

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
DEPARTMENT OF STEEL AND TIMBER STRUCTURES



DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE KNIHOVNY
STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Michal Žabka

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Karel Mikeš, Ph.D.

PRAHA 2017

Obsah

1. ÚVOD	3
2. VÝPOČET ZATÍŽENÍ	3
2.1. Proměnné zatížení	3
Vítr střecha	3
Vítr stěny	4
Sníh	4
Užitné zatížení	5
2.2. Stálé zatížení	5
Střešní plášť	5
Příčky	5
Schodiště	6
2.3. Návrh policového regálu	6
3. PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ	11
3.1. Předběžný návrh střešní konstrukce	11
3.2. Předběžný návrh vodorovného ztužujícího prstence	16
3.3. Předběžná dimenze stropnice	19
3.4. Bednění dřevo betonového stropu	29
3.5. Předběžný návrh průvlaku	30
4. STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	36
4.1. Popis konstrukce	36
4.2. Zatížení	38
Kombinace	39
4.3. Vnitřní síly a deformace	40
Porovnání obou variant	42
4.4. Návrh prvků konstrukce	42
4.5. Průběh vnitřních sil na konstrukci zastřešení	42
Nárožní prvky rámu	42
Posouzení	46
Mezilehlé rámy - příčle	48
Mezilehlé rámy - stojky	49
Posouzení prvků	52
4.6. Výměny a překlad	54
Vnitřní síly – výměna	54
Vnitřní síly – překlad	54
Posouzení prvků	55
Obvodový ztužující prstec	57
Posouzení prvků obvodového prstence	58
4.7. Ztužidla střechy	63
Posouzení prvků obvodového prstence	64
4.8. Reakce	66
Reakce MSÚ	67
Reakce MSP	68
5. SCHODIŠTĚ	70
5.1. Popis konstrukce	70
5.2. Zatížení	70
5.3. Trapézový plech	70
5.4. Betonová deska	71

5.5.	Ocelové stropnice schodiště výšky 1,36 m	72
5.6.	Ocelové stropnice schodiště výšky 3,06 m	75
5.7.	Ocelové stropnice schodiště výšky 4,42 m	77
	Překlad mezipodesty	80
6.	NOSNÁ KONSTRUKCE SKELETU	81
6.1.	Popis nosné konstrukce.....	81
6.2.	Zatížení.....	84
6.3.	Kombinace	88
6.4.	Návrh prvků nosné konstrukce.....	88
6.5.	Vnitřní síly strop nad 4.NP	88
	Stropnice	89
	Průvlaky stropu nad 4.NP	97
	Betonová deska	105
	Sloupy a diagonály.....	107
6.6.	Stropní konstrukce nad 3.NP	111
	Stropnice v místě sloupů	120
	Vnitřní síly dle MSÚ – průvlaky.....	123
	Vnitřní síly dle MSÚ – na průvlaku P8.....	127
	Sloupy a diagonály.....	130
	Požární posouzení sloupu.....	130
	Průvlak stropu nad 1.NP	135
6.7.	Návrh sloupu skeletu.....	138
	Požární posouzení sloupu.....	142
6.8.	Ztužující diagonály v 1.NP	144
7.	SPOJE KONSTRUKCE	148
7.1.	Spoje střešní konstrukce	148
	Přípoj příčle k vrcholové vaznici	148
	Montážní spoj příčle.....	151
	Uložení sloupu	153
	Kotvení obvodového ztužujícího prstence	156
	Rámový roh.....	158
7.2.	Spoje těžkého skeletu	162
	Uložení stropnice na krátkou betonovou konzolu	162
	Přípoj stropnice na průvlak	162
	Uložení sloupu na průvlak	163
	Spoj sloup – průvlak – sloup.....	165
	Uložení středního sloupu.....	168
	Uložení sloupu se ztužidlem	169
8.	ZÁVĚR	175

1. Úvod

Předmětem diplomové práce je návrh nosné konstrukce zadaného objektu knihovny. Statický návrh se týká konstrukce zastřešení objektu, těžkého dřevěného skeletu samotné knihovny a v rozšiřující části založení objektu. Statický posudek se netýká návrhu a posouzení betonového ztužujícího jádra a obvodových stěn. Vzhledem k rozsahu objektu jsou řešeny v rámci statického výpočtu pouze vybrané části konstrukce a detaily. Pro zjednodušení výpočtového modelu byla konstrukce rozdělena na dva samostatné modely. Model skeletu a model střechy, které následně svými reakcemi zatěžuje model skeletu.

Modely jednotlivých konstrukcí jsou prutové, pouze technická ztužující jádra skeletu jsou vymodelována jako desková stěnová betonová konstrukce. Spřažená dřevo-betonová deska není v modelu uvažována. Vzhledem k tomu, že stropnice tvoří prosté nosníky, nemá jejich tuhost vliv na hodnotu vnitřních sil. Betonová deska tvoří jeden ze zatěžovacích stavů konstrukce. Hodnoty průhybu jsou v posudku sníženy, v poměru tuhostí spřažené ku nespřažené stropnici.

Požární odolnost konstrukce stropu, tj. stropnic a průvlaků, zajistí zavěšený podhled s dvojitým opláštěním z desek RF 12,5. Konstrukce přímo vystavené požáru jsou sloupy a ztužující diagonály, které jsou navrženy s požární odolností R 60.

Hodnoty vnitřních sil a deformace konstrukce jsou vypočteny metodou konečných prvků (MKP). Výpočet je proveden lineárně, není uvažována teorie II. řádu.

Jednotlivé pruty jsou MKP děleny na 10 dílů a jejich délka nepřesahuje 0,5 m. Při posuzování jednotlivých prvků je využit program FINE EC v5 s příslušnými moduly.

Popis jednotlivých částí konstrukce je vždy u příslušné kapitoly.

2. Výpočet zatížení

2.1. Proměnné zatížení

Vítr střecha

Hodnoty zatížení větrem spočteny v programu FIN EC v5

větrná oblast: I

kategorie terénu: III

rozměry střechy: 45,6 x 34,6 m

referenční výška: 28,5 m

sklon střechy: 45°

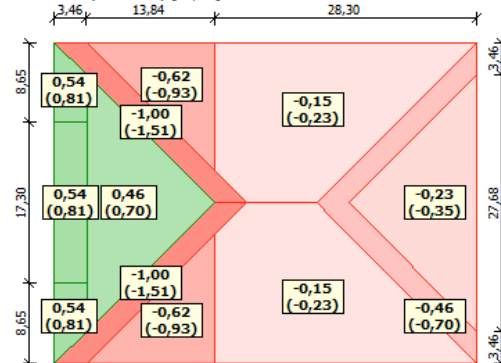
PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM - STŘECHA

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:	I
Rychlost větru	$v_{b,0} = 22,50$ m/s
Kategorie terénu:	III
Referenční výška budovy	$z_e = 28,50$ m
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,00$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,00$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,250$ kg/m ³
Součinitel orografie	$c_o = 1,00$
Maximální dynamický tlak	$q_p = 0,77$ kN/m ²
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$
Plocha pro stanovení c_{pe}	$A = 10,00$ m ²

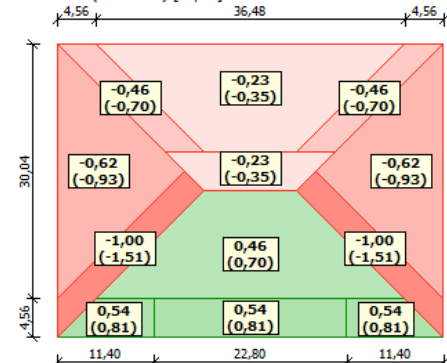
Podélný vítr

Vítr zleva 2 (tlak a sání) [kN/m²]



Příčný vítr

Vítr zdola 2 (tlak a sání) [kN/m²]



Vítr stěny

Hodnoty zatížení větrem spočteny v programu FIN EC v5

Vítr příčný

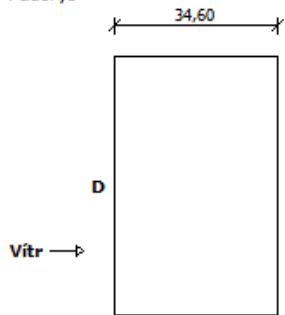
Stěny pravouhlého objektu

Výška objektu $h = 11,50$ m

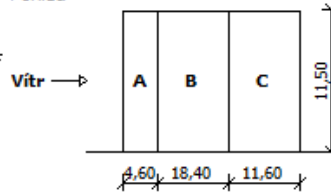
Délka objektu $d = 34,60$ m

Šířka objektu $b = 45,60$ m

Půdorys



Pohled



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
11,50	-0,68 (-1,03)	-0,46 (-0,68)	-0,28 (-0,43)	0,41 (0,61)	-0,18 (-0,28)

Vítr podélný

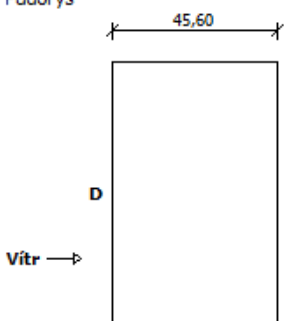
Stěny pravouhlého objektu

Výška objektu $h = 11,50$ m

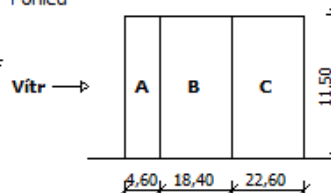
Délka objektu $d = 45,60$ m

Šířka objektu $b = 34,60$ m

Půdorys



Pohled



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
11,50	-0,68 (-1,03)	-0,46 (-0,68)	-0,28 (-0,43)	0,40 (0,60)	-0,17 (-0,26)

Sníh

Hodnoty zatížení sněhem spočteny v programu FIN EC v5

sněhová oblast: I

sklon střechy $\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ SNĚHEM

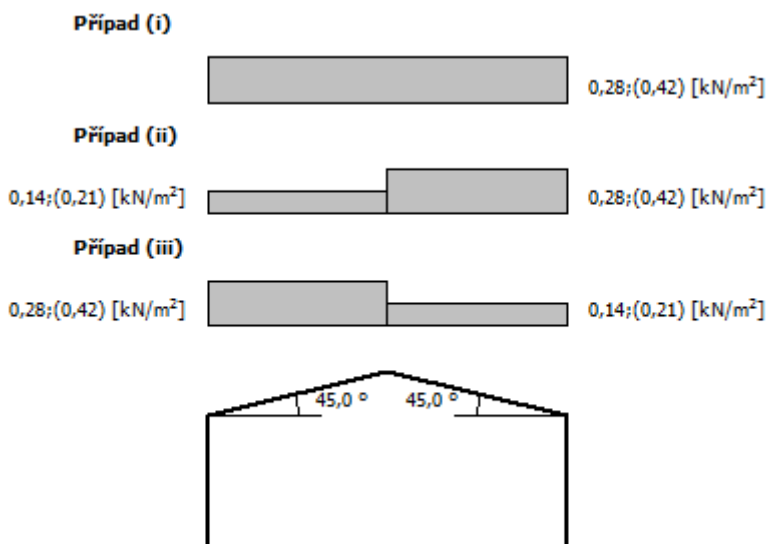
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast: I
 Charakteristická hodnota zatížení $s_k = 0,70$ kN/m²
 Typ krajiny: normální
 Součinitel expozice $C_e = 1,00$
 Tepelný součinitel $C_t = 1,00$
 Součinitel zatížení $\gamma_f = 1,50$

Tvar zastřešení: sedlová střecha

Sklon střechy $\alpha_1 = 45,0^\circ$
 Sklon střechy $\alpha_2 = 45,0^\circ$
 Tvarový součinitel $\mu_1(\alpha_1) = 0,40$
 Tvarový součinitel $\mu_1(\alpha_2) = 0,40$

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)



Užitné zatížení

Na konstrukci působí dle způsobu využití různé kategorie užitného zatížení. Hodnoty rovnoměrného spojitého zatížení na konstrukci jsou uvažovány takto:

chodby a čítárny – kategorie C1	$q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$
výstavní plochy – kategorie C3	$q_k=5,0 \text{ kN/m}^2$
kancelářské plochy – kategorie B	$q_k=2,5 \text{ kN/m}^2$
přemístitelné příčky	$q_k= 0,8 \text{ kN/m}^2$

2.2. Stálé zatížení

hodnoty jsou spočteny podle navržených skladeb níže

Podlaha 1.NP – 5.NP

skladba stropu	tl.[m]	$\rho[\text{kN/m}^3]$	$g_k[\text{kN/m}^2]$	$\gamma_G[-]$	$g_d[\text{kN/m}^2]$
Keramická dlažba + lepidlo	0,02	20,00	0,40	1,35	0,54
Betonová mazanina	0,05	25,00	1,25	1,35	1,69
Kročejová izolace	0,05	0,50	0,03	1,35	0,03
SDK podhled	-	-	0,25	1,35	0,34
			1,93	1,35	2,60
Betonová deska	tl.[m]	$\rho[\text{kN/m}^3]$	$g_k[\text{kN/m}^2]$	$\gamma_G[-]$	$g_k[\text{kN/m}^2]$
Betonová deska	0,08	25,00	2,000	1,35	2,700
			2,000	1,35	2,700

Střešní plášť

skleněná fasáda	tl.[m]	$\rho[\text{kN/m}^3]$	$g_k[\text{kN/m}^2]$	$\gamma_G[-]$	$g_k[\text{kN/m}^2]$
zasklení včetně rámu (22 + 12 + 22)	0,056	26,00	1,46	1,35	1,97
			1,46		1,97

Příčky

Příčky	tl.[m]	$\rho[\text{kN/m}^3]$	$g_k[\text{kN/m}^2]$	$\gamma_G[-]$	$g_d[\text{kN/m}^2]$
OSB záklop	0,03	6,00	0,15	1,35	0,2025
Dřevěný rošt 200x 50 mm	-	5,00	0,08	1,35	0,108
Akustická izolace	0,20	0,40	0,08	1,35	0,108
OSB záklop	0,03	6,00	0,15	1,35	0,2025
			0,46	1,35	0,62

Schodiště

schodiště	tl.[m]	ρ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]	γ_G [-]	g_d [kN/m]
Keramická dlažba + lepidlo	0,002	-	0,02	1,35	0,02
Náhradní výška stupně	0,07	25,00	1,75	1,35	2,36
SDK podhled	-	-	0,25	1,35	0,34
			2,02	1,35	2,72

2.3. Návrh policového regálu

Pro volný výběr knih slouží otevřené policové regály, z kterých je možno si brát vystavené knihy. Regály jsou umístěny vždy po obvodě daného patra a slouží nejen pro vystavení knih, ale i jako zábradlí pro vyšší patra. Celková výška regálu je 5,0 m. Regály jsou dřevěné, sloupky mají osovou vzdálenost maximálně 1,00 m. Šířka a výška police je 0,40 m, poslední 3 řady mají výšku 0,25 m. Sloupky jsou uloženy na ocelový plech, který zaručí přibližně rovnoměrný roznos zatížení do betonové desky, respektive do dřevěných stropnic. Vodorovné kotvení regálů je přímo do betonové desky.

