

GODIŠNJI RAD IZ PREDMETA

METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJA

-METALNE KONSTRUKCIJE-

Kandidat	Rade Tomović
Broj indeksa	202107
Školska godina	2010/2011
Predmetni nastavnik	Doc.dr Bratislav Stipanić
Asistent	

POHAĐANJE I DINAMIČKI PLAN VEŽBANJA

5. semestar		
nedelja	zadatak	paraf
1	predavanja	
2	1	5
3	1	8,5
4	2	8,5
5	2	8,5
6	3	8,5
7	3	10

9,5

## 2. Zadatak

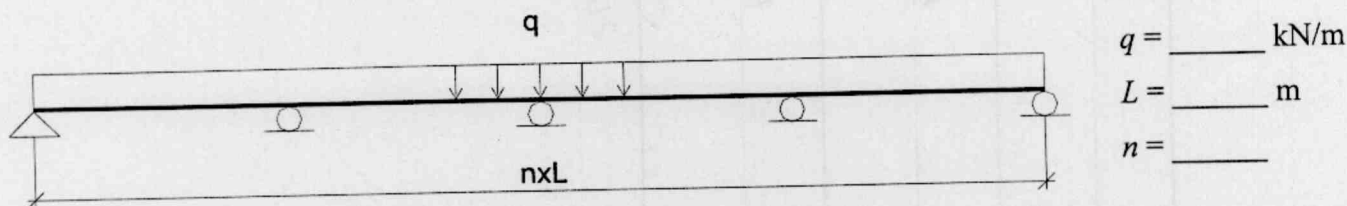
2a.

Dimenzionisati podužni nosač koji je opterećen zadatim opterećenjem. Nosač je kontinualno bočno pridržan. Sračunati i konstruisati krutu vezu podužnog sa poprečnim nosačem na označenom osloncu.

Vezu ostvariti pomoću:

- |   |      |      |
|---|------|------|
| - obrađenih zavrtnjeva klase čvrstoće                               | 5.6  | 6.8  |
| - visokovrednih zavrtnjeva bez sile pritezanja klase čvrstoće       | 8.8  | 10.9 |
| - visokovrednih zavrtnjeva sa punom silom pritezanja klase čvrstoće | 10.9 | 12.9 |

Podužni nosač je u odnosu na poprečni upušten za  $a = \underline{\hspace{2cm}}$  m



2b.

Dimenzionisati podni nosač sistema proste grede koji je opterećen zadatim opterećenjem. Nosač je kontinualno bočno pridržan. Sračunati i konstruisati zglobnu vezu podnog nosača sa:

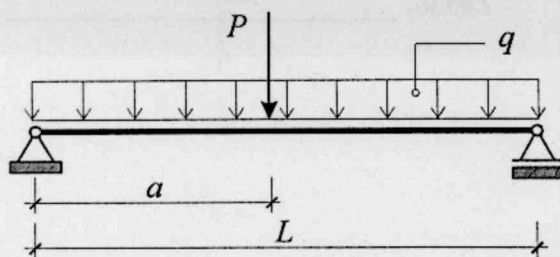
- ☒ stubom
- podvlakom.

Vezu ostvariti pomoću:

- priključnog lima,
- ☒ priključnog ugaonika,
- stolice
- čelone ploče.

Za vezu se primenjuju:

- |   |     |      |                |
|---|-----|------|----------------|
| - neobrađeni zavrtnjevi klase čvrstoće                        | 4.6 | 5.6  | 6.8            |
| - obrađeni zavrtnjevi klase čvrstoće                          |     | 4.6  | <u>5.6</u> 6.8 |
| - visokovredni zavrtnjevi bez sile pritezanja, klase čvrstoće | 8.8 | 10.9 |                |



$$q = \underline{12} \text{ kN/m}$$

$$P = \underline{120} \text{ kN}$$

$$a = \underline{3} \text{ m}$$

$$L = \underline{7} \text{ m}$$

Osnovni materijal:

Slučaj opterećenja:

Radionički crtež dati u razmeri:

S235 S275 S355

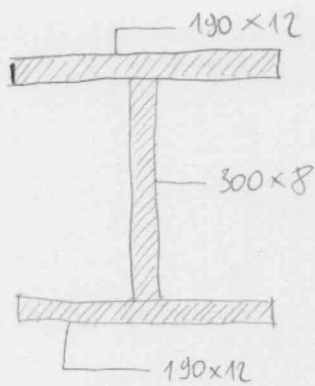
I II III

1:5 1:10

Napomena: pri crtanju, dimenzije stuba odnosno podvlake usvojiti proizvoljno.

Datum: 22/2020

Zadao: [Signature]



Osnovni materijal: S355

Obradjeni zavrtulji klase čvrstoće: 6.8

Slučaj opterećenja: II

Za S355 i drugi slučaj opterećenja

$$\sigma_{dop} = 265 \text{ MPa} = 26,5 \text{ kN/cm}^2$$

Za obrađene zavrtulje klase 6.8

$$\sigma_{t, dop} = 18,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{dop} = 24,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{b, dop} = 53 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun nastavka nožice

$$\text{Površina nožice } A_f = 19 \cdot 1,2 = 22,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Zavrtuljevi } d_0 = \sqrt{5 \cdot t_{f, min}} = 0,2 \text{ [cm]}$$

$$d_0 \Rightarrow M16 \dots 6.8$$

Proračun općine nožice na mestu nastavka

$$A_{f, net} \geq A_f \Rightarrow (b_f - n_1 \cdot d_0) \cdot t_f^* \geq A_f$$

$$(19 - 2 \cdot 1,7) \cdot t_f^* \geq 22,8 \Rightarrow t_f \geq 1,46$$

$$\text{Uzima se } t_f = 16 \text{ mm}$$

$$\text{nožice } 190 \times 16$$

### Proračun općina na nožicama

Širina spoljašnjih podvezica 190 mm

Širina unutrašnjih podvezica 80 mm

$$A_{t,p,net} \geq A_t$$

$$(b_{p,1} + 2b_{p,2} - 2n_1 \cdot d) \cdot t_{t,p} \geq A_t$$

$$(19 + 2 \cdot 8 - 2 \cdot 2 \cdot 1,7) \cdot t_{t,p} \geq 22,8$$

$$t_{t,p} \geq 0,81 \text{ cm} \Rightarrow \text{Uvaga se } \underline{t_{t,p} = 10 \text{ mm}}$$

$$190 \times 10 + 2 = \overset{70}{80} \times 10$$

### Proračun zavrtnjeva na nožicama

$$F_b = 1,6 \cdot 1,7 \cdot 53 = 144,16 \text{ kN}$$

$$F_v = 2 \cdot \frac{1,7^2 \cdot 21}{4} \cdot 24 = 108,95 \text{ kN} = F_{v,dop}$$

$$n_t = \frac{A_t \cdot 2_{dop}}{F_{v,dop}} = \frac{22,8 \cdot 26,5}{108,95} = 5,55$$

$$\text{Uvaga se } n_t = 6 \quad 2 \times 3 = 6 \text{ M16} \dots 6,8$$

### Proračun nastavka rebra

$$\text{Površina rebra } A_w = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ cm}^2$$

$$\text{Zavrtnjovi M12} \dots 6,8$$

Proračun općina rebra na mestu nastavka

$$A_w^*_{net} \geq A_w$$

$$(d - n_1 \cdot d_o) \cdot t_w^* \geq A_w$$

$$(30 - 6 \cdot 1,3) \cdot t_w^* \geq 30 \Rightarrow t_w^* \geq 1,35$$

$$\text{Uvaga se } t_w^* = 1,4 = 14 \text{ mm} \quad \underline{(300 \times 14)}$$

### Proračun podvezice

Obastrane podvezice - u 6 redova

$$h_p = 2d_0 + 5 \cdot 3d_0 + 2d_0 = 2 \cdot 13 + 5 \cdot 3 \cdot 13 + 2 \cdot 13 = 247 \text{ mm}$$

Uvijek se  $h_p = 260 \text{ mm}$

$$A_{w, \text{pinet}} \geq A_w \Rightarrow 2(h_p - n_1 \cdot d_0) t_{wip} \geq A_w$$

$$\Rightarrow 2(26 - 4 \cdot 1,3) \cdot t_{wip} \geq 24 \Rightarrow t_{wip} \geq 0,58$$

$$t_{wip} = 0,8 \text{ cm} \Rightarrow 2 = 260 \times 8$$

### Proračun zavrtnjova

$$F_b = 1,4 \cdot 1,3 \cdot 53 = 96,46 \text{ kN}$$

$$F_v = 2 \cdot \frac{1,3^2 \cdot \sqrt{t}}{4} \cdot 24 = 63,71 \text{ kN} \Rightarrow F_{v, \text{dop}} = 63,71 \text{ kN}$$

$$n_w = \frac{A_w \cdot 2_{\text{dop}}}{F_{v, \text{dop}}} = \frac{24 \cdot 26,5}{63,71} = 9,98$$

