



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva 2020.

Projekt drvene konstrukcije **Konjički centar Evago**

Juraj Pojatina, dipl.ing.građ.

David Anđić, mag.ing.aedif.

Karla Mustapić, mag.ing.aedif.

Matej Kramarić, mag.ing.aedif.

Predavač: Matej Kramarić, mag.ing.aedif., Studio Arhing d.o.o., Zagreb

Sadržaj

1. Općenito
2. Analiza opterećenja
3. Dispozicija građevine
4. Konstruktivni elementi
5. Proračun spoja stupa i grede okvira



1. Općenito

Sudionici

- Investitor: Evago-Horses d.o.o.
- Glavni projektant: Zrinka Grosek, mag.ing.arch.
Ars Tema j.d.o.o.
- Projektant konstrukcije: Juraj Pojatina, dipl.ing.građ.
Studio Arhing d.o.o.
- Revident konstrukcije: prof.dr.sc. Vlatka Rajčić, dipl.ing.građ.
- Proizvođač drvene građe: Hasslacher Norica Timber GmbH
- Izvođač: Stenavert d.o.o.



1. Općenito

Opis konstrukcije

- Drvena hala kao dio konstrukcije jašione u Čehima, Velika Gorica
- 15 trozglobnih LLD okvira raspona 35,0 m na razmaku 5,0 m



1. Općenito



1. Općenito



2. Analiza opterećenja

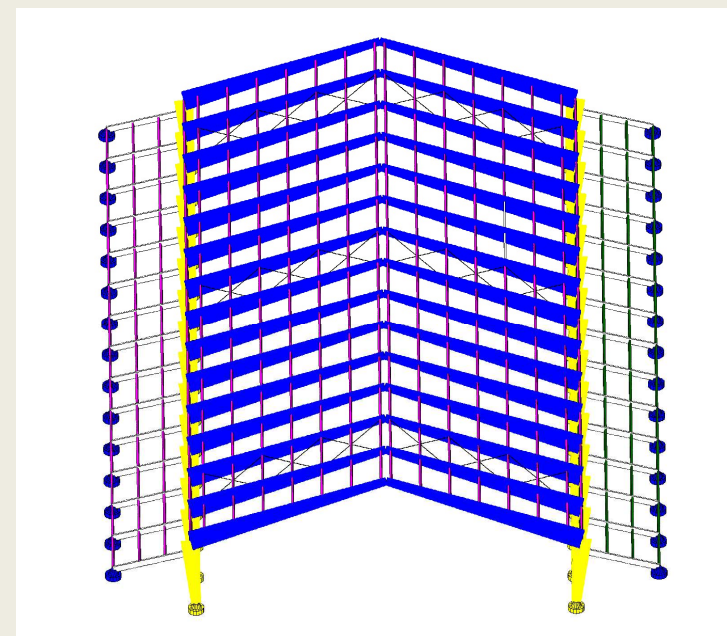
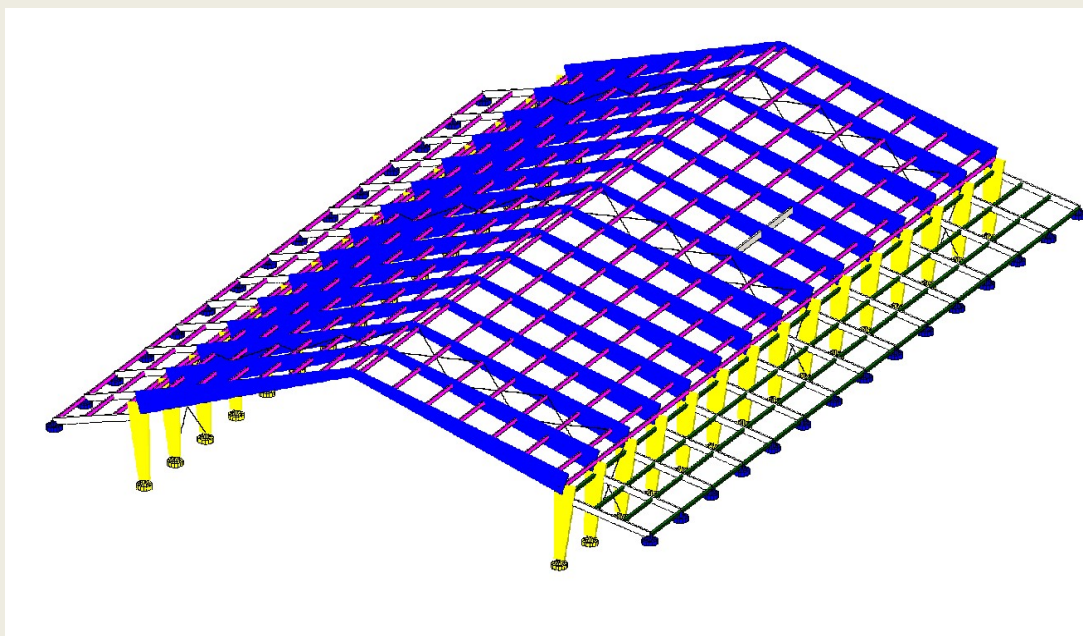
Djelovanje			
Stalno i uporabno	- Vlastita težina nosivih elemenata uzeta u obzir u softveru		
	- Pokrov – sendvič panel	$g_{k,1}$	0,35 kN/m ²
	- Instalacije	$g_{k,2}$	0,15 kN/m ²
Snijeg	- Kontinentalna Hrvatska - Snježno područje 3 (Čehi) - Nadmorska visina - 120 m.n.m.	s_k	1,25 kN/m ²
Vjetar	- Osnovna brzina vjetra	$v_{b,0}$	20 m/s
	- Vršno opterećenje vjetrom	$q_{p(z)}$	0,71 kN/m ²

- niz normi HRN EN 1995:2013 – Projektiranje drvenih konstrukcijama s pripadnim nacionalnim dodacima HRN EN 1995:2013/NA:2013