Zatížení :

zatížení od knih

svislé zatížení (zábradlí)

vodorovné zatížení (zábradlí)

$$g_k = 10 \times 0,4 \times 0,4 = 1,6 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 1,0 \text{ kN/m}$$

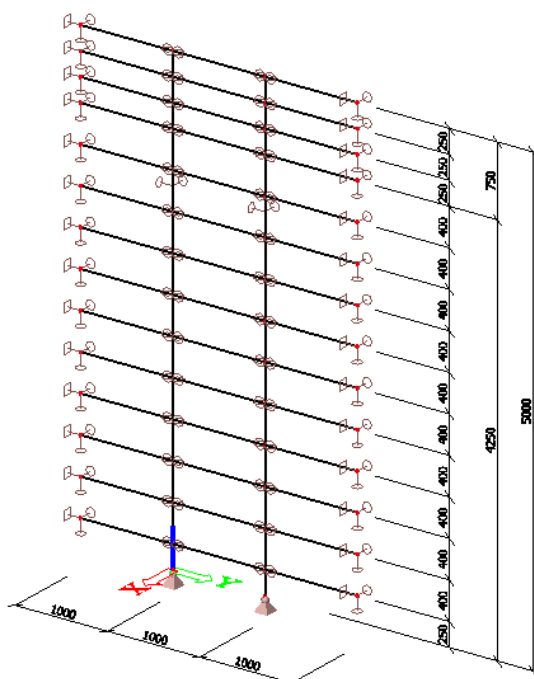
$$q_k = 1,0 \text{ kN/m}$$

Geometrie:

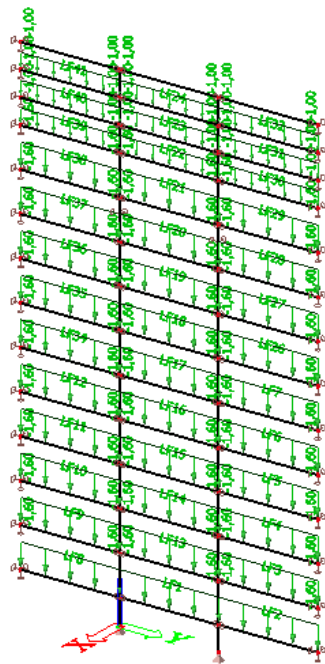
Pro výpočet regálu byl vymodelován výsek 2 sloupků s přilehlými policemi. Všechny spoje prvků jsou modelovány jako klouby. Podpory v místě uložení na podlahu jsou pevné klouby, pro stabilizaci ve vodorovné rovině jsou sloupky podepřeny dvojicí kloubů, se zabráněným posunem ve směru X, Y a volným posunem ve směru Z. Kloub reprezentuje uchycení regálu ke stropní konstrukci dalšího patra.

Prutový model

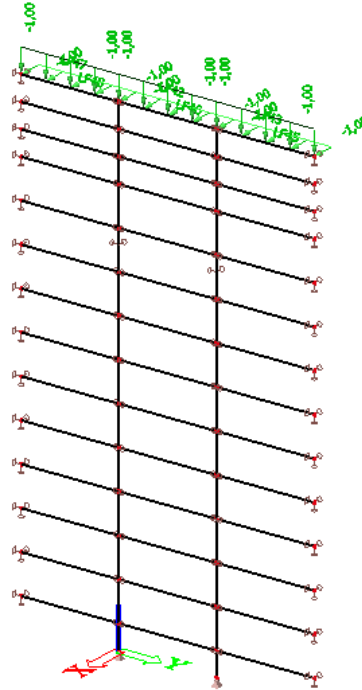
Renderovaný model



Zatížení konstrukce:
stálé zatížení



užitné zatížení



Kombinace

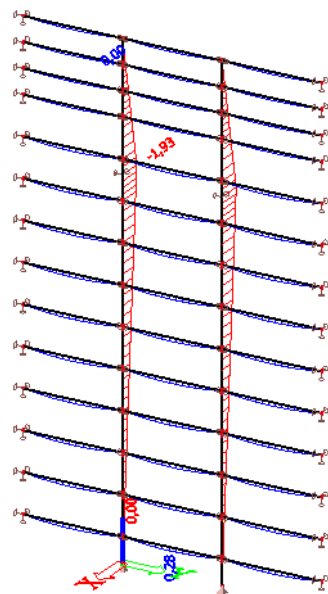
MSÚ : 1,35 ZS1(vl. tíha) + 1,35 ZS2(ostatní stálé) + 1,5 ZS3(proměnné užité)
MSP : 1,0 ZS1(vl. tíha) + 1,0 ZS2(ostatní stálé) + 1,0 ZS3(proměnné užité)

Předpokládané dimenze prvků

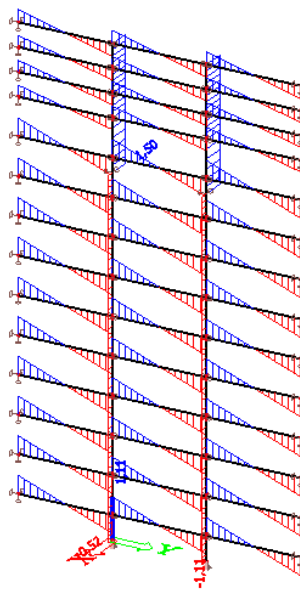
police regálů – 400x 30 mm z dřeva C24
sloupků regálů – 400x 40 mm z dřeva C24

Vnitřní síly:

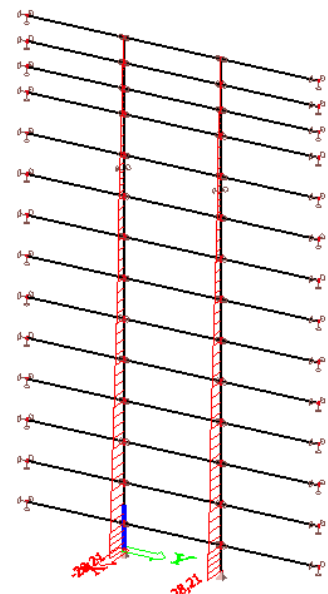
My[kNm]

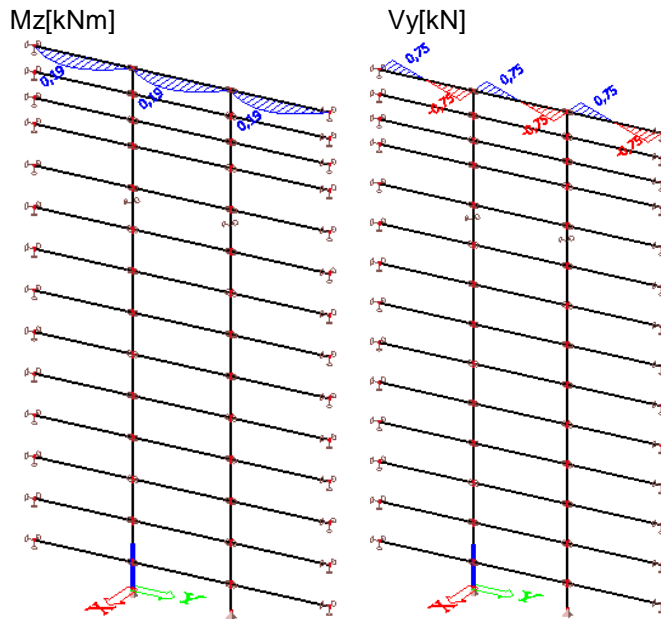


Vz[kNm]



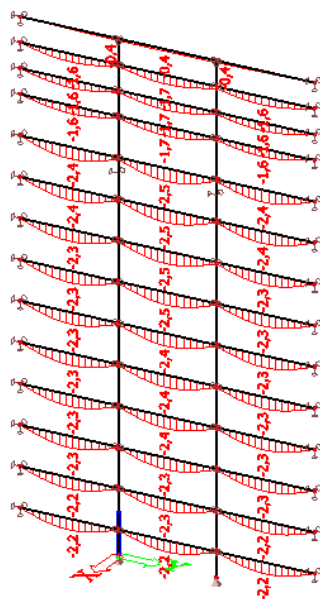
N[kN]



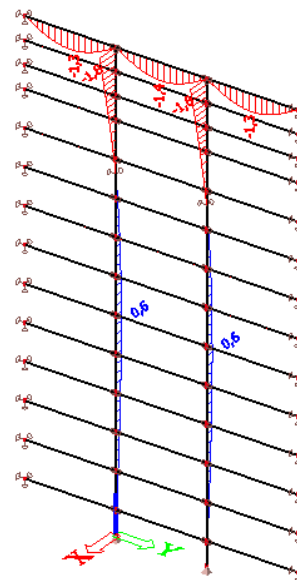


Deformace :

svislá deformace u_z [mm]
 od stálého zatížení



svislá a vodorovná deformace u_z, u_x [mm]
 od užitečného zatížení



Průhyb:

svislý průhyb $w_{lim} = l/300 = 1000/300 = 3,33 > 2,5$ mm Vyhovuje
 průhyb po dotvarování – svislý průhyb od stálého zatížením – $k_{def} = 0,6$
 průhyb po dotvarování
 $u_{fin} = u_z \times (1 + k_{def}) = 2,5 \times (1 + 0,6) = 4,0$ mm $< l/200 = 1000/200 = 5,0$ Vyhovuje
 vodorovný průhyb $w_{lim} = l/500 = 1000/500 = 2,0 > 1,6$ mm Vyhovuje
 průhyb po dotvarování – vodorovný průhyb způsoben užitečným zatížením – $k_{def} = 0$
 proto $u_{fin} = u_z$.

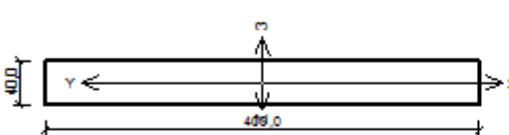
Návrh:

Sloupky rozměru 400x 40 mm z rostlého dřeva C24(S10)
Police rozměru 400x 30 mm z rostlého dřeva C24(S10)

Posouzení:

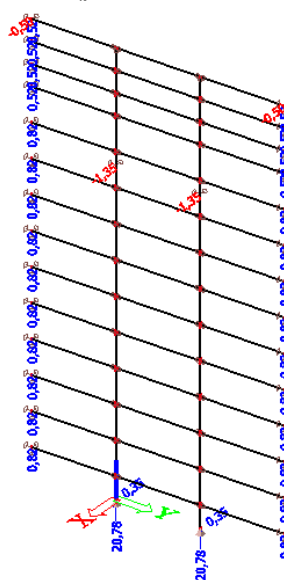
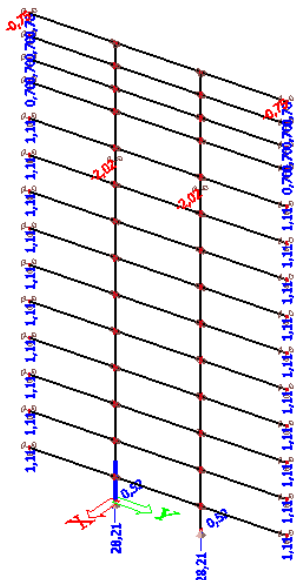
konstrukce je v třídě provozu 1, délka trvání zatížení je střednědobé

police regál																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 400x30 Rozměry: Výška průřezu $h = 30,0$ mm Šířka průřezu $b = 400,0$ mm</p> <p>Materiál: S10 (C24) - jehličnaté Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 350,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table> <tr><td>$N = 0,000$ kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,350$ kNm</td><td>$V_z = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 1,500$ kN</td><td></td></tr> </table>		$N = 0,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 0,350$ kNm	$V_z = 0,000$ kN	$V_z = 1,500$ kN																									
$N = 0,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 0,350$ kNm	$V_z = 0,000$ kN																														
$V_z = 1,500$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 1,000$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán Délka úseku pro vzpěr $L_y = 1,000$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán</p>																															
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = 0,000$ kN; $M_y = 0,350$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 1,500$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek ohybu: Únosnost: $M_{y,R} = 1,152$ kNm $0,304 + 0,000 = 0,304 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_R = 13,194$ kN $0,114 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 115,5</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

regal sloup																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 400x40</p> <p>Rozměry: Výška průřezu $h = 400,0$ mm Šířka průřezu $b = 400,0$ mm</p> <p>Materiál: S10 (C24) - jehličnaté Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table border="0"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 350,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³
	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																												
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Dlouhodobé zatížení</p> <table border="0"> <tr><td>$N = -8,100$ kN</td><td></td><td>$M_z = -2,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td></td><td>$V_y = 1,500$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td></td><td></td></tr> </table>		$N = -8,100$ kN		$M_z = -2,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm		$V_y = 1,500$ kN	$V_z = 0,000$ kN																							
$N = -8,100$ kN		$M_z = -2,000$ kNm																													
$M_y = 0,000$ kNm		$V_y = 1,500$ kN																													
$V_z = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 3,750$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Délka úseku pro vzpěr $L_y = 0,400$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$</p> <p>Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 3,750$ m Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 0,400$ m</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení</p> <p>Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -8,100$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = -2,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 1,500$ kN</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_R = 169,092$ kN; $M_{z,R} = 13,785$ kNm $-0,048 + 0,000 + -0,145 = -0,193 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_R = 15,393$ kN $0,097 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 34,6</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

Reakce
 MSÚ

MSP $\gamma = 1,36$ (pro svislé reakce)
 $\gamma = 1,50$ (pro vodorovnou reakci)



Přepočítání reakce na plošné zatížení
 zatěžovací plocha sloupu $A = 0,4 \times 1,0$
 $R_k = 20,78 \text{ kN} \Rightarrow r_k = 20,78 / (0,4 \times 1,0) = 51,95 \approx 52,00 \text{ kN/m}^2$
 Objemová tíha konstrukce regálu s knihami
 $g_k = 52,00 / 5,00 = 10,20 \text{ kN/m}^3$
 Zatížení na konstrukci od regálů je klasifikováno jako stálé zatížení.

3. Předběžný návrh hlavních nosných prvků

Předběžný návrh hlavních nosných prvků střešky a skeletu má za úkol zjistit na jednoduchých 2D modelech, předběžné dimenze nosných prvků, vybrat staticky nejvýhodnější řešení a ověřit výsledky z 3D modelu.