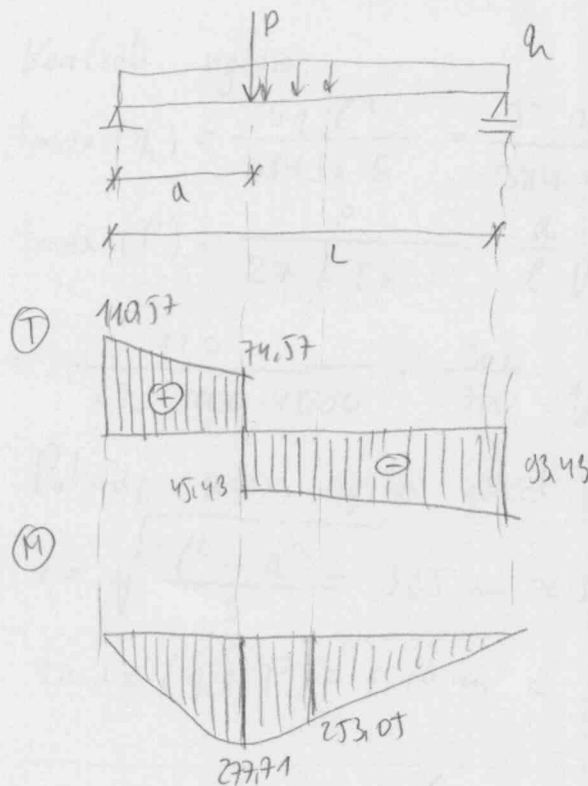
$$n_w = 10 \quad 2 \times 5 = 10 \text{ M12} \dots 6,8$$

17.12.2010  
8.4

Zadatak 2b:

Osnovni materijal S275:  $\Rightarrow \sigma_{dop} = 18,5 \text{ kN/cm}^2$   $\tau_{dop} = 10,5 \text{ kN/cm}^2$   
 Slučaj opterećenja I

Obradeni zavrtljivi klase čvrstoća: S16  $\Rightarrow \sigma_{b,dop} = 37 \text{ kN/cm}^2$   
 $\tau_{dop} = 17,5 \text{ kN/cm}^2$



$$P = 120 \text{ kN}$$

$$q = 12 \text{ kN/m}$$

$$a = 5 \text{ m}$$

$$L = 7 \text{ m}$$

priključni aparati za stub

$$T_{max} = 110,57 \text{ kN}$$

$$M_{max} = 277,71 \text{ kNm}$$

$$W_{pot} = \frac{M_{max}}{\sigma_{dop}} = \frac{277,71 \cdot 100}{18,5}$$

$$W_{pot} = 1501,14$$

Uznapamo IPE 500

$$\text{IPE 500: } h = 500 \text{ mm}$$

$$b_t = 200 \text{ mm}$$

$$s(t_w) = 102 \text{ mm}$$

$$t(t_f) = 16 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$I_x = 48200 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 1930 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 1100 \text{ cm}^2$$

$$d = h - 2 \cdot t_f$$

$$d = 50 - 2 \cdot 16$$

$$d = 18 \text{ mm}$$

Kontrola napona:

Presek nad osloncem  $T_{max} = 110,57 \text{ kN}$

$$\tau = \frac{T_{max} \cdot S_x}{I_x \cdot t_w} = \frac{110,57 \cdot 1100}{48200 \cdot 1,02} = 2,47 \text{ kN/cm}^2 < \tau_{dop} = 10,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Presek u polju  $M_{max} = 277,71 \text{ kNm}$   $T_{dop} = 74,57 \text{ kN}$

$$\sigma = \frac{277,71}{1930} = 14,39 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \sigma_{dop} = 18,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



# Zadatak br. 1

Kandidat Rade Tomović 202107

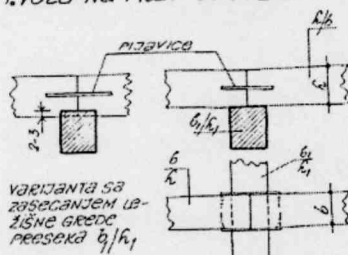
šk. 2010/11.

Označenu tesarsku vezu nacrtati u razmeri 1:10 u tri projekcije, sa svim kotama potrebnim za izvršenje.

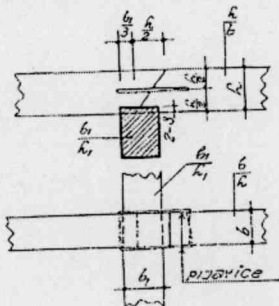
Drveni preseći:  $b_1/h_1 = 3x/4y$  cm,  $b/h = 2x/3y$  cm.

Spojna sredstva:  $d = x/3$  cm.

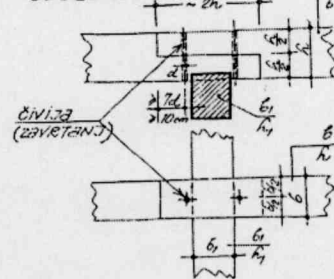
1. VEZA NA PRAV SUČELJAK



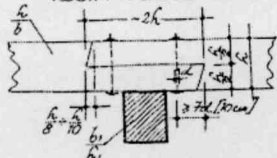
2. VEZA NA KOS SUČELJAK



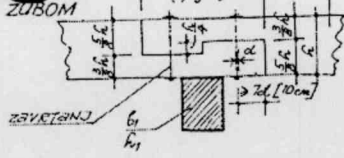
3. VEZA NA PRAV LIST SA PRAVIM SUČELJKOM



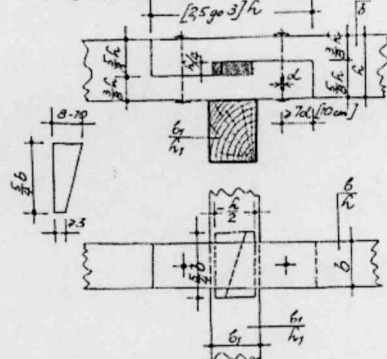
4. VEZA NA PRAV LIST SA KOSIM SUČELJKOM



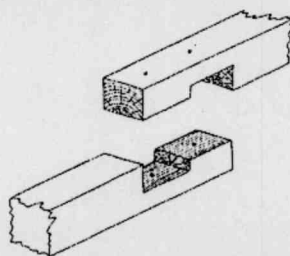
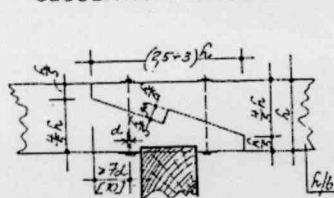
5. PRAV LIST SA PRAVIM SUČELJKOM I ZUBOM



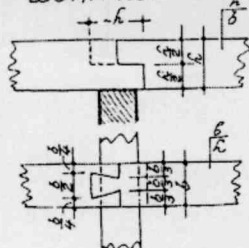
6. PRAV LIST SA PRAVIM SUČELJKOM, ZUBOM I KLINOM



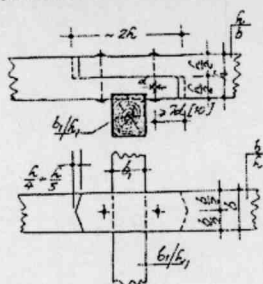
10. KOS LIST SA PRAVIM SUČELJKOM I ZUBOM



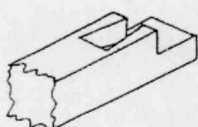
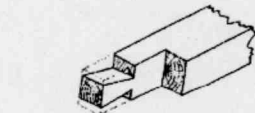
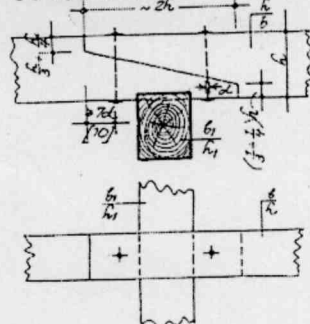
7. PRAV LIST SA VEZOM NA LISTIN REP



