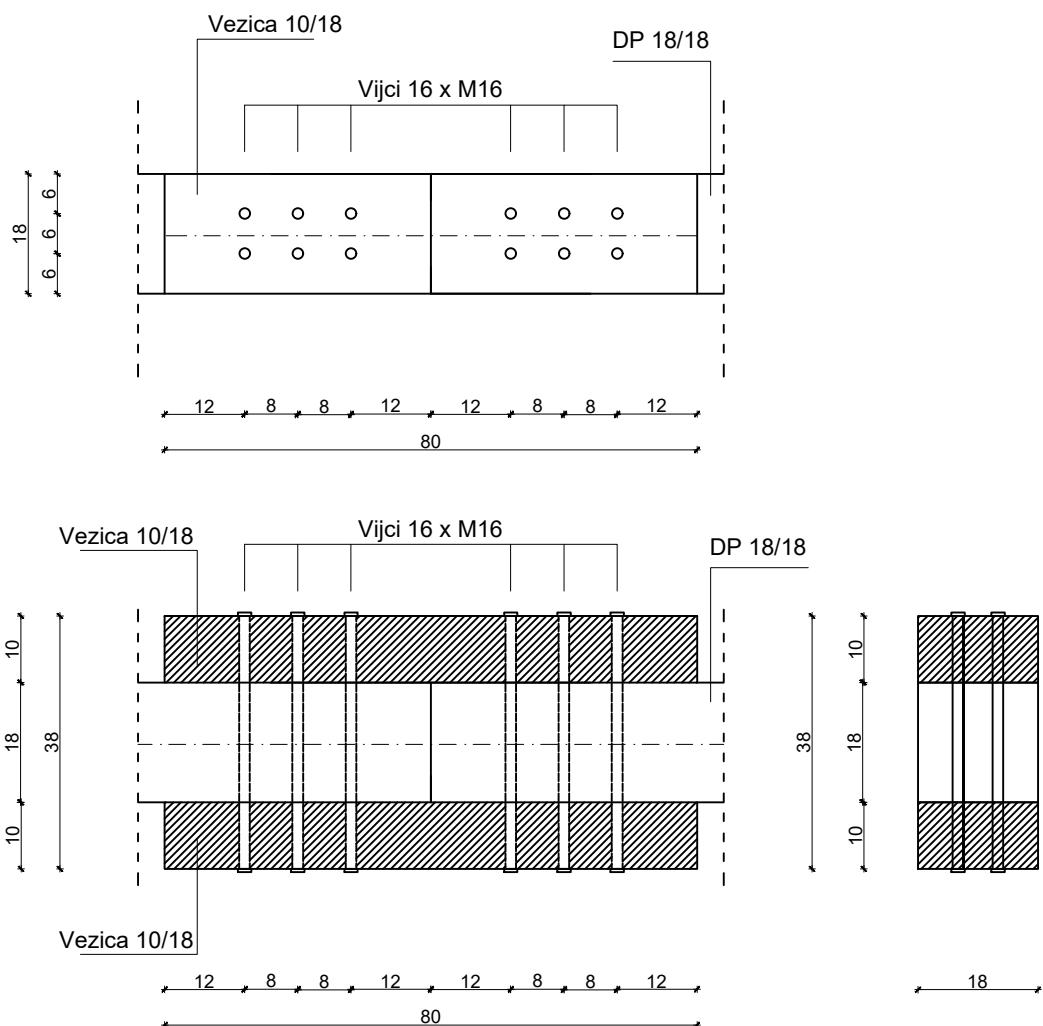
OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA	
PROGRAM: PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA	
STUDENTICA: SLAVICA GELO	
PREDMETNI NASTAVNIK : Dr.sc. Neno Torić	
SADRŽAJ LISTA	JEDNOSTRUKI ZASJEK (D2) I ČAVLJANI SPOJ (V2)
DATUM	17.6.2021.
M 1:10	PRILOG 6