3.1. Předběžný návrh střešní konstrukce

Střešní konstrukci tvoří trojúhelníkové rámy z lepeného lamelového dřeva. Tvar střešky je valbový, kdy rámy v místě valby jsou uloženy na nárožní prvky. Vymodelovaná část konstrukce je ze střední části konstrukce. Rozpon rámu je v tomto místě $L = 33,65 \text{ m}$, stojky jsou svislé, přímé výšky $4,7 \text{ m}$ a $7,4 \text{ m}$. Příčle svírají se stojkami úhel 45° , délka příčle je $23,65 \text{ m}$. Pro návrh je rozhodující velikost ohybového momentu v rámovém rohu. Dle empirických vzorců má být výška prvků $L/20$ až $L/30$ tedy $33,65/20 - 33,65/30 = 1,68 - 1,12 \text{ m}$. Protože vzdálenost rámu je $1,2 \text{ m}$, bude výška prvků blíže hodnotě $L/30$. Pro výpočet je zvolen průřez $1100 \times 200 \text{ mm}$ z lepeného lamelového dřeva GL28h. Pro omezení velikosti vodorovných deformací je navržen vodorovný obvodový příhradový vazník, umístěný $1,0 \text{ m}$ pod rámovým rohem. Obvodový vazník je v modelu reprezentován vodorovnou podporou s odhadnutou tuhostí $0,5 \text{ MN/m}$. V předběžném návrhu je porovnán model s uvažováním vodorovného ztužení a bez něj. Při návrhu je nutné počítat s tím, že rámový roh je v modelu dokonale tuhý, což ale není pravda a ve skutečnosti se bude chovat jako polotuhý styk. Kvůli tomu dojde k redistribuci ohybového momentu, který se zmenší a dojde k navýšení momentů v příčle. Proto je nutné ponechat určitou rezervu v únosnosti příčle. Zatížení a geometrie níže.

Zatížení:

zatěžovací šířka $b = 1,2 \text{ m}$

Ostatní stálé (fasáda)

Užitné zatížení

Sníh plný

Sníh poloviční

Vítr příčný tlak

$$g_k = 1,2 \times 1,46 = 1,75 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 1,2 \times 0,50 = 0,60 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 1,2 \times 0,28 = 0,34 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 1,2 \times 0,14 = 0,17 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 1,2 \times 0,54 = 0,65 \text{ kN/m}$$

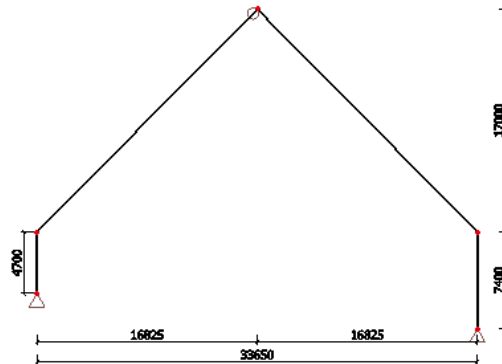
$$q_k = 1,2 \times 0,46 = 0,55 \text{ kN/m}$$

sání
stěny

$$q_k = 1,2x - 0,23 = -0,28 \text{ kN/m}$$
$$q_k = 1,2x 0,41 = 0,50 \text{ kN/m}$$
$$q_k = 1,2x - 0,18 = -0,22 \text{ kN/m}$$
$$q_k = 1,2x 0,15 = 0,18 \text{ kN/m}$$
$$q_k = 1,2x - 0,46 = -0,55 \text{ kN/m}$$

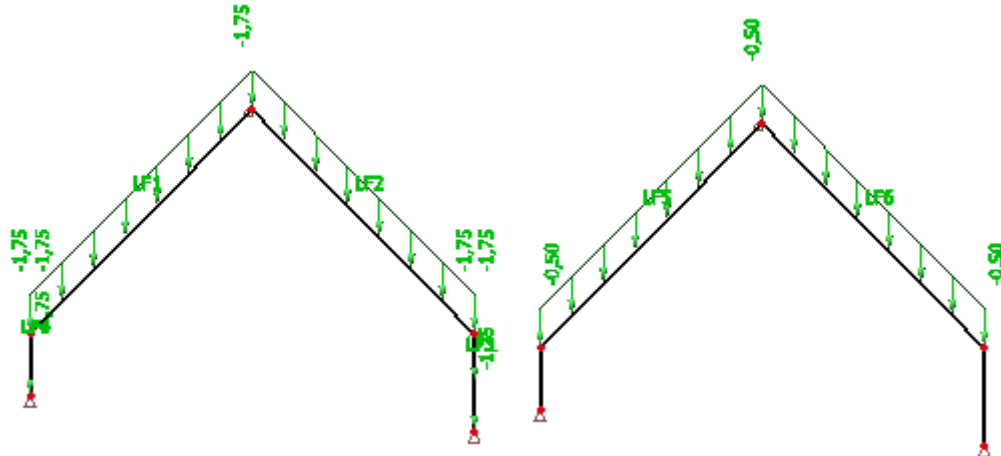
Vítr podélný sání
stěny

Geometrie



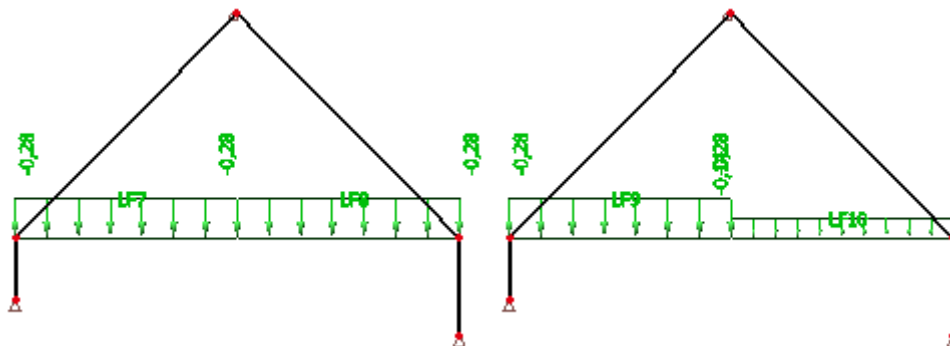
Zatížení

vl. tíha prvků je generována automaticky programem Scia Engineer
Ostatní stálé Užitné

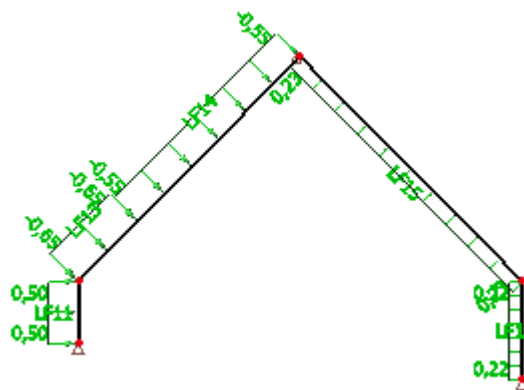


Sníh plný

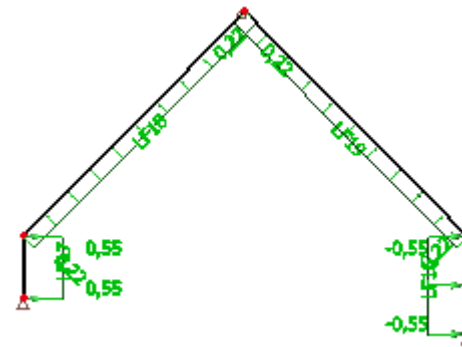
Sníh poloviční



Vítr příčný



Vítr podélný



Kombinace

Dominantní užité zatížení je od větru, užité zatížení pro vedení instalací se uvažuje se součiniteli $\psi_1=1,0$ a $\psi_2=0,3$, zatížení od sněhu se uvažuje se součiniteli $\psi_1=0,5$ a $\psi_2=0$.

MSÚ 1: 1,35 vl.tíha + 1,35 ostatní stálé + 1,5 užité + 1,5 vítr příčný + 1,5x 0,5 sníh plný

MSP 1: 1,0 vl.tíha + 1,0 ostatní stálé + 1,0 užité + 1,0 vítr příčný + 1,0x 0,5 sníh plný

MSÚ 2: 1,35 vl.tíha + 1,35 ostatní stálé + 1,5 užité + 1,5 vítr příčný + 1,5x 0,5 sníh poloviční

MSP 2: 1,0 vl.tíha + 1,0 ostatní stálé + 1,0 užité + 1,0 vítr příčný + 1,0x 0,5 sníh poloviční

dominantní zatížení od sání větru

MSÚ 3: 1,0x 0,9 vl.tíha + 1,0x 0,9 ostatní stálé + 1,5 vítr podélný

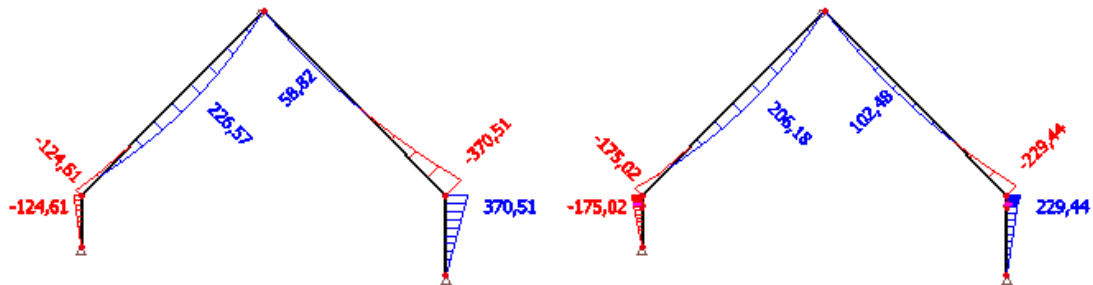
MSP 2: 1,0x 0,9 vl.tíha + 1,0x 0,9 ostatní stálé + 1,0 vítr podélný

Návrh

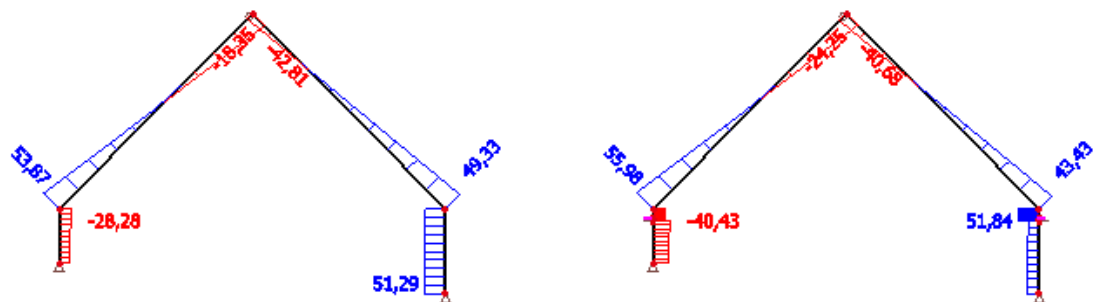
Příčle a stojky navrženy průřezu 200x 1100 mm z dřeva GL28 h

Vnitřní síly – obálky vnitřních sil

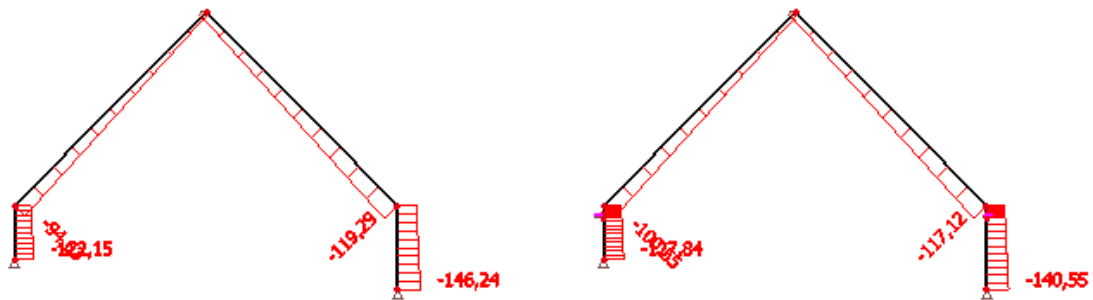
Model 1 – bez zamezení vodorovní deformace Model 2– se zamezení vodorovní deformace
 My[kNm]



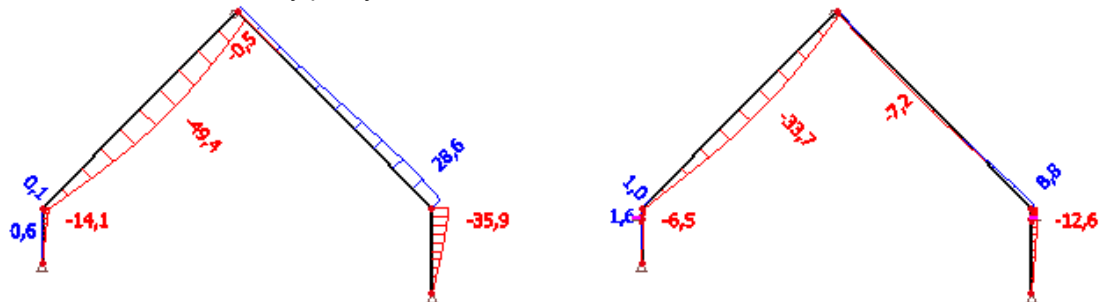
Vz[kN]



N[kN]



deformace uz – okamžitý průhyb



příčle $w_{lim} = 23900/500 = 47,8 \text{ mm} < 49,4 \text{ mm}$ Model I
 $> 33,7 \text{ mm}$ Model II

Nevyhovuje
 Vyhovuje

stojka 1 $w_{lim} = 7400/500 = 14,8 \text{ mm} < 35,9 \text{ mm}$ Model I
 $> 12,6 \text{ mm}$ Model II

Nevyhovuje
 Vyhovuje

stojka 2 $w_{lim} = 4700/500 = 9,4 \text{ mm} < 14,1 \text{ mm}$ Model I
 $> 6,5 \text{ mm}$ Model II

Nevyhovuje
 Vyhovuje

dlouhodobí průhyb

stálé zatížení $u_{z,1} = 16,8 \text{ mm}$

užitné zatížení $u_{z,2} = 3,1 \text{ mm}$

$w_{fin} = u_{z,1} \times (1 + k_{def}) + u_{z,2} \times (1 + \psi 2k_{def}) = 16,8 \times (1 + 0,6) + 3,1 \times (1 + 0,3 \times 0,6) = 30,6 \text{ mm}$

$w_{lim} = L/300 = 23900/300 = 79,6 > 30,6 \text{ mm}$

Vyhovuje

Posouzení modelů

Vliv vodorovného stažení se pozitivně podepisuje na maximální hodnotě ohybového momentu v místě rámového rohu i na velikosti svislých, tak i vodorovných deformací, které je nutné vzhledem ke skleněné fasádě minimalizovat. Pro detailnější řešení 3D modelu byl vybrán model s vodorovným ztužujícím prstencem.