8. VEZA NA PRAV LIST SA SUČELJKOM NA PERO



9. KOS LIST SA PRAVIM SUČELJKOM

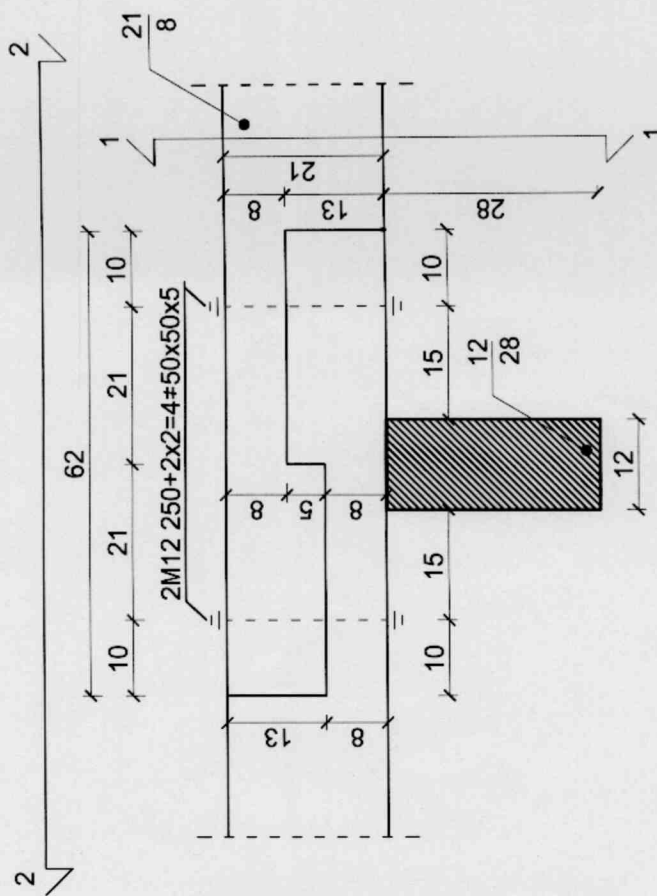


## Napomene:

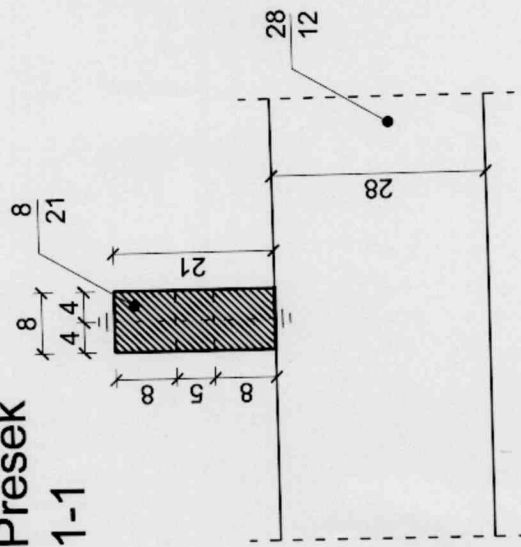
- $x$  i  $y$  su brojevi slova u imenu i prezimenu kandidata, tako da je  $x \leq y$ ;
- dimenzije drvenih preseka zaokružiti na 1cm, a prečnik spojnog sredstva na 0,1 cm.

# 5. Prav list sa pravim sučeljkom i zubom

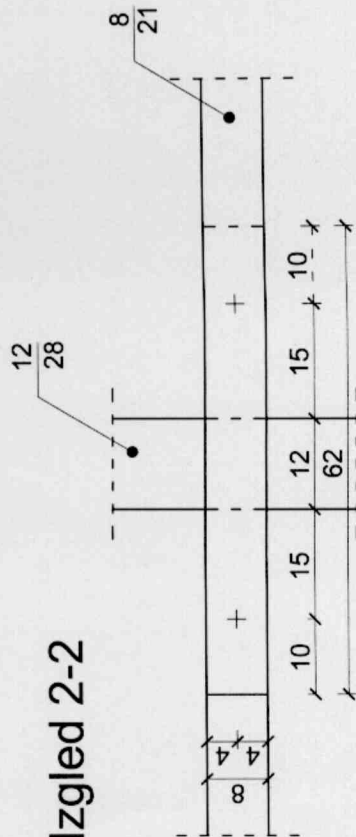
Razmera R 1:10



Presek  
1-1



Izgled 2-2



JS



## Zadatak br. 2

Kandidat

Rade Tomović 202107

7 J. J. J.

1. Dimenzionisati štap od četinara II klase čiji je poprečni presek:

✓ krug

– kvadrat

– pravougaonik (odnos strana  $h/b=1,2$ )

Štap je dužine  $l = x$  [m], na oba kraja uklješten, simetrično oslabljen sa dve rupe prečnika  $d=16$  mm i opterećen:

a) silom zatezanja  $Z = 80 \cdot x$  [kN]b) silom pritiska  $P = 10 \cdot y$  [kN]

Za usvojene preseke izvršiti kontrolu napona.

2. Dimenzionisati nosač kvadratnog poprečnog preseka, sistema proste grede, raspona  $l = x$  [m], koji je opterećen:

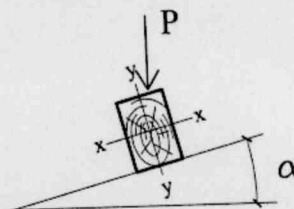
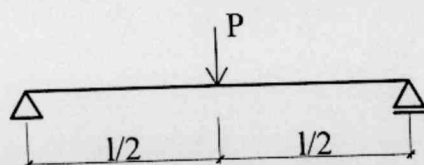
– jednako podeljenim opterećenjem  $g = \frac{x}{3}$  [kN/m]

– koncentrisanom silom  $P = 2 \cdot y$  [kN] u sredini raspona

Dopušteni ugib  $f_{dop} = l/200$ . Za usvojene preseke kontrolisati stvarni napon i ugib. Građa: četinari II klase.

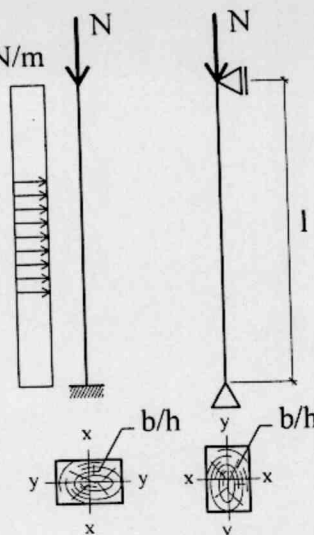
3. Dimenzionisati nosač pravougaonog poprečnog preseka (odnos strana 1,5). Nosač je sistema proste grede raspona  $l$ , a opterećen je na koso savijanje koncentrisanom silom  $P$  u sredini raspona. Za usvojene dimenzije poprečnog preseka izvršiti kontrolu napona i ugiba. Građa: četinari I klase.

$$P = \frac{y}{2} \text{ [kN]} \quad l = \frac{y}{2} \text{ [m]} \quad f_{dop} = \frac{l}{300} \quad \alpha = (45 - 4 \cdot x)^\circ$$



4.

$g = 1.4$  kN/m



Za stub, opterećen na način prikazan na skici, odrediti maksimalnu silu  $N$ . Za usvojenu maksimalnu silu izvršiti kontrolu napona i ugiba. Građa: četinari I klase.

Napomena: uticaj normalne sile na ugib zanemariti.

$$h = 26 \text{ cm}$$

$$b = 7 + y \text{ [cm]}$$

$$l = 3 + 0,1 \cdot y \text{ [m]}$$

$$f_{dop} = \frac{l}{150}$$

Napomene:

–  $x$  je broj slova u imenu, a  $y$  broj slova u prezimenu kandidata;

– dimenzije preseka i  $f_{dop}$  zaokružiti na 1 cm, raspone na 10 cm, sile na 1 kN, a opterećenje na 0,1 kN/m.

DRVENE KONSTRUKCIJE

### Osnovni dopušteni naponi\*:

- za konstrukcije od punog (monolitnog) drveta: vlažnost drveta od 18%;
- za konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta: vlažnost drveta od 15%.

OSNOVNI DOPUŠTENI NAPONI $N/cm^2$		MONOLITNO DRVO					LEPLJENO LAMELIRANO DRVO			
VRSTA NAPREZANJA	OZNAKA	SMREKA, JELA, BOR (BELI I CRNI) <i>ČETINARI</i>			HRAST BUKVA <i>LIŠĆARI</i>		JELA SMREKA BOR		HRAST BUKVA	
		KLASA					KLASA			
		I	II	III	I	II	I	II	I	II
SAVIJANJE	$\sigma_{md}$	1300	1000	700	140Q	1200	1400	1100	1620	1370
ZATEZANJE	$\sigma_{t  d}$	1050	850	0	1150	1000	1050	850	1800	1080
PRITISAK	$\sigma_{c  d}$	1100	850	600	1200	1000	1100	850	1500	1200
PRITISAK UPRAVNO NA VLAKNA	$\sigma_{c\perp d}$	200	200	200	300	300	200	200	490	430
SMICANJE	$\tau_{  d}$	90	90	90	120	120	90	90	150	150
SMICANJE OD POPREČNE SILE	$\tau_{m  d}$	90	90	90	120	120	120	120	130	110
PRESECANJE VLAK.	$\tau_{\perp d}$	350	300	250	400	350	350	300	400	250

\* Osnovni dopušteni naponi su dopušteni naponi za osnovno opterećenje. Za slučaj zajedničkog delovanja osnovnog i dopunskog opterećenja, osnovni dopušteni naponi mogu biti povećani za 15%. Kod zajedničkog delovanja osnovnog, dopunskog i naročitog opterećenja dopušta se povećanje osnovnih dopuštenih napona za 50%.