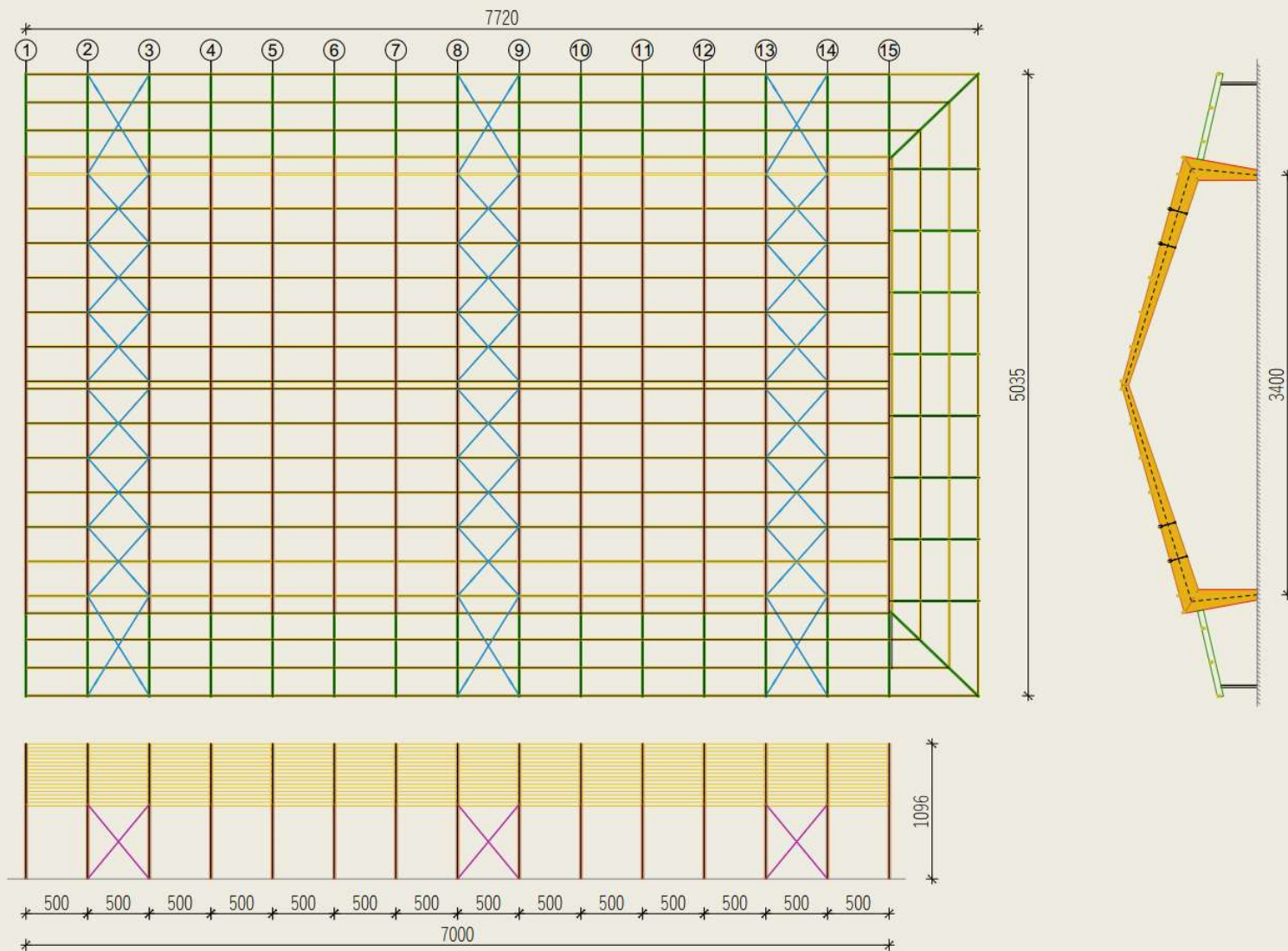


3. Dispozicija građevine

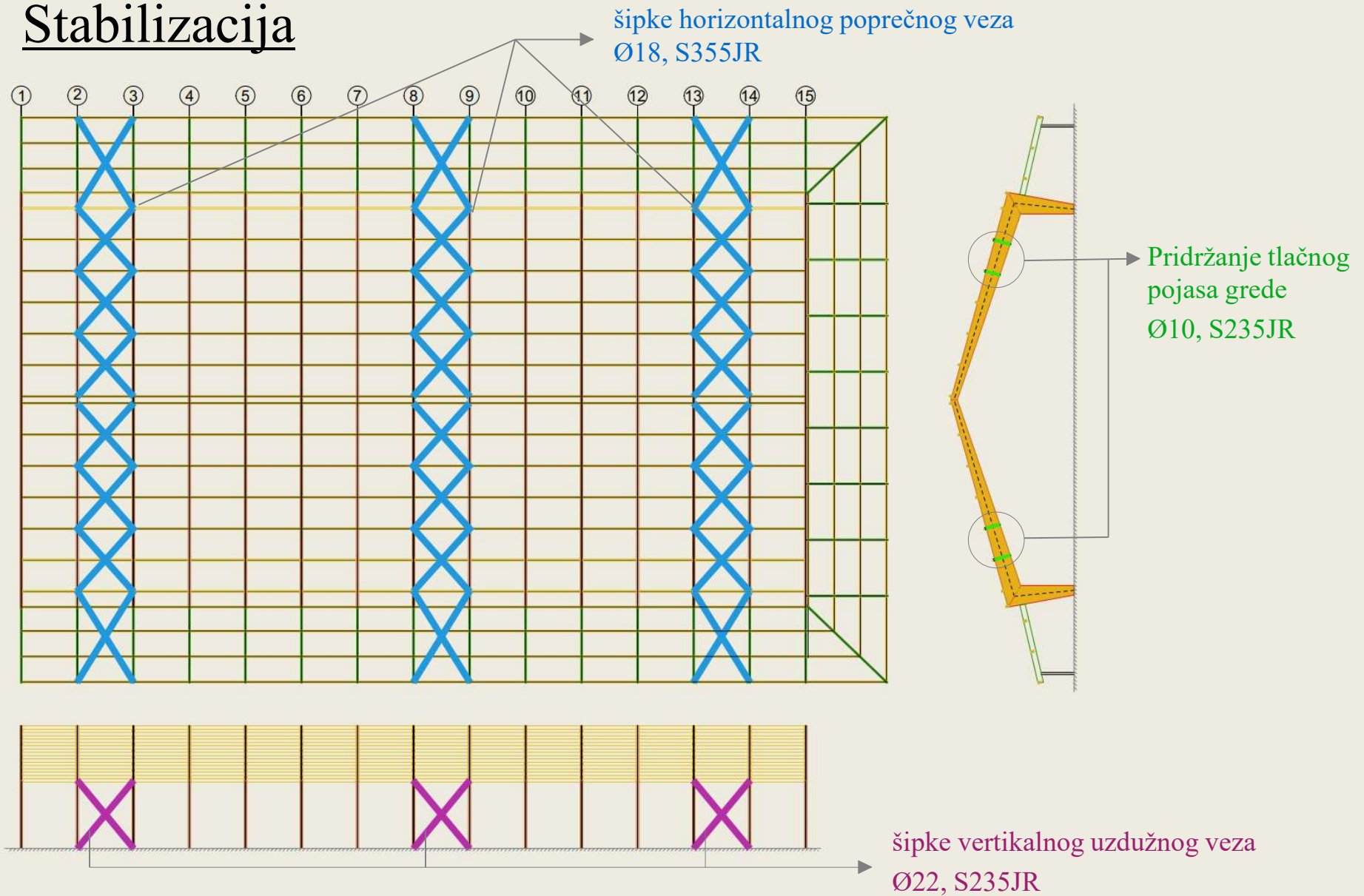
- Tlocrtne dimenzije građevine 49,0×77,8 m
- Tlocrtne dimenzije jahališta 35,5×70,0 m
- Dvostrešni krov visine strehe cca 5,5 m, najviša kota sljemena cca 11,0 m