Posouzení prvků

vnitřní síly z rozhodující kombinace

příčle: $M_y = -230 \text{ kNm}$; $V_z = 45 \text{ kN}$; $N = -120 \text{ kN}$

trvání zatížení: krátkodobé

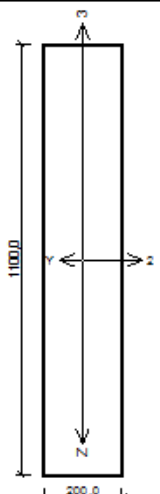
stojka: $M_y = -230 \text{ kNm}$; $V_z = 52 \text{ kN}$; $N = -115 \text{ kN}$

trvání zatížení: krátkodobé

prvek příčle zajištěn proti vzpěru a klopení po 5,0 m

Prvky zabudované v třídě prostředí 1, doba trvání zatížení je krátkodobé.

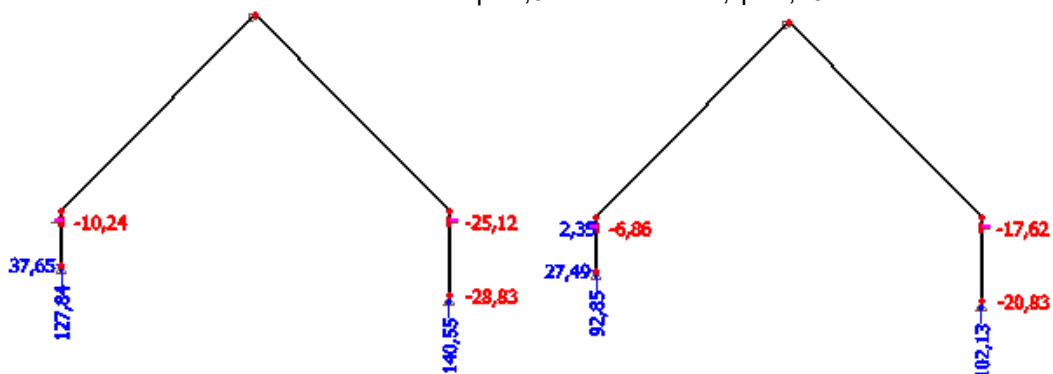
příče																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x1100 Rozměry: Výška průřezu $h = 1100,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table border="0"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_H pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Krátkodobé zatížení</p> <table border="0"> <tr><td>$N = -120,000$ kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = -230,000$ kNm</td><td>$V_y = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 45,000$ kN</td><td></td></tr> </table>		$N = -120,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = -230,000$ kNm	$V_y = 0,000$ kN	$V_z = 45,000$ kN																									
$N = -120,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = -230,000$ kNm	$V_y = 0,000$ kN																														
$V_z = 45,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $l_{cr,z} = 5,000$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Délka úseku pro vzpěr $l_{cr,y} = 23,900$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 0,700$ Vzpěrná délka $l_{cr,y} = 16,730$ m</p>	<p>Klopení: Klopení M_y: $l_{cr,y} = 5,000$ m Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením Poloha zatížení: Nahore Klopení M_z: $l_{cr,y} =$ Nežadáno Typ nosníku a zatížení: Nežadáno</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -120,000$ kN; $M_y = -230,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 45,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_{Rt} = 3823,081$ kN; $M_{y,R} = 813,120$ kNm $-0,031 + 0,283 + 0,000 = -0,314 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{Rt} = 247,632$ kN $0,182 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dilce: 86,6</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

stojka																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x1100 Rozměry: Výška průřezu $h = 1100,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lpené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="font-size: small;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{t,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{t,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{t,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Krátkodobé zatížení</p> <table style="font-size: small;"> <tr><td>$N = -115,000$ kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = -230,000$ kNm</td><td>$V_z = 52,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_y = 0,000$ kN</td><td></td></tr> </table>		$N = -115,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = -230,000$ kNm	$V_z = 52,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																									
$N = -115,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = -230,000$ kNm	$V_z = 52,000$ kN																														
$V_y = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 7,400$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 0,700$ Délka úseku pro vzpěr $L_y = 7,400$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 0,700$</p> <p style="text-align: right;">Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 5,180$ m Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 5,180$ m</p>	<p>Klopení: Klopení M_y: $l_{y1} = 7,400$ m Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením Poloha zatížení: Nahore</p> <p>Klopení M_z: $l_{y1} =$ Nezdáno Typ nosníku a zatížení: Nezdáno</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -115,000$ kN; $M_y = -230,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 52,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_R = 4435,200$ kN; $M_{y,R} = 806,257$ kNm $-0,026 + -0,285 + 0,000 = -0,311 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_R = 247,632$ kN $0,210 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 89,7 Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

Reakce MSÚ

MSP

$\gamma = 1,37$ svislá reakce; $\gamma = 1,43$ vodorovná reakce

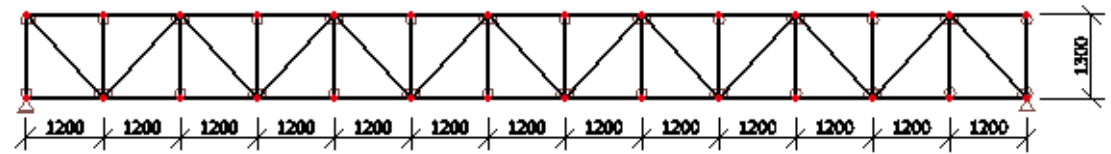


3.2. Předběžný návrh vodorovného ztužujícího prstence

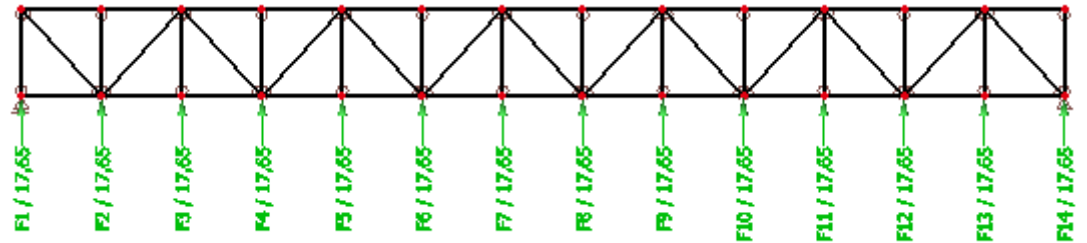
Vodorovný příhradový nosník je navržen z ocelových profilů. Osová vzdálenost vnitřního a vnějšího pásu je 1,3 m, svislice tvoří dvojice UPN nosníků, které obepínají každý sloup z boku. Mezi svislice jsou vloženy diagonály. Vazník je stažen přibližně ve třetinách ocelovými táhly. Prvek je zatížen vodorovnými reakcemi

z jednotlivých ráků. Podmínkou pro nosník je deformace rovna nebo menší
 12,6 mm. Vymodelovaná je část konstrukce délky 15,0 umístěná mezi táhly.

Geometrie



Zatížení



Kombinace

MSÚ: 1,42 reakce

MSP: reakce

Návrh

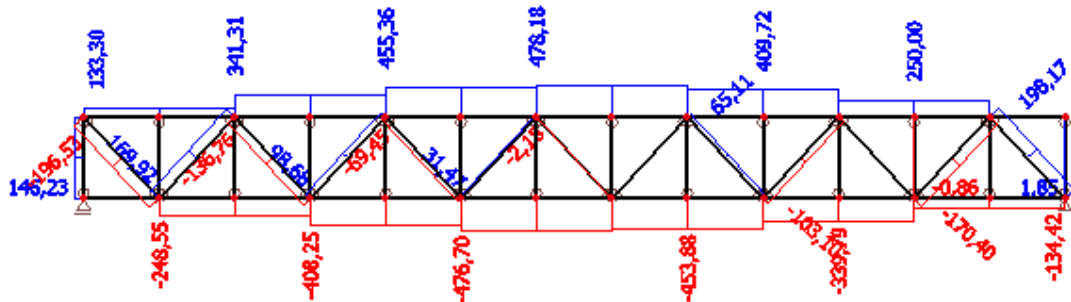
vnitřní a vnější pás navržen z profilu HEB 180 z oceli S 235

diagonály navrženy z jacklu 80x80x6 mm z oceli S 235

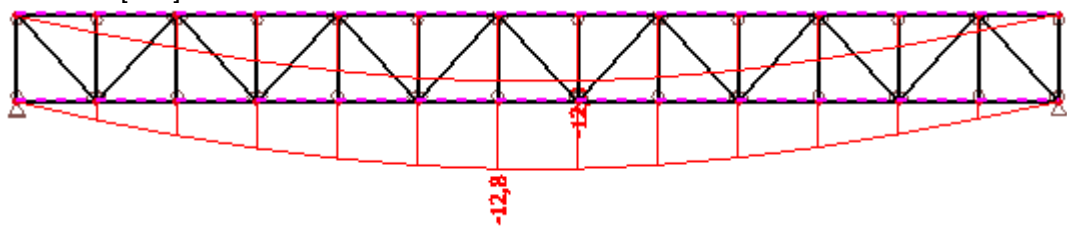
svislice navrženy konstrukčně z UPN 160 z oceli S 235

Vnitřní síly

N[kN]



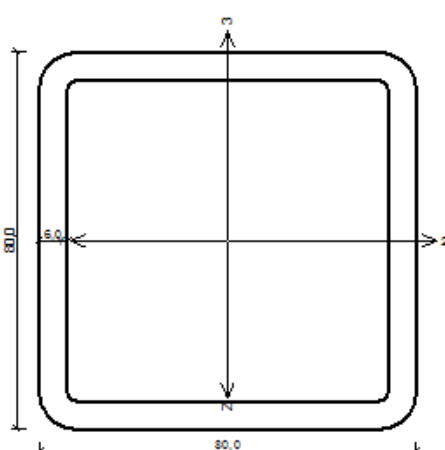
uz[mm]



deformace odpovídá požadované deformaci $uz = 12,8 \approx 12,6$ mm

Posouzení

pás	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez HE 180 B Průřezová plocha: $A = 6,525E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 90,0 \text{ mm}$ $z_T = 90,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 3,831E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,363E07 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -4,257E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,514E05 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 4,257E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,514E05 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_t = 4,216E05 \text{ mm}^4$ Výšečový moment setrvačnosti: $I_o = 9,375E10 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 4,814E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,310E05 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_t : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <p>$N = -480,000 \text{ kN}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_x = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,200 m</p> <p>$L_z = 1,200 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{cr,z} = 1,200 \text{ m}$ $L_y = 1,200 \text{ m}$ $k_y = 1,000$ $L_{cr,y} = 1,200 \text{ m}$</p>	
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = -480,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepríznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu: Vzpěr Y: Únosnost: $N_{R} = -1533,375 \text{ kN}$ $0,313 + 0,000 + 0,000 = 0,313 < 1$ Vyhovuje Vzpěr Z: Únosnost: $N_{R} = -1471,353 \text{ kN}$ $0,326 + 0,000 + 0,000 = 0,326 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 26,3</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
<p>VYHOVUJE</p>	

diagonála	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez TC 80 x 80 x 6 Průřezová plocha: $A = 1,725E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 40,0 \text{ mm}$ $z_T = 40,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 1,551E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,551E06 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -3,888E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,888E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 3,888E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,888E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 2,431E06 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 4,741E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 4,741E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_t : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <p>$N = 170,000 \text{ kN}$ $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,700 m</p> <p>$L_z = 1,700 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{cr,z} = 1,700 \text{ m}$ $L_y = 1,700 \text{ m}$ $k_y = 1,000$ $L_{cr,y} = 1,700 \text{ m}$</p>	
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Trída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = 170,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnosti: $N_{Rk} = 405,375 \text{ kN}$ $0,419 + 0,000 + 0,000 = 0,419 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 56,7</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

3.3. Předběžná dimenze stropnice

Předběžná dimenze stropu má za úkol určit dimenzi betonové desky, dřevěné stropnice a jejich osové vzdálenosti. Předběžný návrh je proveden pro nejdelší stropnice o světlém rozponu $L = 7,00 \text{ m}$. První návrh je pro osovou vzdálenost stropnic $a = 0,70 \text{ m}$, tloušťku betonové desky $h = 80 \text{ mm}$. Stropnice jsou navrženy jako prosté nosníky, uložené mezi průvlakly. Zatížení od regálů působí příčně na stropnice. Zatížení a geometrie níže.

Dřevo - betonový strop je posouzen dle odborné publikace STEP 2 vydané nakladatelstvím ČKAIT v roce 2004.

Zatížení:

zatěžovací šířka $b = 0,5 \text{ m}$

stálé (skladba podlahy + betonová deska)

zatížení regály

užitné zatížení – čítárna

užitné zatížení – výstavní sál

$$g_k = 0,7 \times (1,95 + 2,0) = 2,77 \text{ kN/m}$$

$$g_k = 0,7 \times 52 = 36,2 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 0,7 \times 3,0 = 2,1 \text{ kN/m}$$

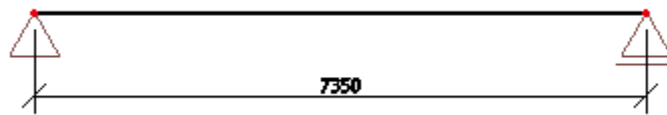
$$q_k = 0,7 \times 5,0 = 3,5 \text{ kN/m}$$

Předpokládané rozměry:

stropnice 1 v místě regálů je průřez 200x 260 mm z dřeva GL28h

stropnice 2 v místě výstavní síně je průřez 200x 300 mm z dřeva GL28h

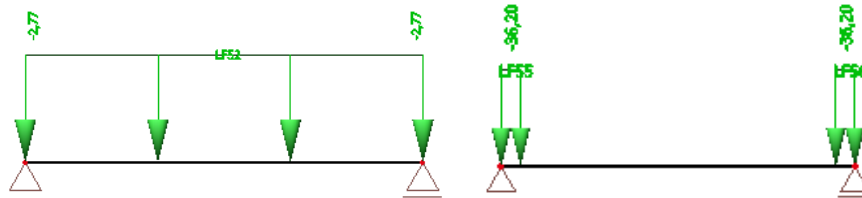
Geometrie



Zatížení – ZS1 - vlastní tíha generována programem

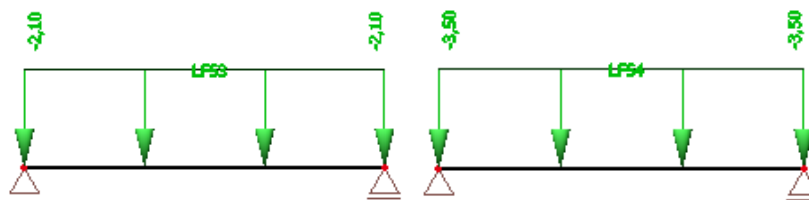
ZS 2 – ostatní stálé zatížení

ZS 3 – zatížení regály $\gamma = 1,36$



ZS 4 – užité 1- čítárna

ZS 5 – užité 2- výstavní sál



Kombinace:

MSÚ 1 : 1,35 ZS1(vl. tíha) + 1,35 ZS2(ostatní stálé) + 1,36 ZS3(regály) + 1,5 ZS4(užité 1)

MSP 1 : 1,0 ZS1(vl. tíha) + 1,0 ZS2(ostatní stálé) + 1,0 ZS3(regály) + 1,0 ZS4(užité 1)