Dopušteni napon pritiska pod uglom  $\alpha$  u odnosu na vlakna izračunava se prema izrazu:

$$\sigma_{c\alpha,d} = \sigma_{c||d} - (\sigma_{c||d} - \sigma_{c\perp d}) \sin \alpha,$$

gde je  $\alpha$  ugao između smera delovanja sile i vlakana.

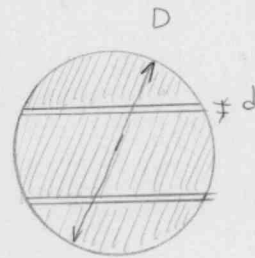
### Osnovne vrednosti modula elastičnosti i modula klizanja:

- za konstrukcije od punog (monolitnog) drveta: vlažnost drveta od 18%;
- za konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta: vlažnost drveta od 15%.

MODUL ELASTIČNOSTI I MODUL KLIZANJA $kN/cm^2$						
VRSTA DRVETA	MONOLITNO DRVO			LEPLJENO LAMELIRANO DRVO		
	MODUL ELASTIČNOSTI		MODUL KLIZANJA	MODUL ELASTIČNOSTI		MODUL KLIZANJA
	$E_{  }$	$E_{\perp}$	G	$E_{  }$	$E_{\perp}$	G
ČETINARI	1000	30	50	1100	30	50
TVRDO DRVO	1250	60	100			

1. - Zetinari II klase

$$l = 4 \text{ m} ; d = 16 \text{ mm} \quad D = ?$$



a)  $Z = 320 \text{ kN}$

b)  $P = 70 \text{ kN}$

a)  $A = \frac{D^2 \sigma_T}{4} - 2D \cdot d$

$$\sigma = \frac{Z}{A} = \frac{320}{A} \leq \sigma_{tild}$$

$$\sigma_{tild} = 850 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \frac{320 \cdot 10^3}{A} \leq 850$$

$$A \geq \frac{320 \cdot 10^3}{850} = 376,47 \text{ cm}^2$$

$$0,7854 D^2 - 3,2 D \geq 376,47$$

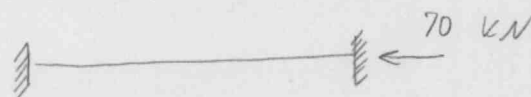
$$D = \frac{3,2 + \sqrt{3,2^2 + 0,7854 \cdot 376,47 \cdot 4}}{2 \cdot 0,7854}$$

$$D \geq 24,02 \text{ cm}, \text{ uzvairamo } D = 25 \text{ cm}$$

$$A_{uzv} = \frac{25^2 \sigma_T}{4} - 2 \cdot 25 \cdot 1,6 = 410,87 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{320 \cdot 10^3}{410,87} = 778,83 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} < \sigma_{tild}$$

b)



$$P = 70 \text{ kN}$$

$$l = 4 \text{ m}$$

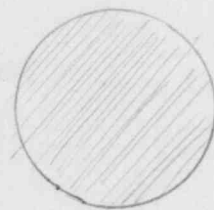
$$\frac{D^2 \sigma_T}{4} = A ; \sigma_{tild} = 850 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$I_i = 0,65 l$$

$$I = \frac{D^4 \sigma_T}{64}$$

$$S = \frac{D^3}{12}$$

$$W = \frac{D^3 \sigma_T}{32}$$



Rode Tamarē 202107

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{D^4 \sqrt{I}}{64}}{\frac{D^2 \sqrt{I}}{4}}} = \sqrt{\frac{D^2}{16}} = \frac{D}{4}$$

$$Z_{cII} = \omega \cdot \frac{P}{A} ; \quad \lambda = \frac{e_i}{i} = \frac{0,65 \cdot 400}{\frac{D}{4}} = \frac{1040}{D}$$

Pretp.  $\lambda > 75 \Rightarrow \omega = \frac{\lambda^2}{3100} = \frac{\left(\frac{1040}{D}\right)^2}{3100}$

$$\omega = \frac{348,90}{D^2} \Rightarrow Z_{cII} = \frac{348,90}{D^2} \cdot \frac{70 \cdot 10^3}{\frac{D^2 \sqrt{I}}{4}}$$

$$Z_{cII} = \frac{24423225,81}{\frac{D^4 \sqrt{I}}{4}} \leq Z_{cII,d} \Rightarrow D^4 \geq 36584,26$$

$$D \geq 13,83 \text{ cm} ; \text{ usvajamo } D = 14 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{0,65 \cdot 400}{\frac{14}{4}} = 74,29 \Rightarrow \text{nije dobra pretpostavka}$$

$$\lambda < 75 \quad \omega = \frac{1}{1 - 0,18 \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2} = \frac{1}{1 - 0,18 \left(\frac{1040}{100}\right)^2}$$

$$\omega = \frac{1}{D^2 - 86,528} = \frac{D^2}{D^2 - 86,528}$$

$$Z_{cII} = \omega \cdot \frac{P}{A} = \frac{D^2}{D^2 - 86,528} \cdot \frac{70 \cdot 10^3 \cdot 4}{D^2 \sqrt{I}} = \frac{89126,77}{D^2 - 86,528} \leq Z_{cII,d}$$

$$(D^2 - 86,528) \cdot 850 \geq 89126,77$$

$$850 D^2 \geq 161675,57 \Rightarrow D^2 \geq 191,38 \quad D \geq 13,83$$

$$D = 14 \text{ cm} \Rightarrow \omega = 1,79$$

$$Z_{cII} = 1,79 \cdot \frac{70 \cdot 10^3}{153,94} = 811,14 < 850$$

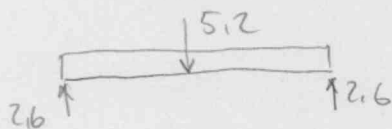
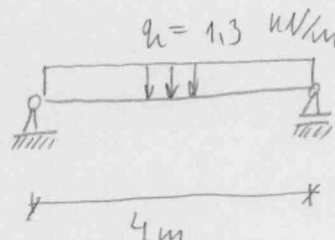
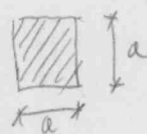
2.

a)  $l = 4 \text{ m}$

$q_n = 1,3 \text{ kN/m}$

$f_{\text{dop}} = 2 \text{ cm}$

četvrti II klase



(T)

$\max T = 2,6 \text{ kN}$

$\max M = 2,6 \text{ kNm}$



(M)

Uslovi:

po  $\sigma_m = \frac{\max M}{W} \leq \sigma_{m,d}$

$\sigma_{m,d} = 1000 \text{ N/cm}^2$

$\frac{2,6 \cdot 10^3 \cdot 10^2}{\frac{a^3}{6}} \leq 1000 \Rightarrow a^3 \geq \frac{2,6 \cdot 10^5}{\frac{1000}{6}} = 1560 \text{ cm}^3$

$a \geq \sqrt[3]{1560} \approx 11,60 \text{ usvd } 2 \text{ m} \quad |a^{(1)} = 12 \text{ cm}|$

po  $\tau_{mII}$

$\tau_{mII} = \frac{3}{2} \frac{T_{\max}}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2,6 \cdot 10^3}{a^2} \leq \tau_{mII,d} = 90 \text{ N/cm}^2$

$a^2 \geq \frac{3 \cdot 2,6 \cdot 10^3}{180} \geq 43,33 \Rightarrow a \geq \sqrt{43,33}$

$a \geq 6,58 \text{ cm} \quad |a^{(2)} = 7 \text{ cm}|$

po ugibima

$f = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E_{II} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,3 \cdot 400^4}{1000 \cdot \frac{a^4}{12} \cdot 10^3} \leq f_{\text{dop}} = 2 \text{ cm}$

$f = \frac{433,33}{\frac{a^4}{12}} = \frac{12 \cdot 433,33}{a^4} \leq 2 \Rightarrow a^4 \geq 26000$