3. Dispozicija građevine

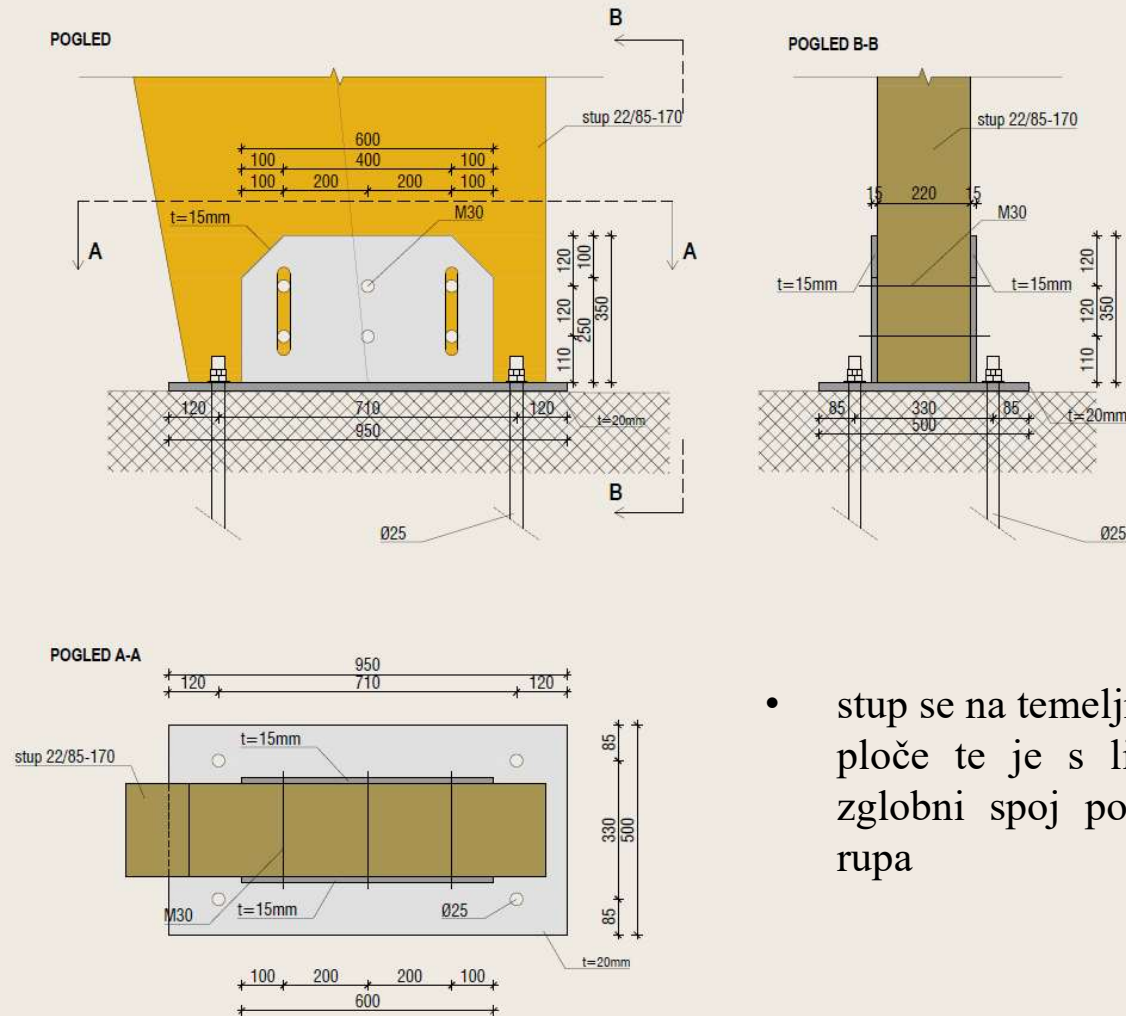


Stabilizacija



Spojevi

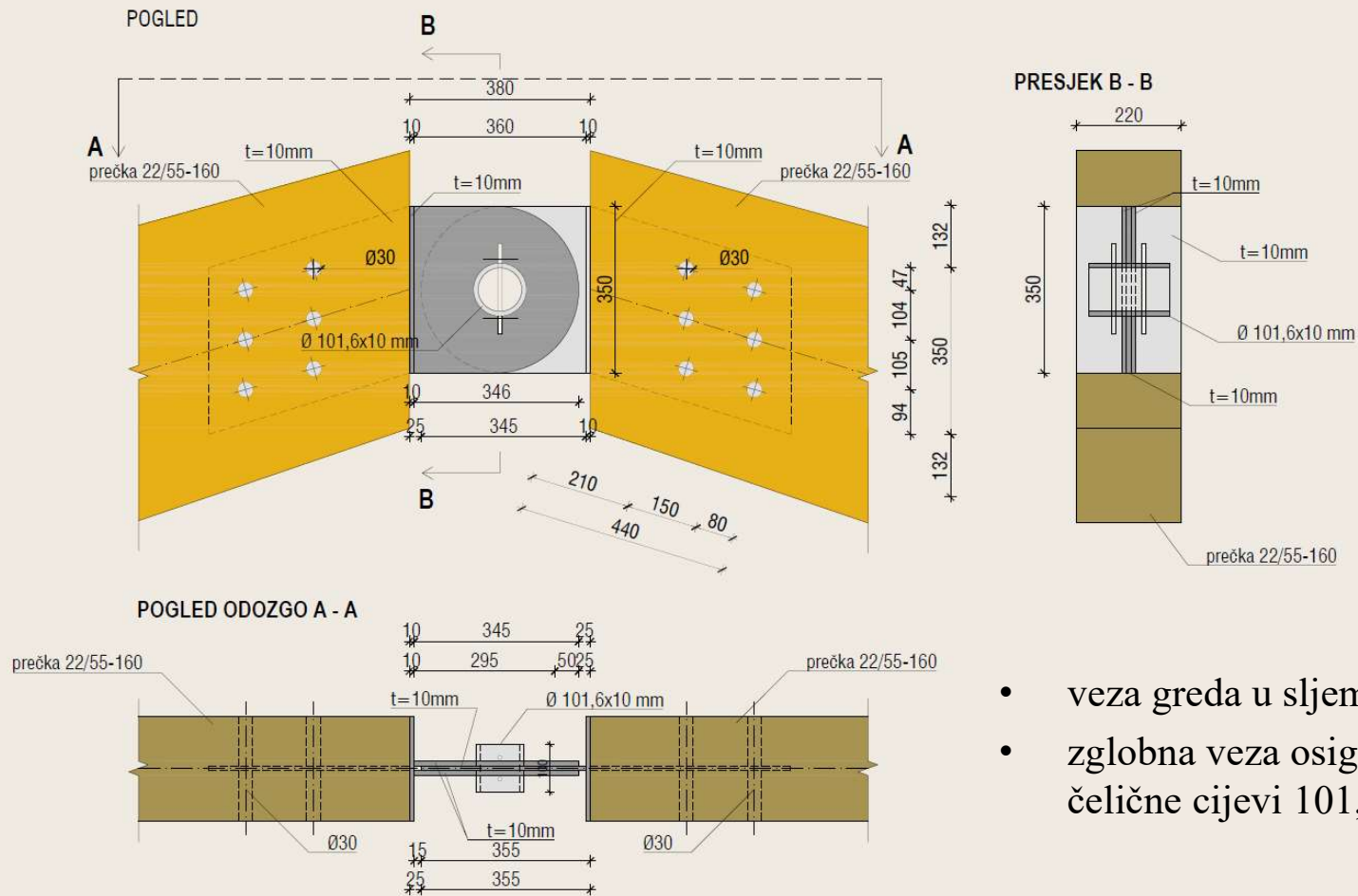
- Karakteristični detalj oslonca stupa okvira