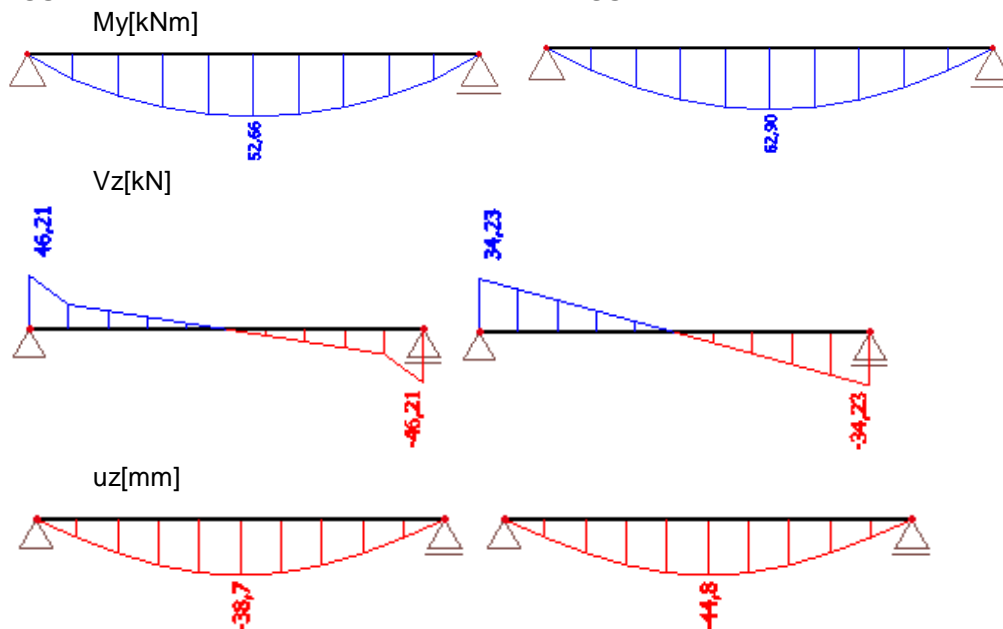
MSÚ 2: 1,35 ZS1(vl. tíha) + 1,35 ZS2(ostatní stálé) + 1,5 ZS5(užité 5)

MSP 2: 1,0 ZS1(vl. tíha) + 1,0 ZS2(ostatní stálé) + 1,0 ZS5(užité 5)

Vnitřní síly:

MSÚ 1:

MSÚ 2:



stropnice 1: $w_{lim} = l/300 = 7350/300 = 24,5 \text{ mm} > 38,7/ 3,5 = 11,1 \text{ mm}$

Vyhovuje

spřažený dřevobetonový prvek je přibližně 3,0x tužší – průhyb je lineárně závislý na tuhosti => průhyb bude 3,0x menší.

stropnice 2: $w_{lim} = l/300 = 7350/300 = 24,5 \text{ mm} > 44,8/ 3 = 14,9 \text{ mm}$

Vyhovuje

spřažený dřevobetonový prvek je přibližně 3 tužší – průhyb je lineárně závislý na tuhosti => průhyb bude 3x menší.

Posouzení

vnitřní síly stropnice 200x280 z GL 28h: $M_y = 55 \text{ kNm}$, $V_z = 50 \text{ kN}$

Vstupní údaje

Zatížení:

g _k =	2,77 kN/m ²	(stálé zatížení)
q _k =	2,10 kN/m ²	(užitné zatížení)
I.MS g _{ks} =	$\frac{b_1 + b_2}{2} \times (\gamma q_k + \gamma g_k) =$	5,59 kN/m
II.MS g _{ks} =	$\frac{b_1 + b_2}{2} \times (q_k + g_k) =$	3,90 kN/m
M _{ED} =	55,00 kNm	
V _{ED} =	50,00 kN	
l ₀ =	7200 mm	(světlný rozpon nosníků)
b ₁ =	800 mm	(osová vzdálenost mezi trámy)
b ₂ =	800 mm	(osová vzdálenost mezi trámy)
t=	0 mm	(tloušťka bednění)

Geometrie spřaženého průřezu

dřevěný prvek:

b ₂ =	200 mm
h ₂ =	280 mm

Spolupůsobící šířka betonová deska dle EN 1992 -1-1

b _{eff} =	800 mm	(spolupůsobící šířka)
b _{eff,1} =	840 mm	
b _{eff,2} =	840 mm	
h ₁ =	80 mm	(výška betonové desky)

Materiálové charakteristiky

uvažované hodnoty do výpočtu

dřevo: GL28h

třída provozu: 1

k _{mod} = 0,8	střednědobé zatížení
k _{def} = 0,6	(třída trvání zatížení - stálé)
k _{def} = 0,25	(třída trvání zatížení - střednědobé)
γ _M = 1,25	
E _{0,mean} = 12500	MPa
ρ _k = 425	kg/m ³

charakteristické hodnoty dřeva

návrhové hodnoty dřeva

f _{mk} = 28	MPa	f _{md} = 17,92	MPa
f _{t,0,k} = 22,4	MPa	f _{t,0,d} = 14,34	MPa
f _{vk} = 3,5	MPa	f _{vd} = 2,24	MPa

beton: C25/30

γ _M = 1,5	
E _{cm} = 31000	MPa

charakteristické hodnoty betonu

návrhové hodnoty betonu

f _{ck} = 25	MPa	f _{cd} = 16,67	MPa
f _{ck,cube} = 30	MPa	f _{cd,cube} = 14,11	MPa
f _{ctm,k} = 2,6	MPa	f _{ctm,d} = 1,47	MPa

spojovací prostředky:

VB 48 - 7,5/160 vruty

f _{uk} =	600	MPa
d =	7,5	mm
M _{y,Rk} =	33918,12	N/mm
K _{ser} =	6571,20	MPa (modul prokluzu)
K _u =	4380,80	MPa (=2/3 K _{ser})

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

$$b_{eff,i} = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_i$$

pro svorníky $M_{y,k} = 0,8 f_{u,k} d^3 / 6$

pro hřebíky $M_{y,k} = 180 d^{2,6}$

K_{ser} = ρ_k^{1,5} d^{0,8} / 25 svorníky, kolíky

ρ_k^{1,5} d / 20 pro hřebíky

ρ_k^{1,5} d^{0,8} / 60

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E A_i x s}{K_{ser} x l_0^2} \right]^{-1}$$

Stanovení účinné ohybové tuhosti spřaženého průřezu

průřezové hodnoty betonu:

$A1=$	6,40E+04 mm ²
$I1=$	3,41E+07 mm ⁴
$EA_1=$	1,98E+09 N
$EI_1=$	1,06E+12 Nmm ²
$s=$	80 mm
$\gamma_1=$	0,179
$\varphi_{00,1}=$	2,250 (třída trvání zatížení stálé)
$\varphi_{t,10}=$	1,350 (třída trvání zatížení střednědobé)

průřezové hodnoty dřeva:

$A2=$	5,60E+04 mm ²
$I2=$	3,66E+08 mm ⁴
$EA_2=$	7,00E+08 N
$EI_2=$	4,57E+12 Nmm ²
$s=$	80 mm (osová vzdálenost spřahovacích prvků)
$\gamma_2=$	1

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E A_1 (h_1 + h_2)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E A_i} = 60,50 \text{ mm} \quad (\text{k těžišti dřevěného prvku})$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 119,50 \text{ mm} \quad (\text{k těžišti betonové desky})$$

účinná ohybová tuhost:

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^2 E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2 = 1,33E+13 \text{ Nmm}^2$$

Posouzení MSÚ - Normálová napětí

napětí od ohybového momentu $M_{y,d} = 55,00 \text{ kNm}$

dřevěný trám

$$\sigma_{c,2} = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 7,26 \text{ MPa}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\sigma_m = \sigma_{c,2} + \sigma_{m,2} = 10,40 < f_{md} = 17,92 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,2}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,2}}{f_{m,d}} = 0,62 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

betonová deska

$$\sigma_{c,1} = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 2,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 5,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,b} = \sigma_{c,1} + \sigma_{m,1} = 7,89 < f_{cd} = 16,67 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{t,b} = \sigma_{m,1} - \sigma_{c,1} = 2,40 < f_{ctm,d} = 1,47 \text{ MPa} \quad \text{Nevyhovuje - desku vyztužit}$$

Smykové napětí

$$\tau_{2,max} = \frac{1,5}{k_{cr} b_2 h_2} V_{ED} = 2,00 < f_{vd} = 2,24 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Zatížení na 1 spojovací prostředek

pro 0 - 1 m od podpory

$$s_1 = 80 \text{ mm}$$

$$V_{ED} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_1 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_1 V_{ED}}{EI_{ef}} = 12,78 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

pro 1 - 2 m od podpory

$$s_2 = 120 \text{ mm}$$

$$V_{ED} = 36,1 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_2 V_{ED}}{EI_{ef}} = 13,85 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

pro 2 m - střed od podpory

$$s_3 = 160 \text{ mm}$$

$$V_{ED} = 22,2 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_3 V_{ED}}{EI_{ef}} = 11,36 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

kcr = 0,66

Posouzení spřahovacích prvků

Únosnost spřahovacího prvku v betonu

$$P_{RD,1} = 0,23 d^2 \sqrt{\frac{f_{ck} E_2}{\gamma_v}} = 9,30 \text{ kN}$$

$$P_{RD,2} = 0,8 \pi \frac{f_{yk} d^2}{4 \gamma_v} = 10,8 \text{ kN}$$

Únosnost spřahovacího prvku ve dřevě

$$f_{hk} = 0,0082 \text{ pk } d^{0,3} = 6,38 \text{ MPa}$$

$$t_1 = 160 \text{ mm} \quad (\text{hloubka vniku vrutu})$$

$$n = 4 \quad (\text{počet řad vrutů})$$

$$F_{ax,Rk} = 12,9 \text{ kN} \quad (\text{únosnost roti vytažení zedřeva})$$

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

Únosnost spřahovacího prostředku v případě použití bedničky:

$$F_{v,Rk} = f_{ht} d \left[\sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{\frac{2M_{y,Rk}}{f_{ht} d} + \frac{\beta}{1+\beta} \frac{t^2}{2}} - \frac{\beta}{1+\beta} t \right] = 2,49 \text{ kN}$$

$$f_{hc} = 132 \text{ MPa}$$

$$\beta = 20,69$$

$$26,76 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \quad 24,62 \text{ kN} = 24,62 \text{ kN}$$

$$30,62 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{Rk}}{\gamma_M} = 15,76 \text{ kN}$$

Posouzení MSP - průhyb

$$q_k = 1,68 \text{ kN/m}$$

$$g_k = 2,216 \text{ kN/m}$$

$$E_{ef} = 1,33E+13 \text{ MPa}$$

$$l = 7200 \text{ mm}$$

Referenční průhyb

$$w_{ref} = \frac{5 q_{ref} l^4}{384 EI} = 2,64 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb:

$$w_{inst,g} = w_{ref} \cdot g_c = 5,85 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = w_{ref} \cdot q = 5,85 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 11,70 \text{ mm} < w_{lim} = l/300 = 24,00 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Konečné stav po dotvarování

vliv dotvarování a smrštění na tuhost spřahovaného prvku

$$\text{poměr stálého zatížení ku proměnnému} \quad 0,54278 \quad : \quad 0,457218$$

Modul pružnosti betonu:

$$E_{1,ef} = E_{cm} x \left(\frac{gd}{1 + \varphi(\infty, t_0)} + \frac{qd}{1 + \varphi(t, t_0)} \right) = 11209 \text{ MPa}$$

$$E_{1,efI} = 3,83E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$E_{1,efA} = 7,17E+08 \text{ N}$$

Modul pružnosti dřeva:

$$E_{2,ef} = E_{0,mean} x \left(\frac{gd}{1 + k_{def}} + \frac{qd}{1 + k_{def}} \right) = 8812,663 \text{ MPa}$$

Průřezové hodnoty v konečném stavu přetvoření:

Beton:

$$A1 = 6,40E+04 \text{ mm}^2$$

$$I1 = 3,41E+07 \text{ mm}^4$$

$$\gamma1 = 0,29$$

$$a1 = 127,12 \text{ mm}$$

Dřevo:

$$A2 = 5,60E+04 \text{ mm}^2$$

$$I2 = 3,66E+08 \text{ mm}^4$$

$$\gamma2 = 1$$

$$a2 = 52,88 \text{ mm}$$

β - poměr otláčení betonu ke dřevu
 hodnota otláčení betonu se uvažuje jako
 čtyřnásobek průměrné válcové pevnosti
 betonu v tlaku

pro stálé zatížení

$$k_{def} = 0,6$$

pro proměnné - střednědobé

$$k_{def} = 0,25$$

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E_i A_i x_s}{K_{ser} x l_0^2} \right]^{-1}$$

Efektivní modul pružnosti po dotvarování:

$$EI_{ef} = 8,30E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$K_u = 4380,80 \text{ MPa}$$

Posouzení MSÚ - Normálová napětí

dřevěný trám

$$\sigma_{c,2} = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 8,17 \text{ MPa}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\sigma_m = \sigma_{c,2} + \sigma_{m,2} = 11,26 < f_{md} = 17,92 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posouzení kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,1}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1}}{f_{m,d}} = 0,67 < 1,0$$

Vyhovuje

betonová deska

$$\sigma_{c,1} = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 2,70 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 2,97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,b} = \sigma_{c,1} + \sigma_{m,1} = 5,67 < f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{t,b} = \sigma_{m,1} - \sigma_{c,1} = 0,27 < f_{ctm,d} = 1,47 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posouzení dlouhodobého průhybu:

pro výpočet náhradní tuhosti je použit součinitel prokluzu K_{ser}

Beton:

$$A1 = 2,73E+09 \text{ mm}^2$$

$$I1 = 1,46E+12 \text{ mm}^4$$

$$E1 = 11209 \text{ MPa}$$

$$\gamma1 = 0,38$$

$$a1 = 116,44 \text{ mm}$$

Dřevo:

$$A2 = 5,60E+04 \text{ mm}^2$$

$$I2 = 3,66E+08 \text{ mm}^4$$

$$E2 = 8813 \text{ MPa}$$

$$\gamma2 = 1$$

$$a2 = 63,56 \text{ mm}$$

Efektivní modul pružnosti po dotvarování:

$$EI_{ef} = 9,25E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$K_{ser} = 6571,20 \text{ MPa}$$

Referenční průhyb

$$w_{ref} = \frac{5 q_{ref} l^4}{384 EI} = 3,78 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb:

$$w_{inst,g} = w_{ref} \cdot \xi_c = 7,94 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = w_{ref} \cdot q = 10,47 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 18,42 \text{ mm} < w_{lim} = l/200 = 36,00 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Stropnice 1 má rezervu 33%, v prostorech čítáren a kancelářských prostoru budou navrženy stropnice 200x 280 z dřeva GL28h s osovou vzdáleností á 800 mm.