$a \geq 12,69 \text{ cm} \quad |a^{(3)} = 13 \text{ cm}|$

$$a_{max} = \max \{ a^{(1)}, a^{(1)}, a^{(3)} \}$$

$$a_{max} = a = 13 \text{ cm}$$

Kontrola:

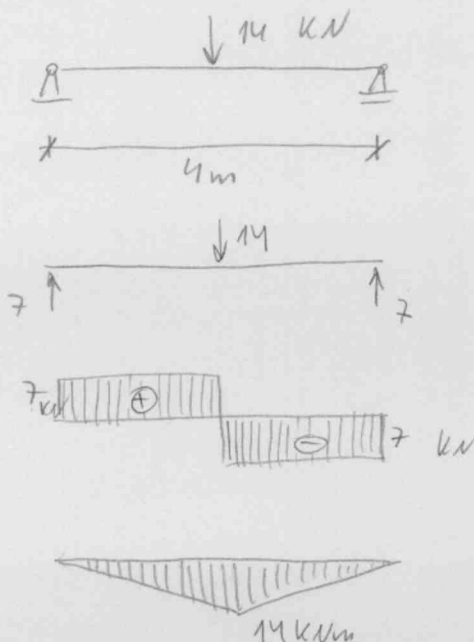
$$b_{min} = \frac{2.6 \cdot 10^5}{\frac{13^3}{6}} = 710,06 < 1000 \quad \textcircled{1}$$

$$T_{min} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2.6 \cdot 10^3}{13^2} = 23,08 < 90 \quad \textcircled{1}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{13 \cdot 400 \cdot \textcircled{4}!}{1000 \cdot 10^3 \cdot \frac{13^4}{12}} = 1,82 \cdot 1,13 \text{ cm} < 2 \text{ cm} \quad \textcircled{1}$$

*Svega? proveriti*

b)



$$f_{dop} = 2 \text{ cm}$$

$$T_{max} = 7 \text{ kN}$$

$$M_{max} = 14 \text{ kNm}$$

$$b_m = \frac{M_{max}}{W} \leq b_{m,d}$$

$$b_m = \frac{6 \cdot 1400}{a^3} \leq 1$$

$$a^3 \geq 8400 \Rightarrow a \geq \sqrt[3]{8400}$$

$$a \geq 20,43 \text{ cm} \approx 20,33 \text{ cm}$$

$$\underline{a = 10 \text{ cm} = a^{(1)} = 21 \text{ cm}}$$

*Svega?*

$$T_{max} = \frac{3}{2} \frac{T_{max}}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{7 \cdot 10^3}{a^2} \leq 90$$

$$a^2 \geq 116,67 \Rightarrow a \geq \sqrt{116,67} \Rightarrow a \geq 10,80 \text{ cm}$$

Uzvaigmo  $a = 11 \text{ cm} = a^{(1)}$

$$f = \frac{1}{48} \frac{p l^3}{E_{II} \cdot I} = \frac{17 \cdot 400^3 \cdot 10^3}{48 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot \frac{a^4}{12}} \Rightarrow a^4 \geq 112000$$

$$a \geq \sqrt[4]{112000} \quad a \geq 18,29 \text{ cm}$$

Uzvaigmo  $a^{(1)} = 19 \text{ cm}$

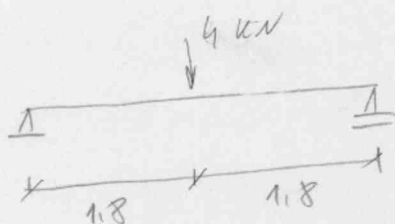
$$a = \max \{ a^{(1)}; a^{(2)}; a^{(3)} \} = 22 \text{ cm } 21 \text{ cm}$$

$$z_m = \frac{140 \cdot 6}{21^3} = \frac{0.0907}{0.112} < \frac{0.155}{0.112} \quad \textcircled{T}$$

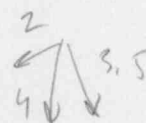
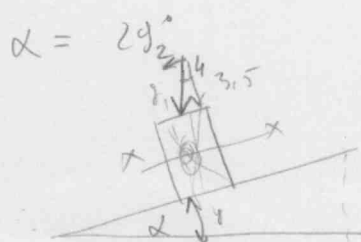
$$s_m = \frac{3}{2} \cdot \frac{7 \cdot 10^3}{15^2 \cdot 21^2} = \frac{2381}{2409} < 90 \quad \textcircled{T}$$

$$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{7 \cdot 10^3 \cdot 400^3}{1000 \cdot 10^3 \cdot \frac{15^4 \cdot 21^4}{12}} = \frac{0.58}{0.86} < 2 \quad \textcircled{T}$$

③



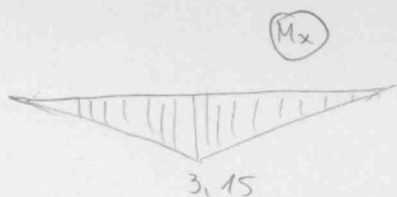
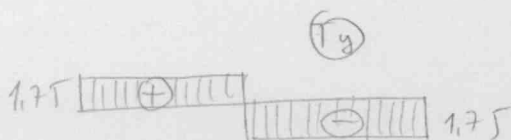
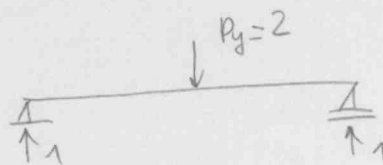
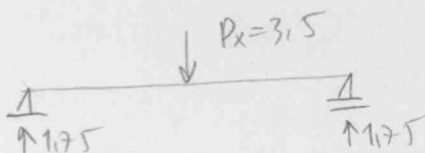
$$f_{\text{exp}} = \frac{350}{300} = 1.17 = 1 \text{ cm}$$



$$P_x = 3.5 \text{ kN}$$

$$P_y = 2 \text{ kN}$$

$$\frac{4}{6} = 1.5$$



Uslavi:

$$a) \text{ po } z_m: z_m = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq z_{m, \text{d}}$$

$$W_x = \frac{b^3 h}{6}$$

$$W_y = \frac{b h^3}{6}$$

$$z_m = \frac{3.15 \cdot 10^3}{\frac{(1.56)^2 \cdot 6}{6}} + \frac{1.8 \cdot 10^3}{\frac{1.56^3}{6}} \leq 1300$$



$$\frac{18,9}{2,25b^3} + \frac{10,8}{1,5b^3} \leq 1300$$

$$\frac{(18,9 + 1,5 \cdot 10,8) \cdot 10^5}{2,25b^3} \leq 1300 \Rightarrow b^3 \geq 1200 \Rightarrow b \geq \sqrt[3]{1200}$$

$$b \geq 10,63 \text{ cm} \quad | b = 11 \text{ cm} \quad \text{uvajamo} \quad | d = 16 \text{ cm}$$

b) po  $T_m$

$$T_{mII} = \sqrt{\left(\frac{3}{2} \frac{T_x}{A}\right)^2 + \left(\frac{3}{2} \frac{T_y}{A}\right)^2} \leq T_{m,d}$$

$$A = b \cdot h = 1,5 b^2$$

$$T_{mII} = \sqrt{\left(\frac{3}{2} \cdot \frac{1,75}{1,5b^2}\right)^2 + \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{1,5b^2}\right)^2} \leq 90$$

$$= \sqrt{\frac{27,5625}{9b^4} + \frac{1}{b^4}} = \sqrt{\frac{36,5625}{9b^4}}$$

$$= \frac{2,02 \cdot 10^3}{b^2} \leq 90 \quad b^2 \geq \frac{2016}{90} = 22,40 \text{ mm}^2 \quad 3,375$$

$$b \geq 4,73 \quad \text{uvajamo} \quad b = 5 \text{ cm} \quad d = 8 \text{ cm} \quad I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{5 \cdot 8^3}{12}$$

c)  $f_{max} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq 1$

$$f_{max} = \sqrt{\left(\frac{1}{48 E_n} \left(\frac{P_x}{I_x} + \frac{P_y}{I_y}\right)\right)^2} = \sqrt{\frac{360^3}{48 \cdot 1000 \cdot 10^3} \left(\frac{3,5 \cdot 12}{2,25 b^4} + \frac{2 \cdot 12}{1,5 \cdot b^4}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{360^3 \cdot 78 \cdot 10^3}{48 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 2,25 b^4}\right)^2} = \frac{28043,34}{33696 b^4} \leq 1$$

$$b^4 \geq \frac{33696}{28043,34} \quad b \geq \frac{13,55}{12,94} \text{ cm} \quad b = \frac{13}{14} \text{ cm} \quad d = \frac{21}{20} \text{ cm}$$