- stup se na temeljnu stopu oslanja preko čelične ploče te je s limovima povezan vijcima – zglobni spoj postiže se izvođenjem ovalnih rupa

Spojevi

- Karakteristični detalj spoja greda u sljemenu okvira

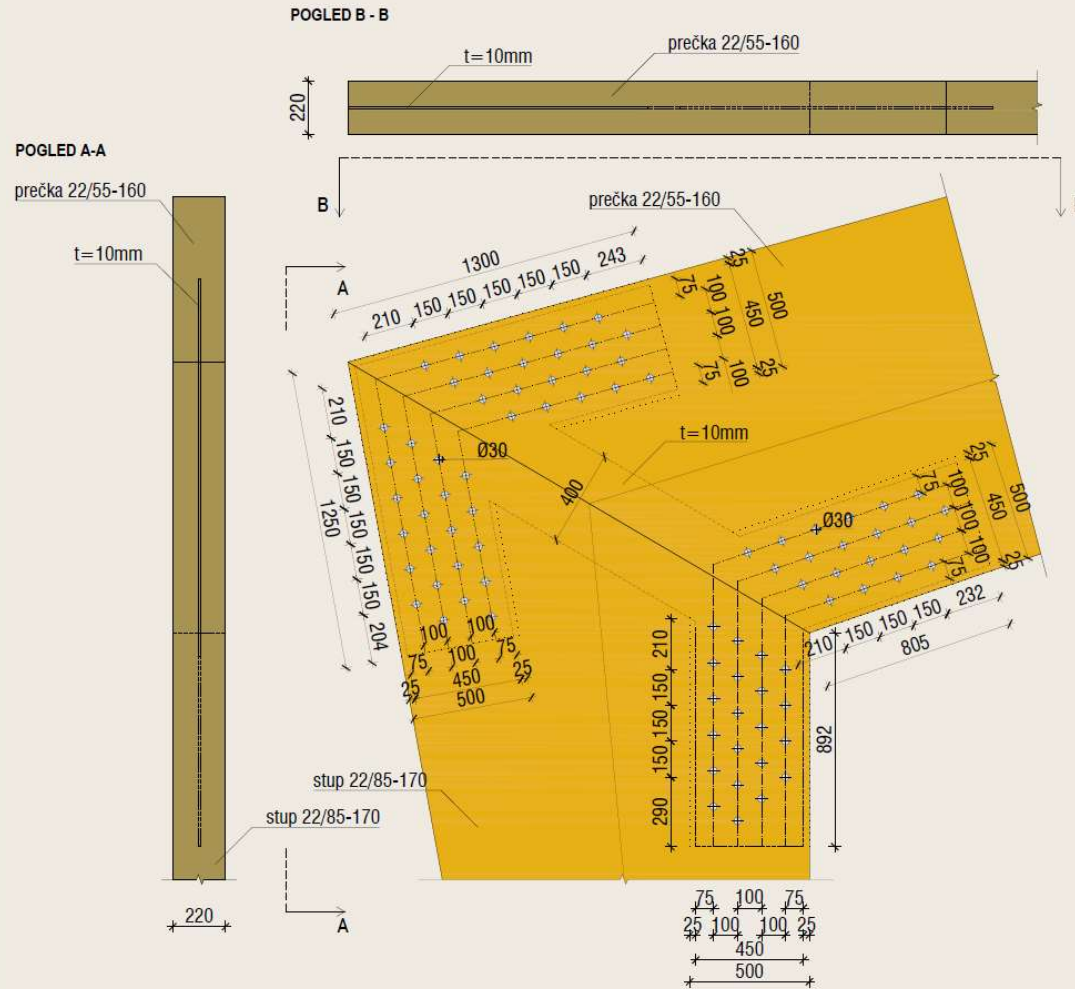


- veza greda u sljemenu je montažna
- zglobna veza osigurava se umetanjem čelične cijevi 101,6x10,0 mm