Posouzení stropnice v místě výstavních ploch

stropnice 2: 200x300 z GL 28h: $M_y = 65 \text{ kNm}$, $V_z = 35 \text{ kN}$

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff},i} = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0$$

$$b_{\text{eff},i} \leq b_i$$

pro svorníky $M_{y,k} = 0,8 f_{yk} d^3 / 6$
 pro hřebíky $M_{y,k} = 180 d^{2,6}$

$K_{ser} = \rho_k^{1,5} d^{0,8} / 25$ svorníky, kolíky
 $\rho_k^{1,5} d / 20$ pro hřebíky
 $\rho_k^{1,5} d^{0,8} / 60$

Vstupní údaje

Zatížení:

$g_k =$	2,77 kN/m ²	(stálé zatížení)
$q_k =$	3,50 kN/m ²	(užitné zatížení)
I. MS $g_{k,s} =$	$\frac{b_1 + b_2}{2} \times (\gamma q_k + \gamma g_k) =$	7,10 kN/m
II. MS $g_{k,s} =$	$\frac{b_1 + b_2}{2} \times (q_k + g_k) =$	5,02 kN/m
$M_{ED} =$	55,00 kNm	
$V_{ED} =$	50,00 kN	
$l_0 =$	7200 mm	(světlní rozpon nosníků)
$b_1 =$	800 mm	(osová vzdálenost mezi trámy)
$b_2 =$	800 mm	(osová vzdálenost mezi trámy)
$t =$	0 mm	(tloušťka bednění)

Geometrie spřaženého průřezu

dřevěný prvek:

$b_2 =$	200 mm
$h_2 =$	300 mm

Spolupůsobící šířka betonová deska dle EN 1992 -1-1

$b_{\text{eff}} =$	800 mm	(spolupůsobící šířka)
$b_{\text{eff},1} =$	840 mm	
$b_{\text{eff},2} =$	840 mm	
$h_1 =$	80 mm	(výška betové desky)

Materiálové charakteristiky

uvažované hodnoty do výpočtu

dřevo: GL28h

třída provozu: 1

$k_{\text{mod}} = 0,8$	střednědobé zatížení
$k_{\text{def}} = 0,6$	(třída trvání zatížení - stálé)
$k_{\text{def}} = 0,25$	(třída trvání zatížení - střednědobé)
$\gamma_M = 1,25$	
$E_{0,\text{mean}} = 12500$	MPa
$\rho_k = 425$	kg/m ³

charakteristické hodnoty dřeva

návrhové hodnoty dřeva

$f_{mk} = 28$	MPa	$f_{m,d} = 17,92$	MPa
$f_{t,0,k} = 22,4$	MPa	$f_{t,0,d} = 14,34$	MPa
$f_{vk} = 3,5$	MPa	$f_{v,d} = 2,24$	MPa

beton: C25/30

$\gamma_M = 1,5$	
$E_{cm} = 31000$	MPa

charakteristické hodnoty betonu

návrhové hodnoty betonu

$f_{ck} = 25$	MPa	$f_{cd} = 16,67$	MPa
$f_{ck,\text{cube}} = 30$	MPa	$f_{cd,\text{cube}} = 14,11$	MPa
$f_{ctm,k} = 2,6$	MPa	$f_{ctm,d} = 1,47$	MPa

spojovací prostředky:

VB 48 - 7,5/160 vruty

$f_{uk} =$	600 MPa	
$d =$	7,5 mm	
$M_{y,Rk} =$	33918,12 N/mm	
$K_{ser} =$	6571,20 MPa	(modul prokluzu)
$K_U =$	4380,80 MPa	(=2/3 K_{ser})

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E A_i x s}{K_{ser} \lambda l_0^2} \right]^{-1}$$

Stanovení účinné ohybové tuhosti spřaženého průřezu

průřezové hodnoty betonu:

A1=	6,40E+04 mm ²
I1=	3,41E+07 mm ⁴
EA ₁ =	1,98E+09 N
EI ₁ =	1,06E+12 Nmm ²
s=	100 mm
V ₁ =	0,148
φ _{00,t} =	2,250 (třída trvanlivosti stálé)
φ _{t,10} =	1,350 (třída trvanlivosti střednědobé)

průřezové hodnoty dřeva:

A2=	6,00E+04 mm ²
I2=	4,50E+08 mm ⁴
EA ₂ =	7,50E+08 N
EI ₂ =	5,63E+12 Nmm ²
s=	100 mm (osová vzdálenost spřahovacích prvků)
V ₂ =	1

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E A_1 (h_1 + h_2)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E A_i} = 53,51 \text{ mm} \quad (\text{k těžišti dřevěného prvku})$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 136,49 \text{ mm} \quad (\text{k těžišti betonové desky})$$

účinná ohybová tuhost:

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^2 E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2 = 1,43E+13 \text{ Nmm}^2$$

Posouzení MSÚ - Normálová napětí

napětí od ohybového momentu My,d= 55,00 kNm
 dřevěný trám

$$\sigma_{c,2} = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 2,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 7,21 \text{ MPa}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\sigma_m = \sigma_{c,2} + \sigma_{m,2} = 9,78 < f_{md} = 17,92 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,2}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,2}}{f_{m,d}} = 0,58 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

betonová deska

$$\sigma_{c,1} = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 2,41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 4,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,b} = \sigma_{c,1} + \sigma_{m,1} = 7,18 < f_{cd} = 16,67 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{t,b} = \sigma_{m,1} - \sigma_{c,1} = 2,36 < f_{ctm,d} = 1,47 \text{ MPa} \quad \text{Nevyhovuje - desku vyztužit}$$

Smykové napětí

$$\tau_{2,max} = \frac{1,5}{k_{cr} b_2 h_2} V_{ED} = 1,87 < f_{vd} = 2,24 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Zatížení na 1 spojovací prostředek

pro 0 - 1 m od podpory

s ₁ =	100 mm
V _{ED} =	50,00 kN
F ₁ = $\frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_1 V_{ED}}{EI_{ef}}$ =	14,02 kN < 15,76 kN

pro 1 - 2 m od podpory

s ₂ =	140 mm
V _{ED} =	36,1 kN
F ₂ = $\frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_2 V_{ED}}{EI_{ef}}$ =	14,18 kN < 15,76 kN

pro 2 m - střed od podpory

s ₃ =	200 mm
V _{ED} =	22,2 kN
F ₃ = $\frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_3 V_{ED}}{EI_{ef}}$ =	12,47 kN < 15,76 kN

kcr = 0,66

Posouzení spřahovacích prvků

Únosnost spřahovacího prvku v betonu

$$P_{RD,1} = 0,23 d^2 \frac{f_{ck} E_2}{\gamma_v} = 9,30 \text{ kN}$$

$$P_{RD,2} = 0,8 \pi \frac{f_{yk} d^2}{4 \gamma_v} = 10,8 \text{ kN}$$

Únosnost spřahovacího prvku ve dřevě

$$f_{hk} = 0,0082 \text{ pk } d^{0,3} = 6,38 \text{ MPa}$$

$$t_1 = 160 \text{ mm} \quad (\text{hloubka vniku vrutu})$$

$$n = 4 \quad (\text{počet řad vrutů})$$

$$F_{ax,Rk} = 12,9 \text{ kN} \quad (\text{únosnost roti vytažení zedřeva})$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{aligned} & f_{hk} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{hk} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ & 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ & f_{hk} t_1 d \end{aligned} \right.$$

Únosnost spřahovacího prostředku v případě použití bednění:

$$F_{v,Rk} = f_{ht} d \left[\sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{\frac{2M_{y,Rk}}{f_{ht} d} + \frac{\beta}{1+\beta} \frac{t^2}{2}} - \frac{\beta}{1+\beta} t \right] = 2,49 \text{ kN}$$

$$f_{ht} = 132 \text{ MPa}$$

$$\beta = 20,69$$

$$26,76 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \quad 24,62 \text{ kN} = 24,62 \text{ kN}$$

$$30,62 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{Rk}}{\gamma_M} = 15,76 \text{ kN}$$

Posouzení MSP - průhyb

$$q_k = 2,8 \text{ kN/m}$$

$$g_k = 2,216 \text{ kN/m}$$

$$E_{ef} = 1,43E+13 \text{ MPa}$$

$$l = 7200 \text{ mm}$$

Referenční průhyb

$$w_{ref} = \frac{5 q_{ref} l^4}{384 EI} = 2,45 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb:

$$w_{inst,g} = w_{ref} \cdot g_c = 5,42 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = w_{ref} \cdot q = 5,42 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 10,84 \text{ mm} < w_{lim} = l/300 = 24,00 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Konečné stav po dotvarování

vliv dotvarování a smrštění na tuhost spřaženého prvku

$$\text{poměr stálého zatížení ku proměnnému} \quad 0,41599 \quad : \quad 0,584015$$

Modul pružnosti betonu:

$$E_{1,ef} = E_{cm} x \left(\frac{gd}{1 + \varphi(\infty, t_0)} + \frac{qd}{1 + \varphi(t, t_0)} \right) = 11672 \text{ MPa}$$

$$E_{1,efI} = 3,98E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$E_{1,efA} = 7,47E+08 \text{ N}$$

Modul pružnosti dřeva:

$$E_{2,ef} = E_{0,mean} x \left(\frac{gd}{1 + k_{def}} + \frac{qd}{1 + k_{def}} \right) = 9090,032 \text{ MPa}$$

Průřezové hodnoty v konečném stavu přetvoření:

Beton:

Dřevo:

$$A1 = 6,40E+04 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 6,00E+04 \text{ mm}^2$$

$$I1 = 3,41E+07 \text{ mm}^4$$

$$I2 = 4,50E+08 \text{ mm}^4$$

$$\gamma1 = 0,24$$

$$\gamma2 = 1$$

$$a1 = 143,66 \text{ mm}$$

$$a2 = 46,34 \text{ mm}$$

Efektivní modul pružnosti po dotvarování:

$$E_{ef} = 9,29E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$K_u = 4380,80 \text{ MPa}$$

β - poměr otláčení betonu ke dřevu
 hodnota otláčení betonu se uvažuje jako
 čtyřnásobek průměrné válcové pevnosti
 betonu v tlaku

pro stálé zatížení

$$k_{def} = 0,6$$

pro proměnné - střednědobé

$$k_{def} = 0,25$$

Posouzení MSÚ - Normálová napětí

dřevěný trám

$$\sigma_{c,2} = \frac{Y_2 E_2 a_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 2,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 8,07 \text{ MPa}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\sigma_m = \sigma_{c,2} + \sigma_{m,2} = 10,57 < f_{md} = 17,92 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posouzení kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,1}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1}}{f_{md}} = 0,62 < 1,0$$

Vyhovuje

betonová deska

$$\sigma_{c,1} = \frac{Y_1 E_1 a_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 2,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 2,76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,b} = \sigma_{c,1} + \sigma_{m,1} = 5,10 < f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{t,b} = \sigma_{m,1} - \sigma_{c,1} = 0,43 < f_{ctm,d} = 1,47 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posouzení dlouhodobého průhybu:

pro výpočet náhradní tuhosti je použit součinitel prokluzu K_{ser}

Beton:

Dřevo:

A1=	3,41E+09 mm ²	A2=	6,00E+04 mm ²
I1=	2,84E+12 mm ⁴	I2=	4,50E+08 mm ⁴
E1=	11672 MPa	E2=	9090 MPa
γ1=	0,32	γ2=	1
a1=	132,60 mm	a2=	57,40 mm

Efektivní modul pružnosti po dotvarování:

$$EI_{ef} = 1,04E+13 \text{ Nmm}^2$$

$$K_{ser} = 6571,20 \text{ MPa}$$

Referenční průhyb

$$w_{ref} = \frac{5 q_{ref} l^4}{384 EI} = 3,35 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb:

$$w_{inst,g} = w_{ref} \cdot \xi_c = 11,73 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = w_{ref} \cdot q = 9,29 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 21,02 \text{ mm} < w_{lim} = l/200 = 36,00 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E_i A_i x s}{K_{ser} x l_0^2} \right]^{-1}$$

Stropnice 1 má rezervu 48%, ve výstavních prostorech budou navrženy stropnice 200x 300 z dřeva GL28h s osovou vzdáleností á 800 mm.

Rozmístění spřahovacích prvků je provedeno v další fázi statického výpočtu

3.4. Bednění dřevo betonového stropu

Bednění stropní desky je zapuštěné, aby lícovalo s horní hranou stropnic. Na bednění budou použity OSB 3 desky, které se uloží na přišroubované latě k bokům stropnic. Po vytvrdnutí betonu lze záklop odstranit. Při osové vzdálenosti stropnic 800 mm je světlá šířka mezi stropnicemi 600 mm. Záklop je navržen pouze na přenesení tíhy čerstvého betonu a osob provádějících betonáž. Pro návrh bednění bude rozhodující kombinace rovnoměrného spojitého zatížení od tíhy čerstvého betonu a osamělou silou o hodnotě 1 kN uprostřed rozpětí. Výpočet je proveden na 1bm délky bednění. Je nutné zajistit, aby desky bednění byly kladeny ve směru hlavní osy.