Uvajamo maksimalnu vrednost, u ovom slučaju

$$\text{iz usloja} \quad \left| \frac{b}{d} = \frac{14}{21} \right| \quad \text{uvajamo} \quad \left| \frac{b}{h} = \frac{13}{20} \right|$$

ne valja zbog  $I_x$

Kontrola napona i ugiba:

$$\sigma_m = \frac{6 \cdot 3,15 \cdot 10^3}{21^2 \cdot 14} + \frac{6 \cdot 1,18 \cdot 10^3}{21 \cdot 14^2} = 568,51 < 1300 \quad \textcircled{I}$$

$$\tau_{mII} = \frac{2,02 \cdot 10^3}{14^2} = 10,31 < 90 \quad \textcircled{I}$$

$$f_{max} = \frac{33696}{14^4} = 0,88 < 1 \text{ cm} \quad \textcircled{I}$$

④

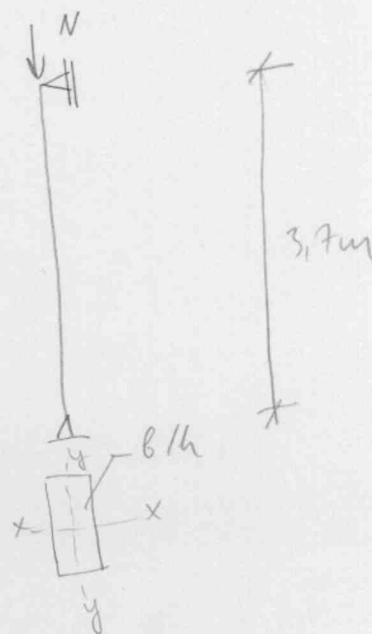
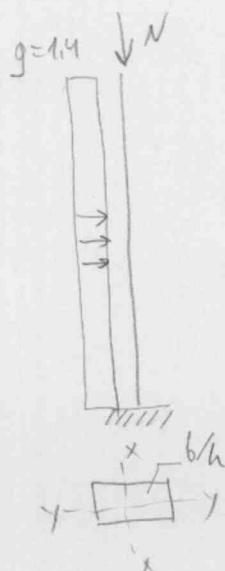
četvrtari I klase

$$h = 26 \text{ cm}$$

$$b = 14 \text{ cm}$$

$$l = 3,7 \text{ m} = 370 \text{ cm}$$

$$f_{dop} = 2 \text{ cm}$$



$$\sigma_{m,d} = 1300 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{cII,d} = 1100 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_{mII} = 90 \text{ N/cm}^2$$

$$E_{II} = 1000 \text{ kN/cm}^2$$

a)

$$M_{max} = 14 \cdot 3,7 \cdot \frac{3,7}{2} = 9,58 \text{ kNm}$$

$$x\text{-osa} \quad i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{26}{\sqrt{12}} = 7,51 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{2 \cdot 3,70}{7,51} = 98,53 > 75 \Rightarrow \omega_x = \frac{\lambda^2}{3100} = 3,13$$

$$W_x = 1577,33$$

Kontrola po naponu:

$$\sigma_{cII} = \omega_x \cdot \frac{N}{A} + \frac{\sigma_{cII,d}}{\sigma_{m,d}} \cdot \frac{M}{W_x} \leq \sigma_{cII,d}$$

$$\sigma_{cII} = 3,13 \cdot \frac{N}{364} + \frac{1,1}{1,3} \cdot \frac{9,58 \cdot 100}{1577,5} \leq 1,1$$

$$= 0,0086 N + 0,51 - 1,1 \leq 0 \Rightarrow N \leq \frac{0,59}{0,0086} \leq 68,60 \text{ kN}$$

$$N = 68 \text{ kN}$$

Y-osa

$$i_y = \frac{b}{\sqrt{12}} = 4,04 \text{ cm}$$

$$l_y = l \quad \checkmark$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{370}{4,04} = 91,58 > 75 \Rightarrow \omega_y = \frac{\lambda_y^2}{3100} = 2,71$$

$$\sigma_{cII} = \omega_y \cdot \frac{N}{A} \leq \sigma_{cII,d}$$

$$2,71 \cdot \frac{N}{11,26} \leq 1100 \Rightarrow N \leq 447,98 \approx 148 \text{ kN}$$

$$N = \min \{ N^{(I)} ; N^{(II)} \} = 68 \text{ kN}$$

Kontrola napona i ugiba

$$\sigma_{cII} = \omega_x \cdot \frac{N}{A} + \frac{\sigma_{cII,d}}{\sigma_{m,d}} \cdot \frac{M}{W_x} = 3,13 \cdot \frac{68}{11,26} + \frac{1,1}{1,3} \cdot \frac{9,58 \cdot 10}{1577,33} \leq 1,1$$

$$\sigma_{cII} = \frac{1,099}{0,636} < 1,1$$

? a ovaj uslov kao merodavan?!

$$T_m = \frac{3}{2} \cdot \frac{T_{m,dx}}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{5,18}{11,26} = 21,35 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} < 90 \quad \textcircled{I}$$

$$f = \frac{\alpha l^4}{8 E I_x} = \frac{1,4 \cdot 370^4}{8 \cdot 10000 \cdot 10^2 \cdot 20505,33} = \frac{1,6}{0,16} < 2 \text{ cm} \quad \textcircled{I}$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = 20505,33 \text{ cm}^4$$

Čega?

Ispravljeno je plavom hemijskom

**Zadatak br. 3**

Kandidat

Rade Tomović 202107

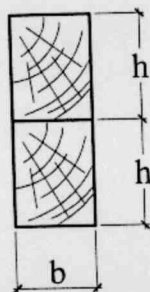
Dimenzionisati i nastaviti aksijalno zategnut štap od četinara II klase, koji je opterećen silom:

$$Z = 40 + \frac{y \cdot 10}{2} [kN].$$

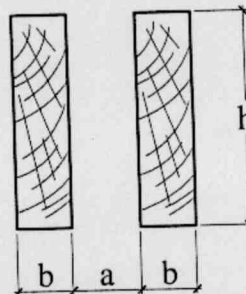
Nastavak izvršiti **drvenim podvezicama i trnovima**. Za sračunate dimenzije preseka i usvojena spojna sredstva izvršiti kontrole napona. Sračunatu vezu nacrtati u razmeri 1:5 u tri projekcije, sa svim kotama potrebnim za izvršenje.

Zadatak uraditi za poprečni presek na slici pod a).

a).



b).



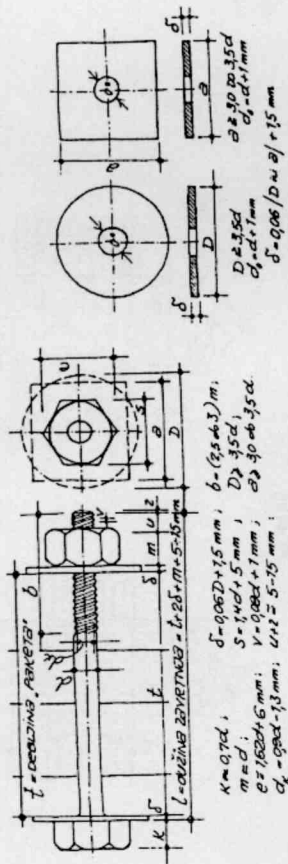
Napomena:

- y je broj slova u prezimenu kandidata.

ДРВЕНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

## ZAVRTNJI

Zavrtnji su cilindrična tela koja na jednom kraju imaju glavu, a na drugoj navoj, obostrano podložne pločice i navrtku na strani navoja (slika 1).



Slika 1.

Tabela 1.

NOŠIVOST ZAVRTANJEVA [N]

VRSTA VRTO	VRSTA DRVETA	$\sigma_d$	$k$	$k \cdot \sigma_d$
1. ČETINJARI	ČETINJARI	400	1700	475
2. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400
3. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400
4. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400
5. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400
6. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400
7. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400
8. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400
9. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400
10. LIŠNARI	LIŠNARI	500	2000	400

Kod jednosečne veze, slučaj 1, i za  $a_1 < a_2$ , nosivost zavrtanja je:

$$N_1 = \sigma_d \cdot a_1 \cdot d \quad \text{ili} \quad N_2 = k \cdot d^2$$

Merodavna je manja vrednost sile.

Kod dvosečnih veza, slučaj 2, nosivost zavrtanja u odnosu na bočno drvo je:

$$N_1 = \sigma_d \cdot 2 \cdot a_1 \cdot d \quad \text{ili} \quad N_2 = 2 \cdot k \cdot d^2$$

dok je nosivost u odnosu na srednje drvo:

$$N_1 = \sigma_d \cdot a_1 \cdot d \quad \text{ili} \quad N_2 = k \cdot d^2$$

Ove četiri vrednosti merodavna je najmanja.