DETALJ 5 MJ 1:10



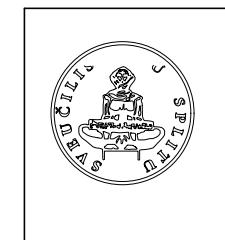
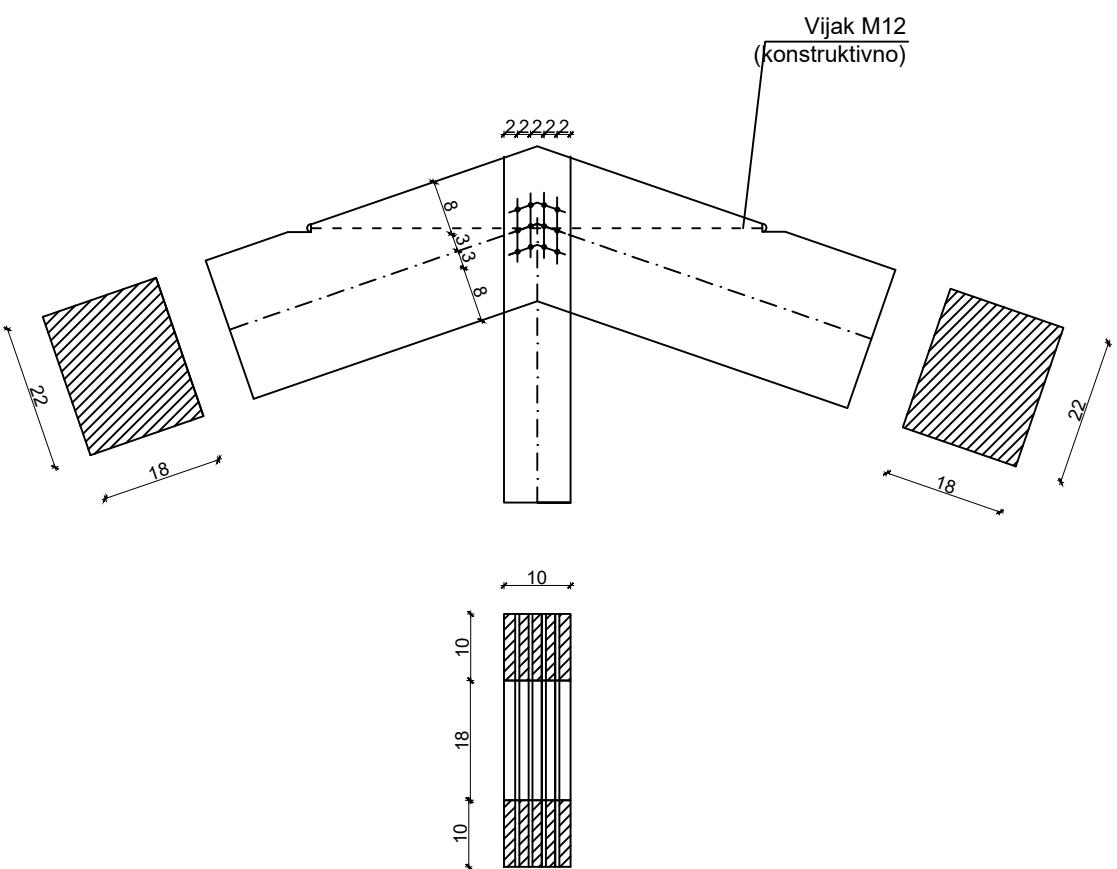
OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA	
PROGRAM: PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA	
STUDENTICA: SLAVICA GELO	
PREDMETNI NASTAVNIK : Dr.sc. Neno Torić	
SADRŽAJ LISTA	JEDNOSTRUKI ZASJEK (D1) I ČAVLJANI SPOJ (V2)
DATUM	17.6.2021.
M 1:10	PRILOG 7