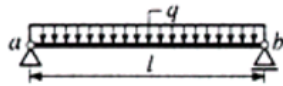
Parametry OSB desky:

$E = 3500 \text{ MPa}$, $f_{mk} = 18 \text{ MPa}$, třída provozu 1, $k_{mod} = 0,5$; $\gamma = 1,2$

Desky bednění jsou navrženy z OSB 3 desek tl. 25 mm

Prostý nosník - spojitě zatížení

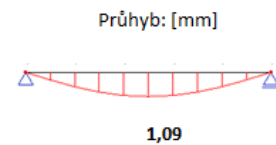
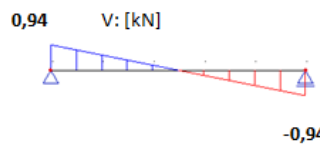
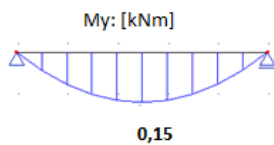
Délka nosníku	$L = 0,65 \text{ m}$	Vlastní tíha	$g_k = 0,13 \text{ kN/m}$	$\gamma_g = 1,35$
Materiál: OSB3	$E = 3,50 \text{ Gpa}$	Zatížení stálé	$g_k = 2,00 \text{ kN/m}$	$\gamma_g = 1,35$
Průřez: 22x1000	$I_y = 1,30E-06 \text{ m}^4$	Zatížení proměnné	$q_k = 0,00 \text{ kN/m}$	$\gamma_q = 1,50$
		Jiná zatížení	$r_k = 0,00 \text{ kN/m}$	$\gamma_r = 1,50$



$$V_{Ed} = 1/2 \cdot f_d \cdot l = 0,94 \text{ kN} \quad R_k = 0,69 \text{ kN}$$

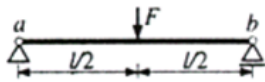
$$M_{y,Ed} = 1/8 \cdot f_d \cdot l^2 = 0,15 \text{ kNm} \quad M_{y,k(CHAR.)} = 0,11 \text{ kNm}$$

$$w = 5/384 \cdot (f_k \cdot l^4 / E \cdot I_y) = 1,09 \text{ mm}$$



Prostý nosník - osamělé břemeno uprostřed rozpětí

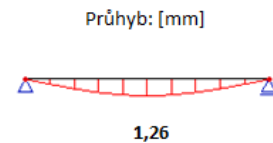
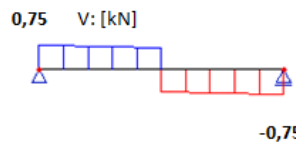
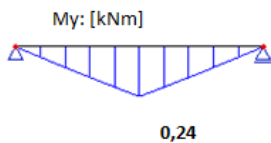
Délka nosníku	$L = 0,65 \text{ m}$	Vlastní tíha	$g_k = 0,00 \text{ kN/m}$	$\gamma_g = 1,35$
Materiál: OSB3	$E = 3,50 \text{ Gpa}$	Zatížení stálé	$G_k = 0,00 \text{ kN}$	$\gamma_g = 1,35$
Průřez: 22x1000	$I_y = 1,30E-06 \text{ m}^4$	Zatížení proměnné	$Q_k = 1,00 \text{ kN}$	$\gamma_q = 1,50$
		Jiná zatížení	$R_k = 0,00 \text{ kN}$	$\gamma_r = 1,43$



$$V_{Ed} = 1/2 \cdot f_d + vl \cdot \text{tíha} = 0,75 \text{ kN} \quad R_k = 0,50 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1/4 \cdot f_d \cdot l + vl \cdot \text{tíha} = 0,24 \text{ kNm} \quad M_{y,k(CHAR.)} = 0,16 \text{ kNm}$$

$$w = 1/48 \cdot (f_k \cdot l^3 / E \cdot I_y) + vl \cdot t = 1,26 \text{ mm}$$



Vnitřní síly celkem

$$M_{ED} = 0,15 + 0,24 = 0,39 \text{ kNm/m}$$

$$V_{ED} = 0,94 + 0,75 = 1,69 \text{ kN/m}$$

$$\text{průhyb } w = 1,09 + 1,26 = 2,35 \text{ mm} < w_{lim} = L/250 = 650/250 = 2,6 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$2,35 \text{ mm} < t_{desky}/10 = 80/10 = 8 \text{ mm}$$

Posouzení

$$\text{průřezový modul: } W = 1/6 b h^2 = 1/6 \times 1000 \times 25^2 = 104\,166,6 \text{ mm}^3$$

$$\text{návrhová pevnost OSB 3: } f_{md} = k_{mod} \times f_{mk} / \gamma = 0,5 \times 20 / 1,2 = 8,33 \text{ MPa}$$

$$M_{RD} = W_y \times f_{md} = 104\,166,6 \times 8,33 / 10^6 = 0,86 \text{ kNm} > M_{ED} = 0,39 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

OSB desky jsou kladeny na latě 60/40 mm, které jsou ke stropnicím kotveny samořeznými vruty WT-S -6,5 x 65 mm. Vruty jsou zatíženy smykovou silou $V_{ED} = 1,69 \text{ kN/m}$.

		hustota ρ_k [kg/m ³]		350	380	
WT-S-6,5 xL [mm]	65	s_g [mm]	h_{min} [mm]	35	1,81	1,95
	90			50	2,02	2,20
	130			70	2,29	2,52
WT-F-6,5 xL [mm]	65			35	1,84	2,05
	90			50	2,35	2,54
	130			70	2,62	2,86
	160	85	2,80	3,07		
190	100	3,06	3,39			
220	115	3,26	3,40			

stříhový odpor ze dřeva $R_{V,k}$ [kN]

$$R_{V,d} = \frac{R_{V,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$$

$$\gamma_M = 1,1$$

tabulka únosnosti vrtů WT-S-6,5 od firmy SFS INTEC

Návrh

lat' 60x40 mm z dřeva C24 je kotven vruty WT-S-6,5x 65 mm po 400 mm, vruty umístit na střed latě.

únosnost 1 vrtu: $R_{V,d} = 1,81 \times 0,8 / 1,1 = 1,31$ kN

$R_{V,d,celkem} = 1,31 \times 1 / 0,4 = 3,2$ kN/m $> V_{ED} = 1,69$ kN/m

Vyhovuje

3.5. Předběžný návrh průvlaku

Předběžná dimenze průvlaku je navržena pro zatěžovací šířku $b = (6,50 + 5,00) / 2 = 5,75$ m. Průvlak je navržen z lepeného lamelového dřeva, spřažení s betonovou deskou není uvažováno při posouzení únosnosti a průhybu. Pro předběžný návrh byly vymodelovány dva modely Gerberova nosníku a jeden model s prostými nosníky s pásky. Omezení při tvorbě geometrie Gerberova nosníku bylo, aby pruty měly maximální délku 12,0 m. Zatížení od regálu je uvažované podélně po celé délce průvlaku. Zatížení a geometrie jednotlivých nosníků níže.

Zatížení

zatěžovací šířka $b = 5,75$ m

stálé (skladba podlahy + betonová deska)

zatížení regály

užitné zatížení – čítárna

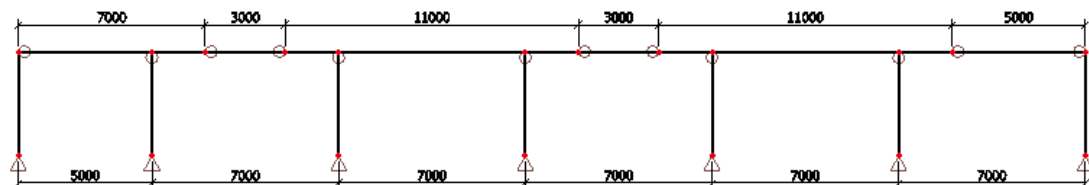
$g_k = 5,75 \times (2,0 + 2,0) = 20,7$ kN/m

$g_k = 52,0 \times 0,4 = 20,8$ kN/m

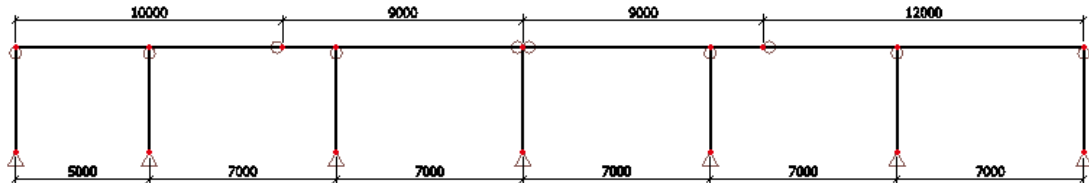
$q_k = 5,75 \times 3,0 = 17,3$ kN/m

Geometrie

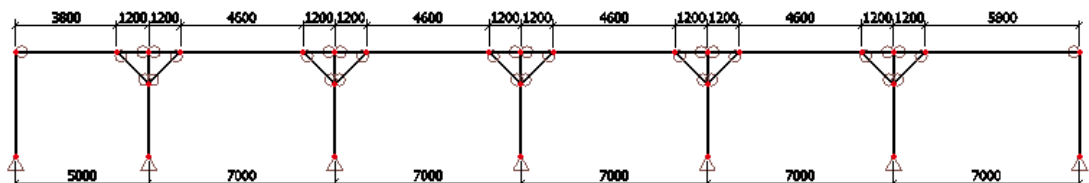
Verze 1:



Verze 2:



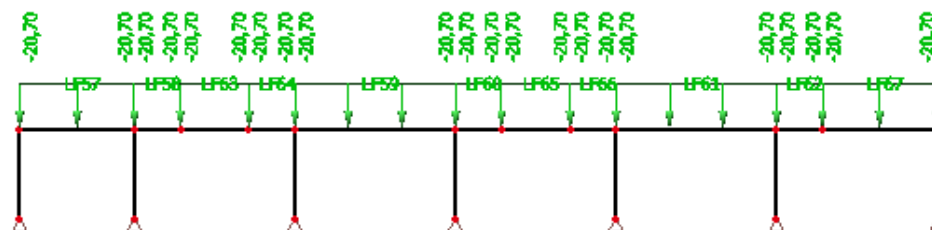
Verze 3:



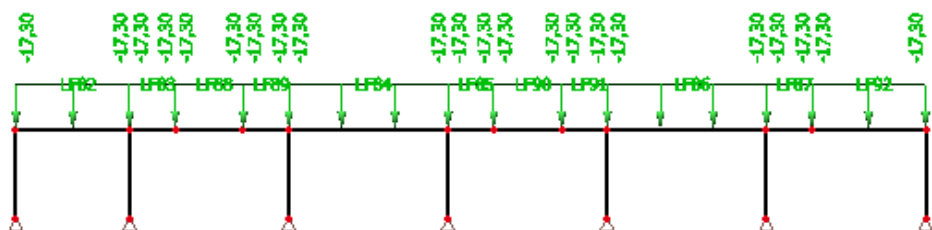
Zatížení

Zatížení – ZS1 - vlastní tíha generována programem

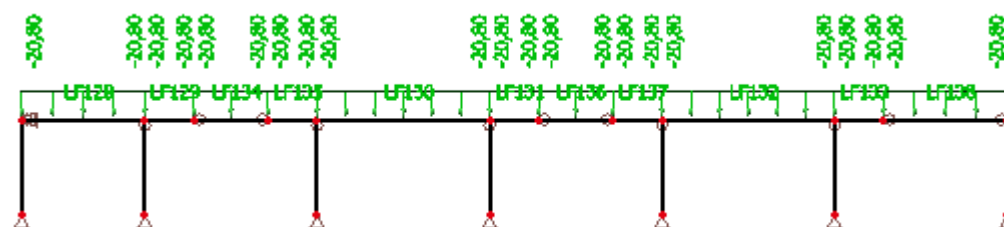
ZS 2 – ostatní stálé zatížení



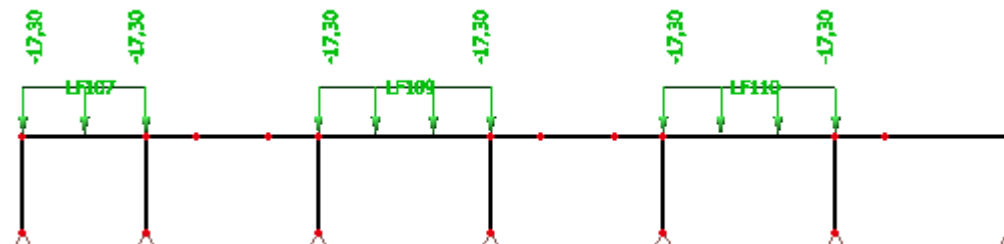
ZS3 – užité plně



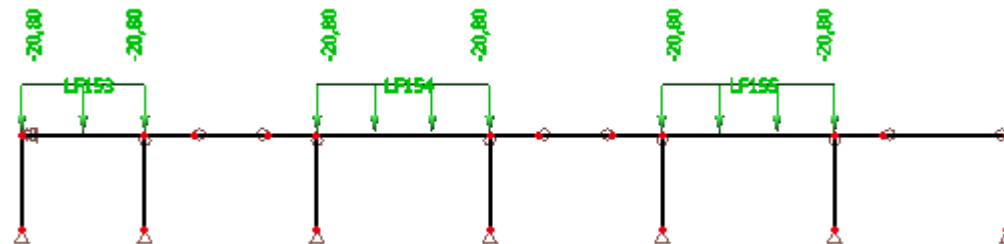
ZS4 – regál plně



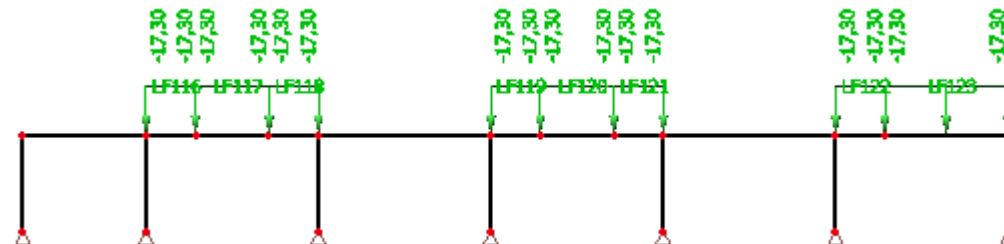
ZS5 – užité – šachovnicově I



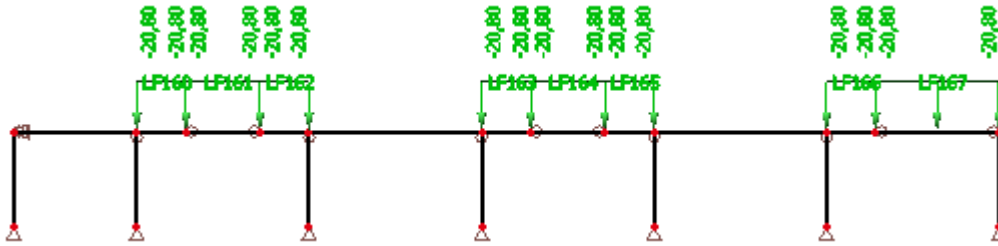
ZS6 – regál – šachovnicově I



ZS7 – užité – šachovnicově II



ZS8 – regál – šachovnicově II



Kombinace

MSÚ 1 : 1,35 ZS1(vl. tíha) + 1,35 ZS2(ostatní stálé) + 1,5 ZS3(užitné) + 1,36 ZS4(regál)

MSP 1 : 1,0 ZS1(vl. tíha) + 1,0 ZS2(ostatní stálé) + 1,0 ZS5(užitné) + 1,0 ZS6(regál)

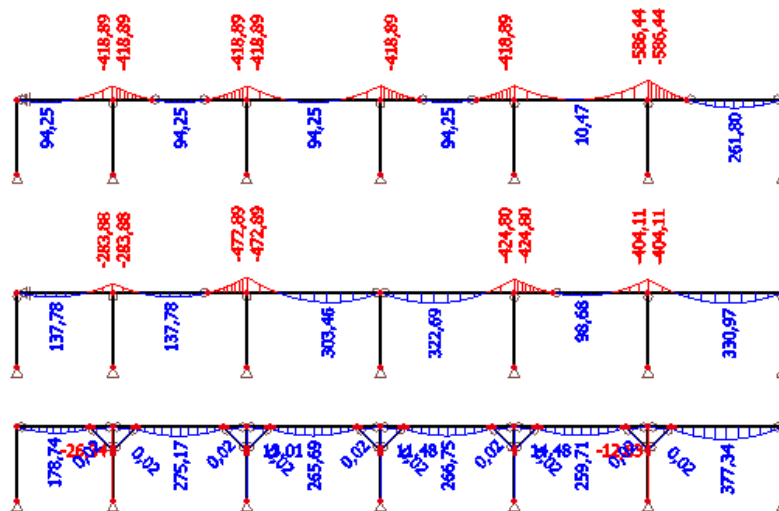
MSÚ 2 : 1,35 ZS1(vl. tíha) + 1,35 ZS2(ostatní stálé) + 1,36 ZS3(užitné) + 1,36 ZS4(regál)