Ako su kod dvosečne veze debljine bočnog drveta različite, na primer  $a_1 < a_2$ , onda je nosivost u odnosu na bočno drvo:  $\text{mer } N_1 = \sigma_d \cdot 2 \cdot a_1 \cdot d$ .

Za višesečne zavrtanje ukupna nosivost sračunava se iz zbirne nosivosti.

Neki napomene kojih se treba pridržavati prilikom konstruisanja veza zavrtanjima:

a) Zavrtnji se mogu upotrebiti kao spojno sredstvo ako se osigura njihovo povremeno pritezanje i ako se vrši rigorozna kontrola ugrađivanja (bušenje rupa, ugrađivanje zavrtanja);

b) Najmanji prečnik zavrtanja u drvenim konstrukcijama je  $d = 12 \text{ mm}$  (M12). Izuzetno, dopušta se upotreba zavrtanja M10 ako je debljina drveta  $\leq 6 \text{ cm}$ . Maksimalni prečnik zavrtanja je  $d = 24 \text{ mm}$  (M24);

c) Rupe za zavrtanje buše se mašinskim putem i to tako da je prečnik rupe ( $d_r$ ) nešto manji od prečnika zavrtanja ( $d$ ), odnosno  $d_r = 0,9 \cdot d$ ;

d) Jedna noseća veza ostvarena zavrtanjima mora da ima najmanje dva zavrtanja;

e) Najveći broj zavrtanja u jednom redu, u pravcu sile, ne treba da je veći od četiri;

f) Ako sila deluje koso na pravac vlakana (slika 2) smanjuje se dopuštena nosivost zavrtanja, odnosno:

$$N_{dep} = N \cdot K_a, \text{ gde je } K_a = 1 - \frac{\alpha}{360^\circ};$$



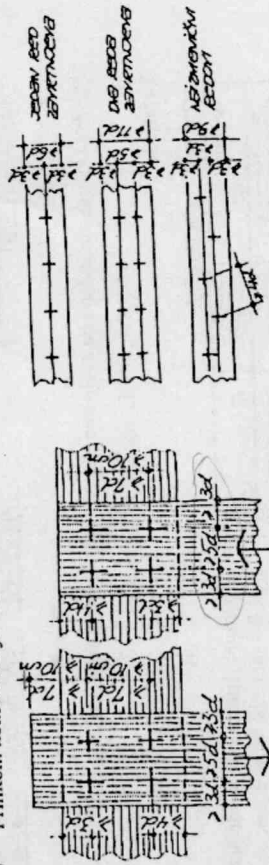
Slika 2.

g) Za spojeve i veze ostvarene metalnim trakama (podvezicama) dopuštena nosivost zavrtanja dobijena prema navedenoj tabeli može se uvećati za 25%;

h) Zavrtnji u konstrukciji moraju biti zaštićeni od korozije pocinkavanjem;

i) Zavrtnji se raspoređuju simetrično u odnosu na osu elementa. U protivnom, u račun treba uvesti ekscentričnost rasporeda zavrtanja;

j) Prilikom konstruisanja veza zavrtanjima treba se držati rastojanja datih na slici 3;



Slika 3.

k) Zavrtnji obavezno moraju da imaju odgovarajuće podložne pločice.

Nosivost zavrtanja kada je opterećen na zatezanje dobija se kao:

$$Z_{dep} = A_k \cdot \sigma_{z,dep}$$

gde je  $Z_{dep}$  maksimalna dozvoljena sila u zavrtanju,  $A_k$  minimalna površina poprečnog preseka zavrtanja, a  $\sigma_{z,dep}$  dopušteni napon za zavrtanj (zavisi od klase zavrtanja).

$$Z = 75 \text{ kN}$$

$$\sigma_{tnd} = 850 \text{ N/cm}^2$$

drvene podvezice i trnovi

$$A_{pot1} = \frac{Z}{0.8 \cdot \sigma_{tnd}} = \frac{75000}{0.8 \cdot 850} = 110.29 \text{ cm}^2$$

$$A_{pot1} = 2h \cdot b \geq 110.29 - \text{pretp. 1 red trnova } \varnothing 16$$

$$3d + 3d = 6d = 6 \cdot 1.6 = 9.6 \Rightarrow \text{usvajamo } h = 10 \text{ cm}$$

$$b \geq 110.29 / 20 = 5.51 \quad \text{usvajamo } b = 6 \text{ cm} \quad b/h = \frac{6}{10}$$

podvezice:

$$A_{potr} = 1.5 \cdot \frac{Z}{0.8 \sigma_{tnd}} = 1.5 \cdot 110.29 = 165.44 \text{ cm}^2$$

$$2b_1 \cdot 2h \geq 165.44 \quad 2b_1 \geq 165.44 / 20$$

$$b_1 \geq 4.14 \quad \text{usvajamo } b_1 = 5 \text{ cm}$$

Trnovi:

$$\text{Srednje drvo: } N_1 = 2d \cdot b \cdot \sigma = 850 \cdot 6 \cdot 1.6 = 8160 \text{ N}$$

$$N_2 = 5100 \cdot 1.6^2 = 10560 \text{ N}$$

$$\text{Bočno drvo: } N_3 = 2 \cdot 550 \cdot 5 \cdot 1.6 = 8800 \text{ N}$$

$$N_4 = 2 \cdot 3300 \cdot 1.6^2 = 16896 \text{ N}$$

$$N = \min(N_1; N_2; N_3; N_4) = 8160 \text{ N}$$

$$u = \frac{Z}{N} = \frac{75}{8160} = 9.19 = 10$$

Kontrola napona:

$$\text{Srednje drvo } A_u = 6 \cdot (2h - 2 \cdot 1.6) = 100.8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Osnovni pos } \sigma_{tII} = \frac{75000}{100.8} = 744.05 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} < 850 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Bočno drvo } A_u = 2 \cdot 5 \cdot (20 - 2 \cdot 1.6) = 168 \text{ cm}^2$$

$$\text{pede } \sigma_{tII} = 1.5 \cdot \frac{75000}{168} = 669.64 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} < 850 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$



## Zadatak br. 4

Kandidat

Rade Tomović

202107

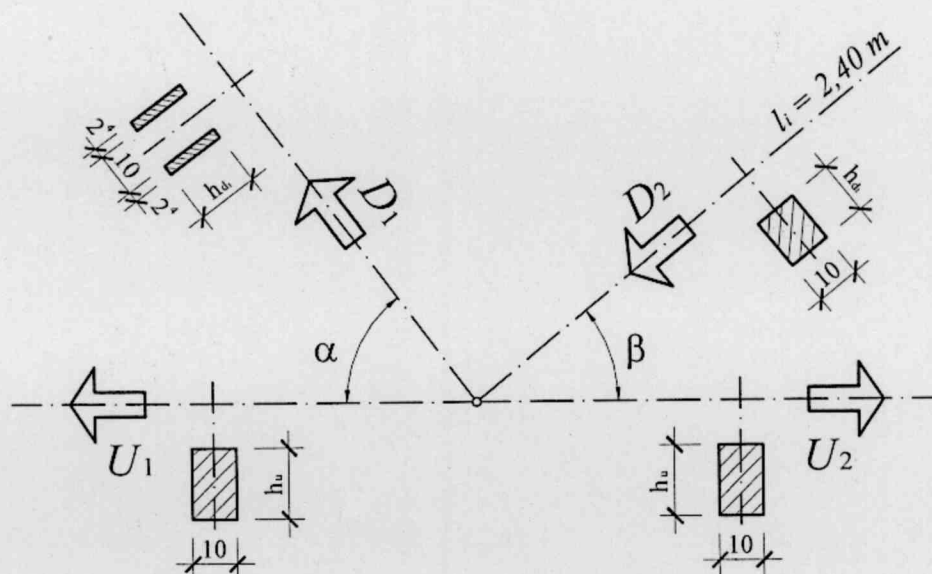
Za čvor rešetkastog nosača u svemu prema skici, potrebno je:

- dimenzionisati date štapove i za usvojene dimenzije kontrolisati napone,
- sračunati vezu štapova u čvoru,
- nacrtati sračunati čvor u razmeri 1:5, u tri projekcije, sa svim kotama potrebnim za izvršenje.

Prilikom konstruisanja i proračuna veza štapovi ispune u datom čvoru moraju biti centrično vezani. Vezu pritisnutih štapova ispune za pojasne štapove ostvariti vezom na zasek ili prostim oslanjanjem, a zategnute štapove ispune za pojasne štapove vezati ekserima.