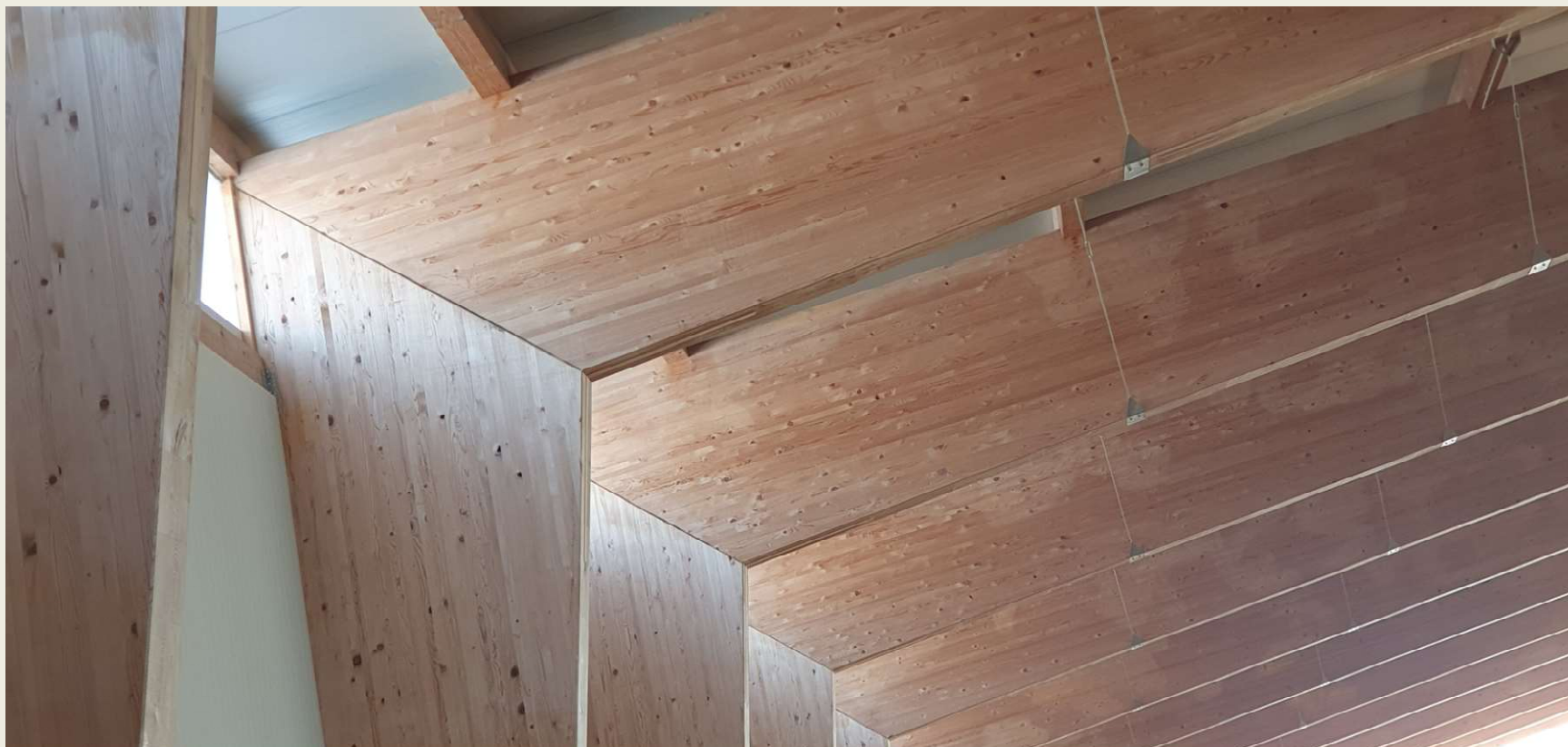


Spojevi

- Karakteristični detalj spoja stupa i grede okvira

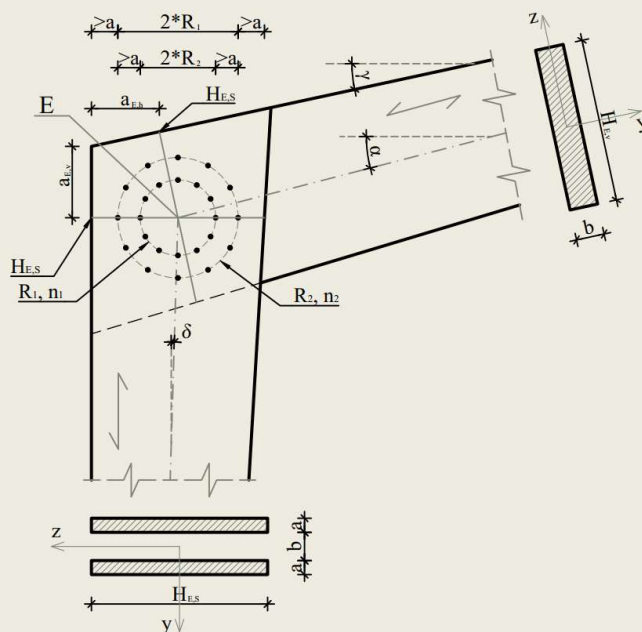


- montažna veza između grede i stupa - utisnuti čelični lim i trnovi



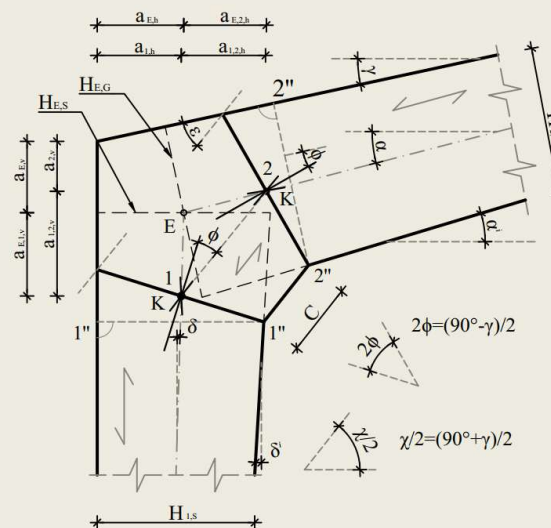
5. Proračun spoja stupa i grede okvira

Uobičajeni detalji spoja grede i stupa



MONTAŽNI SPOJ S TRNOVIMA

- Veći utrošak drvene grede
- Estetski manje prihvatljivo rješenje zbog dvodijelnog stupa



DELTOIDNI UMETAK

- Složenija izvedba
- Izvedba ovisi o vanjskim utjecajima (temperatura, vlažnost zraka...)
- Potrebna stroga kontrola pri ugradnji i osiguranje kvalitete izvedbe