DETALJ 6 MJ 1:10



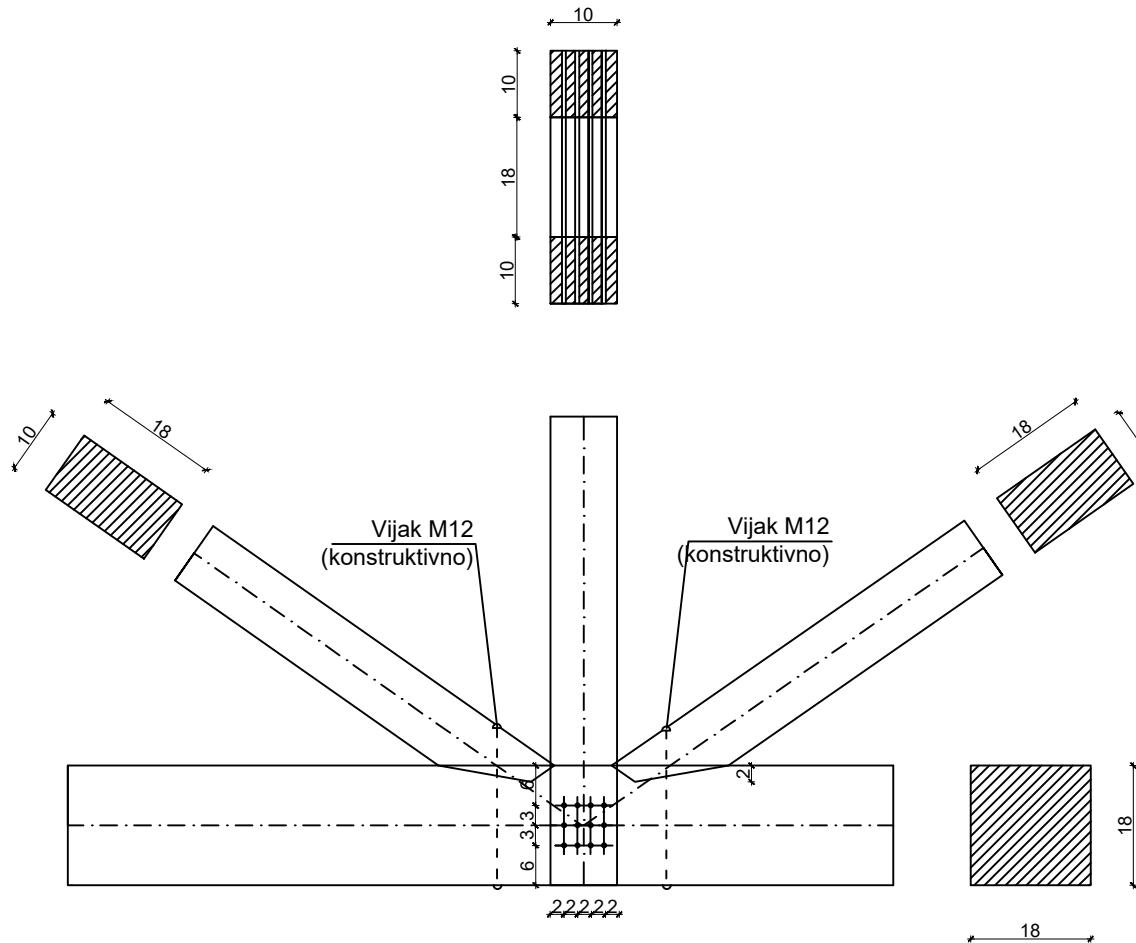
	OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA	
	PROGRAM: PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA	
	STUDENTICA: SLAVICA GELO	
	PREDMETNI NASTAVNIK : Dr.sc. Neno Torić	
	SADRŽAJ LISTA VLAČNI NASTAVAK REŠETKE	M 1:10
DATUM	17.6.2021.	PRILOG 8

DETALJ 7 MJ 1:10



OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA	
PROGRAM: PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA	
STUDENTICA: SLAVICA GELO	
PREDMETNI NASTAVNIK : Dr.sc. Neno Torić	
SADRŽAJ LISTA	TIJESNO UGRAĐENI VIJCI (V3)
DATUM	17.6.2021.
M 1:10	PRILOG 9

DETALJ 8 MJ 1:10



	OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA		
	PROGRAM: PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA		
	STUDENTICA: SLAVICA GELO		
	PREDMETNI NASTAVNIK : Dr.sc. Neno Torić		
	SADRŽAJ LISTA	JEDNOSTRUKE ZASJEK I TIJESNO UGRAĐENI VIJCI	M 1:10
	DATUM	17.6.2021.	PRILOG 10