Napomena: pretpostaviti da su svi čvorovi rešetke bočno pridržani.

Grada: četinari II klase.



$$U_2 = 90 + x \quad [\text{kN}]$$

$$D_2 = 20 + y \quad [\text{kN}]$$

$$\alpha = 45 + y \quad [^\circ]$$

$$\beta = 35 + x \quad [^\circ]$$

Napomene:

- $x$  i  $y$  su brojevi slova u imenu i prezimenu kandidata tako da je  $x \leq y$ ;
- dimenzije preseka zaokružiti na 1 cm, sile na 0,1 kN.

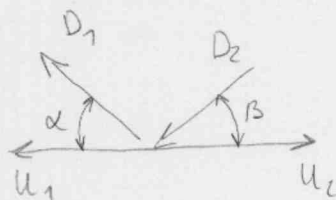


4

$$U_2 = 90 + x = 94 \text{ kN}$$

$$D_2 = 20 + y = 27 \text{ kN}$$

$$\alpha = 52^\circ \quad \beta = 39^\circ$$



Ravnoteža čvorova:

$$U_1 + D_1 \cos \alpha = U_2 - D_2 \cos \beta$$

$$D_1 \sin \alpha - D_2 \sin \beta = 0 \Rightarrow D_1 = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \cdot D_2 = 21,6 \text{ kN}$$

$$U_1 = 59,7 \text{ kN}$$

Dimenzionisanje:

Donji pojas:  $\sigma_{tld} = 850 \text{ N/cm}^2$

$$\sigma_{tll} = \frac{U_{max}}{A_n} \leq \sigma_{tld}$$

$$A_n = 0,18 \cdot b \cdot h_u$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{tll} = \frac{U_{max}}{A_n} \leq \sigma_{tld} \\ A_n = 0,18 \cdot b \cdot h_u \end{array} \right\} h_u = \frac{U_{max}}{0,18 \cdot b \cdot \sigma_{tld}} = 13,82 \text{ cm}$$

Usvajamo  $h_u = 22 \text{ cm}$  (zbog kasnije kontrole napona, ovo je minimalna vrednost pri kojoj će proći kontrola)

Pritisnuta dijagonala:  $\sigma_{cld} = 850 \text{ N/cm}^2$

$$\sigma_{cII} = \omega \cdot \frac{D_2}{A_n} \leq \sigma_{cld} \Rightarrow h_{d2} \geq \frac{\omega \cdot D_2}{\sigma_{cld} \cdot b}$$

$$A_n = b \cdot h_{d2}$$

$$\text{pretpostavka: } b \leq h_{d2} \Rightarrow i_{min} = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{10}{\sqrt{12}} = 2,89$$

$$l_i = 240 \text{ cm}$$

$$\lambda_{max} = \frac{l_i}{i_{min}} = \frac{240}{2,89} = 83,04 \Rightarrow \omega = \frac{\lambda^2}{3100} = 2,22$$

ne može, dobija se  
 $h_{d2} \leq b$

pretpostavka  $h_{d2} \leq b$

$$i_{min} = \frac{h_{d2}}{\sqrt{12}} = 0,289 h_{d2}$$

$$\lambda_{max} = \frac{l_i}{i_{min}} = \frac{240}{0,289 h_{d2}}$$

$$\lambda_{max} = \frac{830,45}{h_{d2}} \Rightarrow w = \frac{\lambda^2}{3100} = \frac{222,47}{h_{d2}^2}$$

$$\sigma_{cII} = w \cdot \frac{D_2}{A} = \frac{222,47}{h_{d2}^2} \cdot \frac{27000}{h_{d2} \cdot 10} \leq 850 \text{ N/cm}^2$$

$$h_{d2}^3 \geq \frac{600669}{850} \Rightarrow h_{d2} \geq 8,9$$

Usvajamo  $h_{d2} = 9 \text{ cm}$

Verz:  $\max t_v = \frac{h_u}{4}$  za  $\beta < 50^\circ$  ( $\beta = 39^\circ$ )

$$\max t_v = \underline{\underline{5,5 \text{ cm}}}$$

$$\sigma_{c\beta/2} = \frac{N_1}{t_s \cdot b} \leq \sigma_{c\beta/2,d}$$

$$N_1 = D_2 \cdot \cos \beta/2$$

$$\sigma_{c\beta/2,d} = \sigma_{cII,d} - (\sigma_{cII,d} - \sigma_{c\perp,d}) \cdot \sin \beta/2 = 633,02 \text{ N/cm}^2$$

$$t_s = t_v / \cos \frac{\beta}{2}$$

$$t_v = (D_2 \cdot \cos^2 \beta/2) : (b \cdot \sigma_{c\beta/2,d}) = 3,79 \text{ cm} = 3,8 \text{ cm} = 4,0$$

$$t_s = \frac{3,8}{\cos \frac{39}{2}} = 4,03 \text{ cm} \approx 4 \text{ cm}$$

Dubina zaseka je 4 cm

Zategnuta dijagonala:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{tII} &= \frac{D_1}{A_n} \leq \sigma_{tII} \\ A_n &= 0,8 \cdot 2 \cdot b_1 \cdot h_{d1} \end{aligned} \right\} h_{d1} \geq \frac{D_1}{\sigma_{tII} \cdot 1,6 b_1}$$

$$h_{d1} = 6,62 \text{ cm} \quad \text{Usvaja se: } \underline{h_{d1}^{(1)} = 7 \text{ cm}}$$

Verz: Ekseri E38/90 (opet zbog sigurnosti i kontrole napona uzimamo veće dimenzije spojnog sredstva)

$$\text{Nosivost jednosečnog eksersa: } N_1 = 5000 \frac{d^2}{(1+d)} = 523,2 \text{ N}$$

$$s \geq 12 d \Rightarrow s = 4,6 \text{ cm}$$

Broj eksera sa jedne strane:  $n = \frac{D_1}{2N_1} = \frac{21600}{2 \cdot 523,2} = 20,64$

Usvojeno  $n = 21$  komad

Mogući broj eksera u jednom redu:

$$s = \left( \frac{h - t_v}{10d} - \frac{6}{5} \right) \cdot \frac{1}{\sin \alpha} + 1 = \left( \frac{22 - 4}{10 \cdot 0,38} - \frac{6}{5} \right) \cdot \frac{1}{\sin 52} + 1 = 5,49$$

Usvaja se  $s = 5$  ✓

Potreban broj redova eksera:  $R = \frac{n}{s} = \frac{21}{5} = 4,2$

Usvaja se  $R = 5$  redova ✓  $h_{d1}^{(2)} \geq 5d(R+1) = 11,4 \text{ cm}$

Usvaja se  $h_{d1} = \max(h_{d1}^{(1)}; h_{d1}^{(2)}) = 12 \text{ cm}$  ✓

Kontrola napona: Donji popas

$$h' = h - t_v = 22 - 4 = 18 \text{ cm}$$

$$e = t_v/2 = 2 \text{ cm} \Rightarrow M = e \cdot U_2 = 2 \cdot 94 = 188 \text{ kNm}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h'^2 = \frac{10 \cdot 18^2}{6} = 540 \text{ cm}^3$$

$$A_n = b \cdot h' - s \cdot d \cdot R = 10 \cdot 18 - 5 \cdot 0,38 \cdot 4,6 = 171,26 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{tII} = \frac{U_2}{A_n} + \frac{\sigma_{tnd}}{\sigma_{md}} \cdot \frac{M}{W} = \frac{94000}{171,26} + \frac{850}{1000} \cdot \frac{188000}{540} = 849,80 < 850$$

Zategnuta dijagonala

$$A_n = 2(b_1 h_1 - R \cdot d \cdot b_1) = 2(2,4 \cdot 12 - 5 \cdot 0,38 \cdot 2,4) = 48,48 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{tII} = \frac{D_1}{A_n} = \frac{21600}{48,48} = 445,54 < 850 \text{ N/cm}^2$$

Pritisnuta dijagonala

$$i = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{10}{\sqrt{12}} = 2,89$$

$$\lambda_{\max} = \frac{240}{2,89} = 83,04 > 75$$

$$w = \frac{\lambda^2}{3100} = \frac{83,04^2}{3100} = 2,22$$

$$\sigma_{cII} = w \cdot \frac{D_2}{A} = \frac{2,22 \cdot 27000}{10 \cdot 9} = 667,4 < 850 \text{ N/cm}^2$$

$$\text{za } i = \frac{h_{d1}}{\sqrt{12}} \quad \sigma_{cII} = 825,81 < 850 \text{ N/cm}^2$$

Svi kriterijumi prolaze kontrolu