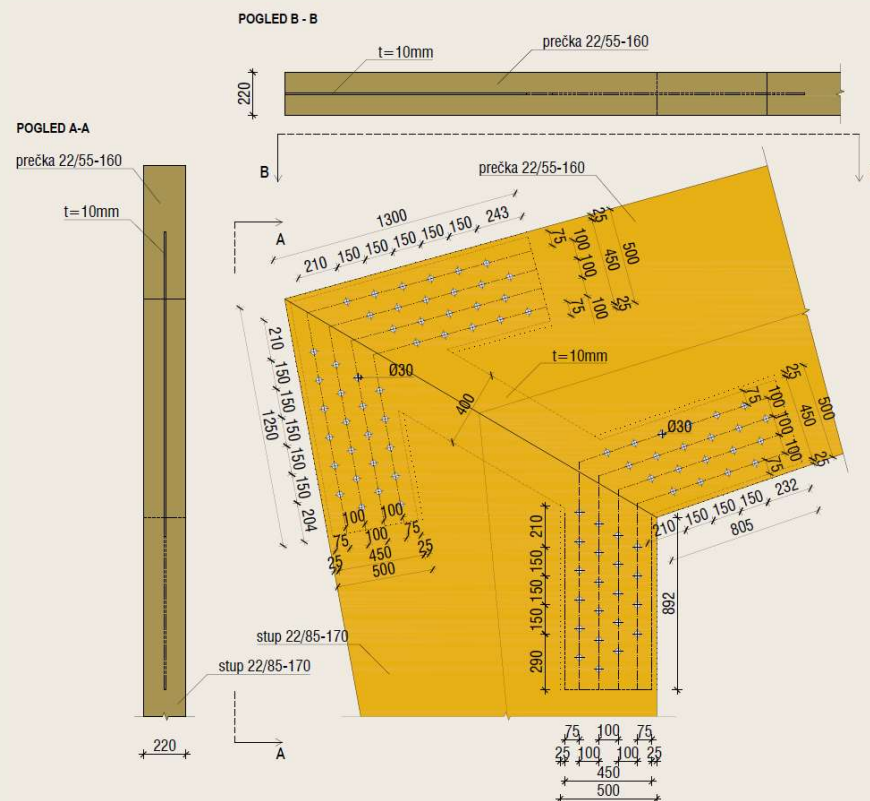
5. Proračun spoja stupa i grede okvira

Karakteristike spoja

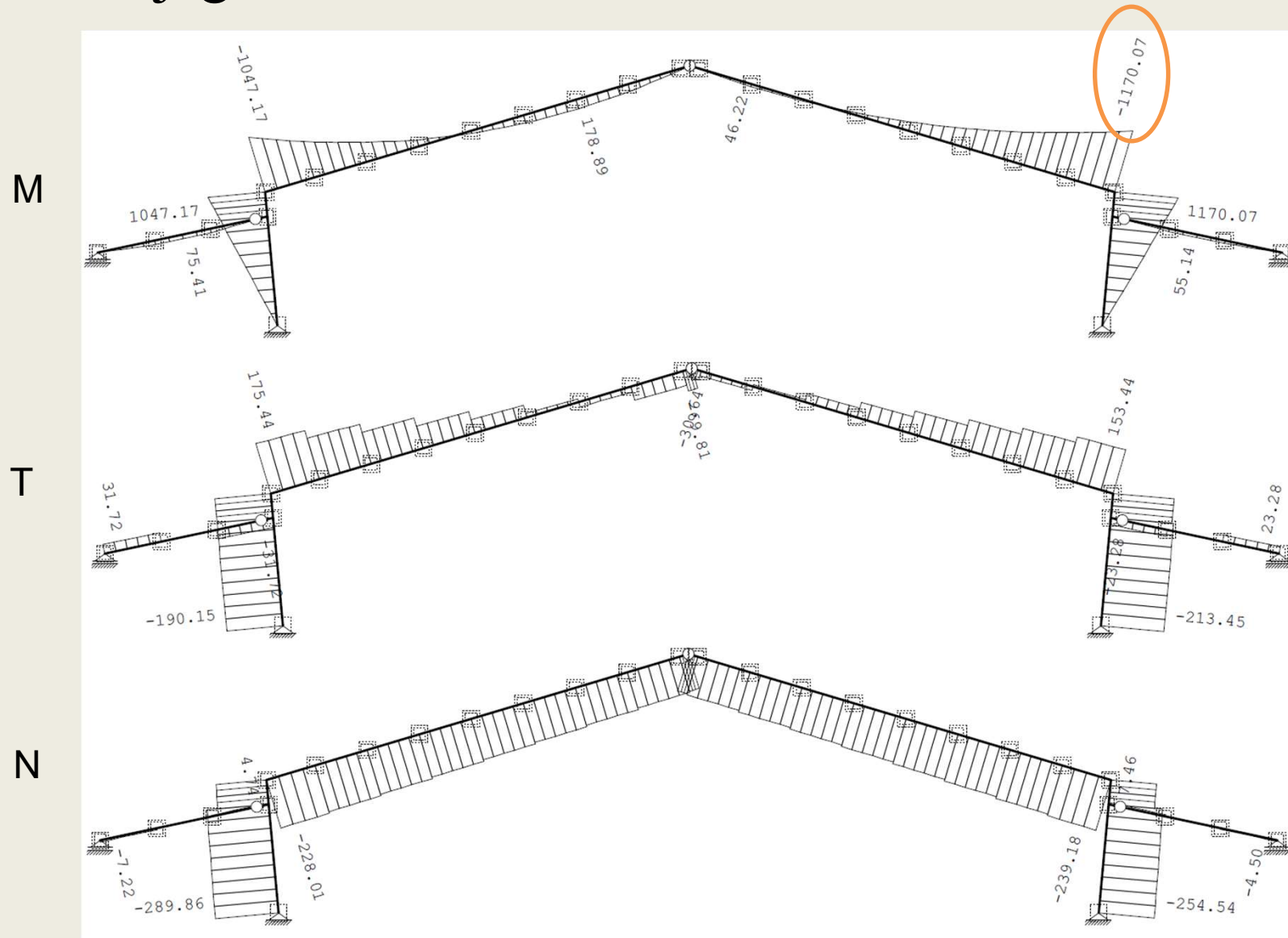
- Utisnuti lim debljine 10 mm, S355JR
- Trnovi promjera $\Phi 30$, S235JR
- Kvaliteta drva GL28k
- Širina presjeka 22 cm

Mjerodavne rezne sile

- Moment savijanja 1170 kNm
- Poprečna sila 207 kN
- Uzdužna sila 2 kN

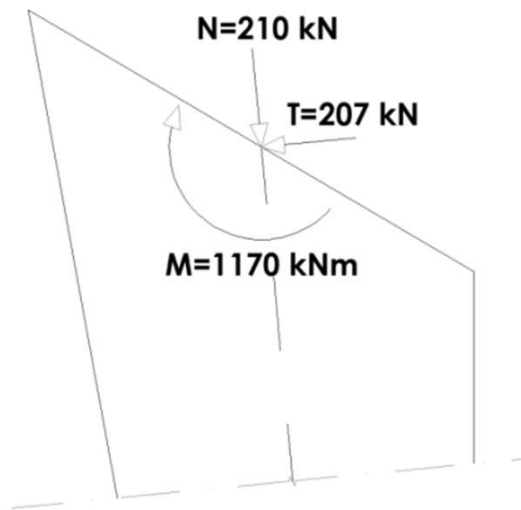


Dijagrami reznih sila

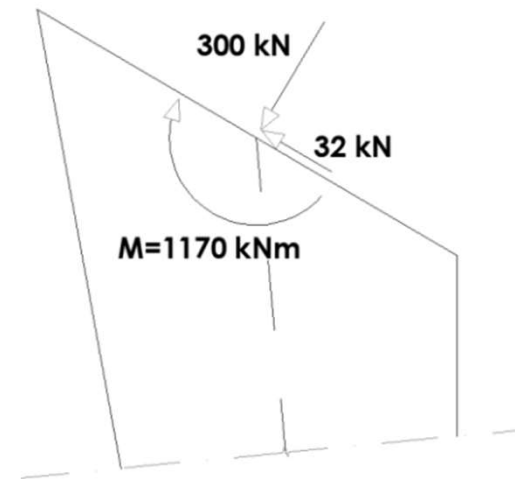


Rezne sile u čvoru

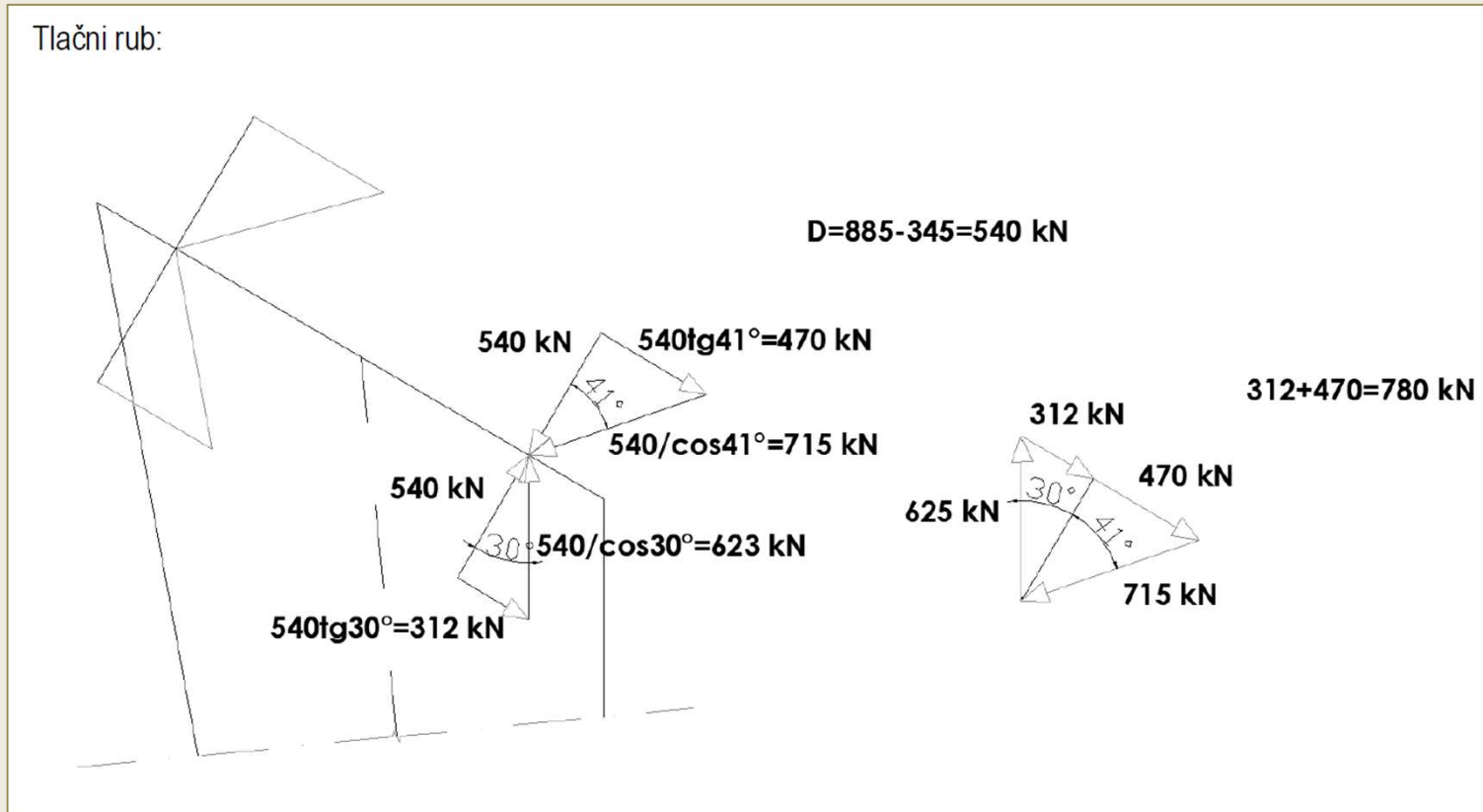
Unutarnje sile u težištu presjeka



Normalna i tangencijalna projekcija unutarnjih sila na spojnu plohu u težištu presjeka

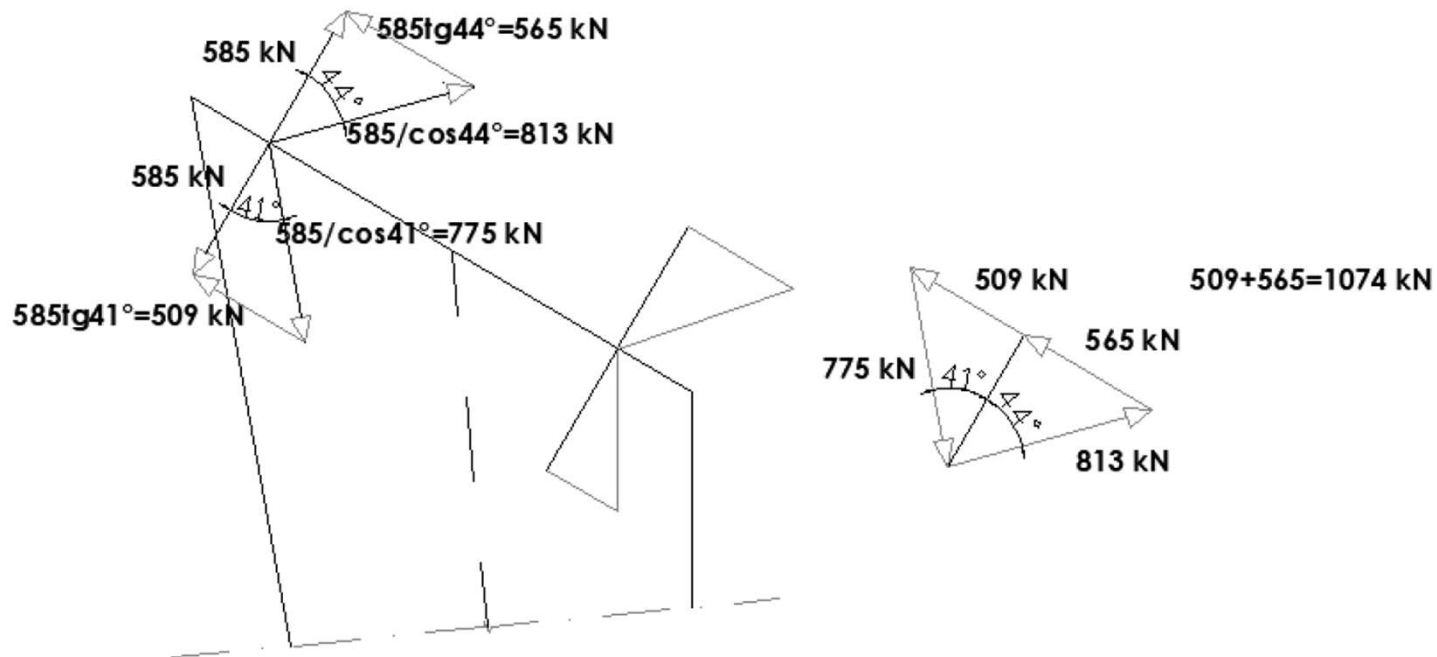


Rastavljanje momenta na spreg sila



Rastavljanje momenta na spreg sila

Vlačni rub:



Proračun potrebnog broja spajala

Greda:

trn:	Ø30	d= 30 mm	drvo $\gamma_M=$	1,3	kut opterećenja prema vlakancima $\alpha =$	3 °
kvaliteta:	S235	$f_{u,k} = 360$ N/mm ²	spajala $\gamma_M=$	1,1	gustoća drva $\rho =$	380 kg/m ³
tip drva:	meko drvo	$k_{90} = 1,8$	k_{mod}	0,9	debljina bočnog drvenog elementa $t_1 =$	10 cm

za $f_{h,0,k}$ gustoca u kg/m³, promjer u mm:

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

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

$$k_{90} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$M_{y,k} =$	748064 Nmm	moment otpora spajala
$f_{h,0,k} =$	21,812 N/mm ²	čvrstoća drva na tlak po omotaču rupe u pravcu vlakana
$f_{h,\alpha,k} =$	21,76 N/mm ²	čvrstoća drva na tlak po omotaču rupe u pravcu opterećenja

Karakteristična otpornost jedne rezne ravnine spajala:

$$F_{v,rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$F_{v,rk} =$	65293 N = 65,29 kN
	37079 N = 37,08 kN
	50831 N = 50,83 kN



Proračun potrebnog broja spajala

Greda:

trn:	Ø30	d = 30 mm	drvo $\gamma_M =$	1,3	kut opterećenja prema vlakancima $\alpha =$	3 °
kvaliteta:	S235	$f_{u,k} = 360 \text{ N/mm}^2$	spajala $\gamma_M =$	1,1	gustoća drva $\rho =$	380 kg/m ³
tip drva:	meko drvo	$k_{90} = 1,8$	$k_{mod} =$	0,9	debljina bočnog drvenog elementa $t_1 =$	10 cm

za f_{h0k} gustoća u kg/m³, promjer u mm:

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

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

$$k_{90} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$M_{y,k} = 748064 \text{ Nmm}$$

moment otpora spajala

$$f_{h,0,k} = 21,812 \text{ N/mm}^2$$

čvrstoća drva na tlak

po omotaču rupe u pravcu vlakana

$$f_{h,\alpha,k} = 21,76 \text{ N/mm}^2$$

čvrstoća drva na tlak

po omotaču rupe u pravcu opterećenja

Karakteristična otpornost jedne rezne ravnine spajala:

$$F_{v,rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$65293 \text{ N} = 65,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,rk} = 37079 \text{ N} = 37,08 \text{ kN}$$

→ mjerodavno

$$50831 \text{ N} = 50,83 \text{ kN}$$



Dokaz čeličnog lima na vlak

Provjera limova na vlačno naprezanje:

-kvaliteta čelika **S355**

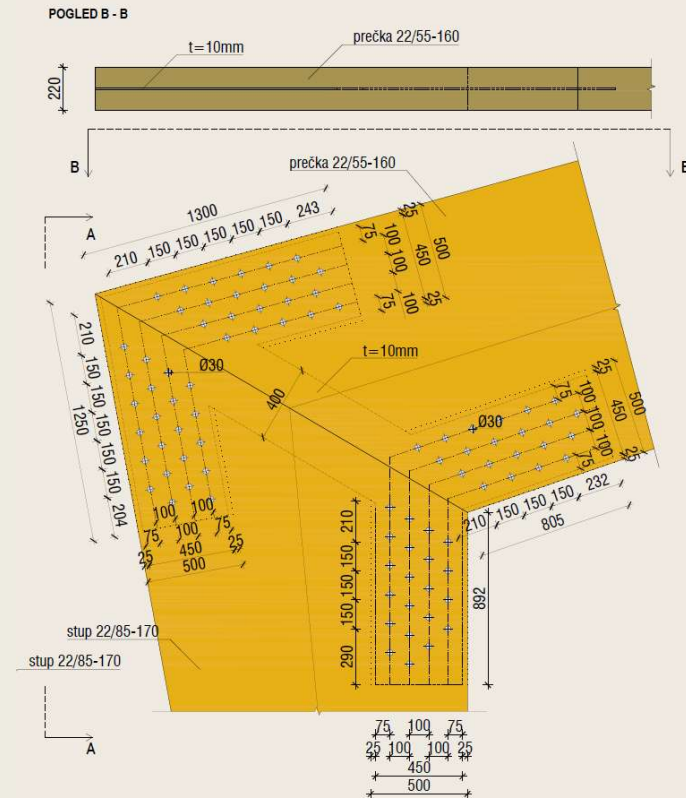
Provjera neto presjeka

$$N_{u,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M0}} = \frac{(550 \cdot 10 - 2 \cdot 33 \cdot 10) \cdot 510}{1,0} = 2213 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Ed} = 817 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Provjera bruto presjeka

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{500 \cdot 10 \cdot 355}{1,0} = 1775 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Ed} = 817 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{400 \cdot 10 \cdot 355}{1,0} = 1420 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Ed} = 817 \cdot 10^3 \text{ N}$$



Hvala na pažnji!



www.studio-arhing.hr



Studio Arhing



Studio Arhing d.o.o.