MSP 2 : 1,0 ZS1(vl. tíha) + 1,0 ZS2(ostatní stálé) + 1,0 ZS5(užitné) + 1,0 ZS6(regál)

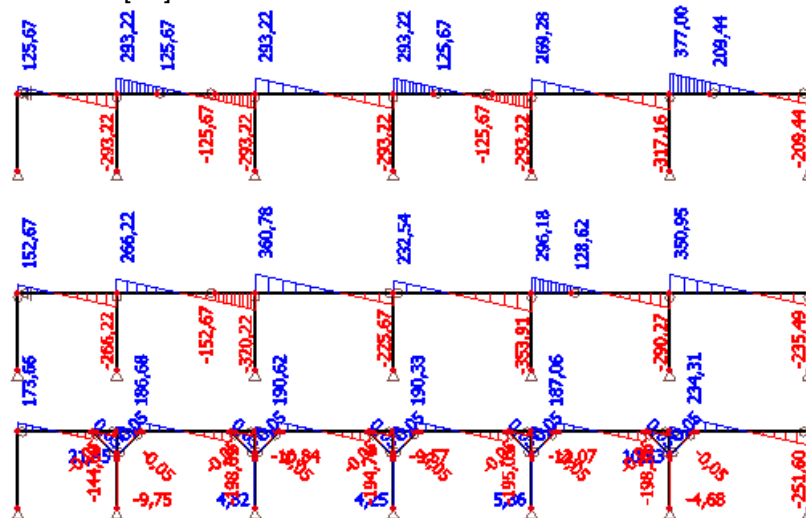
MSÚ 2 : 1,35 ZS1(vl. tíha) + 1,35 ZS2(ostatní stálé) + 1,36 ZS7(užitné) + 1,36 ZS8(regál)

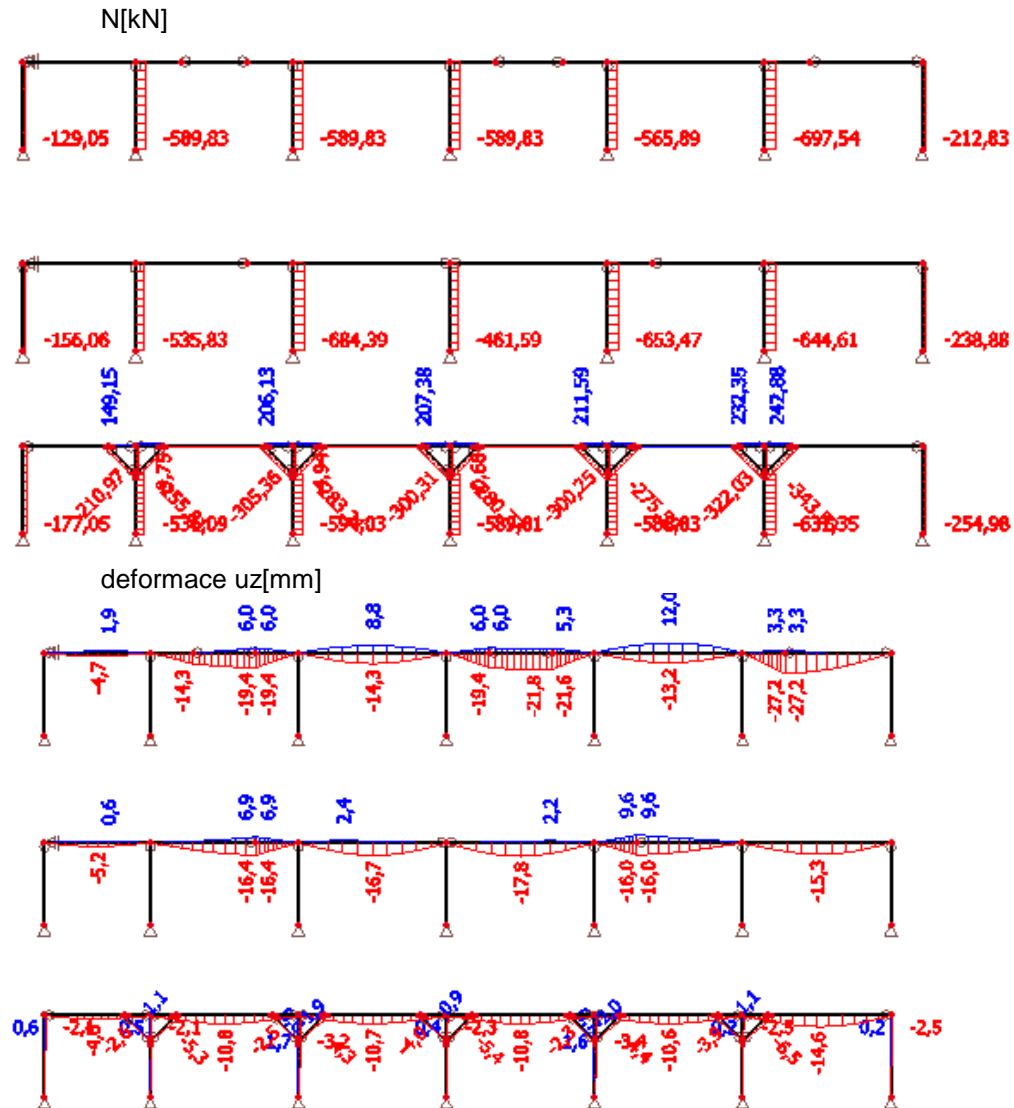
MSP 2 : 1,0 ZS1(vl. tíha) + 1,0 ZS2(ostatní stálé) + 1,0 ZS7(užitné) + 1,0 ZS8(regál)

Vnitřní síly – jsou zobrazeny obálky jednotlivých sil
 My[kNm]



Vz[kN]





Výsledky shrnuty v tabulce

	Průvlak					sloup			
	My[kNm]		Vz[kN]	N[kN]		deformce uz[mm]	My[kNm]	Vz[kN]	N[kN]
	nad podporou	v poli		tah	tlak				
verze I	-586,4	261,8	377,0	tah 0,0	tlak 0,0	27,2	0	0	-697,5
verze II	-472,9	330,9	360,8	tah 0,0	tlak 0,0	16,4	0	0	-684,4
verze III	-38,1	377,3	257,0	tah 242,8	tlak 0,0	14,6	87,8	57,9	-637,3

z výsledků je zřejmé, že nejlepší způsob uspořádání průvleků vychází varianta III tedy soustava prostých nosníků s pásy

Návrh

průvlak průřezu 2x 200x 700 z dřeva GL32h

sloupky průřezu 240x 900 z dřeva GL32h

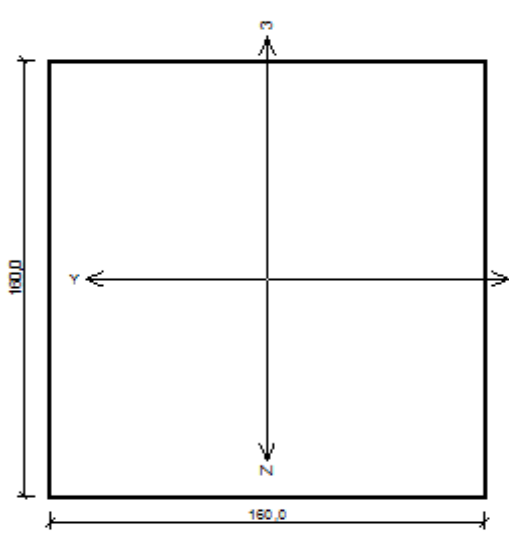
pásy průřezu 160x 160 mm z dřeva GL28h

Posouzení

Průvlak je navržen na následující síly: $M_y = 380 \text{ kNm}$, $V_z = 260,0 \text{ kN}$, $N = 245 \text{ kN}$
 třída provozu I, doba trvání zatížení je střednědobé – platí pro všechny prvky

Předběžný posudek - průvlak																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 400x700 Rozměry: Výška průřezu $h = 700,0 \text{ mm}$ Šířka průřezu $b = 400,0 \text{ mm}$</p> <p>Materiál: GL32h - lepené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 25,6 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 14200 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 11800 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 440,0 kg/m^3</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m^3
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m^3																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2 Střednědobé zatížení</p> <table> <tr><td>$N = 245,000 \text{ kN}$</td><td>$M_z = 0,000 \text{ kNm}$</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000 \text{ kNm}$</td><td>$V_y = 0,000 \text{ kN}$</td></tr> <tr><td>$V_z = 260,000 \text{ kN}$</td><td></td></tr> </table>		$N = 245,000 \text{ kN}$	$M_z = 0,000 \text{ kNm}$	$M_y = 0,000 \text{ kNm}$	$V_y = 0,000 \text{ kN}$	$V_z = 260,000 \text{ kN}$																									
$N = 245,000 \text{ kN}$	$M_z = 0,000 \text{ kNm}$																														
$M_y = 0,000 \text{ kNm}$	$V_y = 0,000 \text{ kN}$																														
$V_z = 260,000 \text{ kN}$																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 7,000 \text{ m}$ Vzpěr kolmo k ose z není zadán Délka úseku pro vzpěr $L_y = 7,000 \text{ m}$ Vzpěr kolmo k ose z není zadán</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2 Vnitřní síly: $N = 245,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$; $V_z = 260,000 \text{ kN}$; $V_y = 0,000 \text{ kN}$</p> <p>Posudek dostředného tahu: Únosnost: $N_R = 4587,520 \text{ kN}$ $0,053 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_R = 280,149 \text{ kN}$ $0,928 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 60,6</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

Pásy
N=-345 kN

Předběžný posudek - pásy																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 160x160 Rozměry: Výška průřezu $h = 160,0$ mm Šířka průřezu $b = 160,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2 Střednědobé zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>N = -345,000 kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$V_z = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td>$V_y = 0,000$ kN</td></tr> </table>		N = -345,000 kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN	$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																								
N = -345,000 kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN																														
$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																														
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 1,700$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Délka úseku pro vzpěr $L_y = 1,700$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$</p> <p style="text-align: right;">Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 1,700$ m Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 1,700$ m</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2 Vnitřní síly: N = -345,000 kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_R = 438,202$ kN $-0,787 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 36,8</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

Sloup

$M_y = 90 \text{ kNm}$, $V_z = 60 \text{ kN}$, $N = 3 \times -640 = 1920 \text{ kN}$ (uvažovány tři sloupy nad sebou)

Předběžný posudek - sloup																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 240x900 Rozměry: Výška průřezu $h = 900,0 \text{ mm}$ Šířka průřezu $b = 240,0 \text{ mm}$</p> <p>Materiál: GL32h - lepené Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 25,6 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 14200 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 11800 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 440,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2 Střednědobé zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>$N = -1920,000 \text{ kN}$</td><td>$M_x = -90,000 \text{ kNm}$</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000 \text{ kNm}$</td><td>$V_z = 60,000 \text{ kN}$</td></tr> <tr><td>$V_x = 0,000 \text{ kN}$</td><td></td></tr> </table>		$N = -1920,000 \text{ kN}$	$M_x = -90,000 \text{ kNm}$	$M_y = 0,000 \text{ kNm}$	$V_z = 60,000 \text{ kN}$	$V_x = 0,000 \text{ kN}$																									
$N = -1920,000 \text{ kN}$	$M_x = -90,000 \text{ kNm}$																														
$M_y = 0,000 \text{ kNm}$	$V_z = 60,000 \text{ kN}$																														
$V_x = 0,000 \text{ kN}$																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_{z,2} = 3,200 \text{ m}$ Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Délka úseku pro vzpěr $L_{y,2} = 4,400 \text{ m}$ Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$</p> <p style="text-align: right;">Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 3,200 \text{ m}$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,400 \text{ m}$</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2 Vnitřní síly: $N = -1920,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_x = -90,000 \text{ kNm}$; $V_z = 0,000 \text{ kN}$; $V_y = 60,000 \text{ kN}$</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_{R,2} = 4022,587 \text{ kN}$; $M_{z,R,2} = 193,927 \text{ kNm}$ $-0,477 + 0,000 + -0,464 = -0,941 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_R = 216,115 \text{ kN}$ $0,278 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dilce: 46,2 Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

4. STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

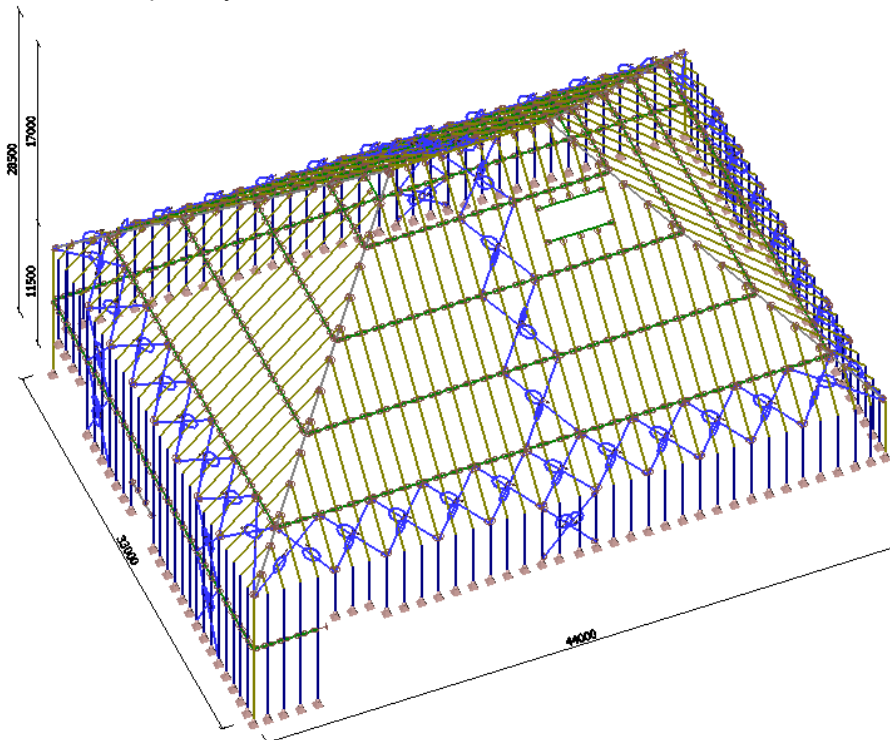
4.1. Popis konstrukce

Střešní konstrukci tvoří staticky určité trojkloubové rámy z lepeného lamelového dřeva. Tvar střechy je valbový, se sklonem příčlí 45°, nárožní příčle jsou spojeny vrcholovou vaznicí, do které jsou opřeny jednotlivé rámy. Osová vzdálenost mezi rámy je 1,2 m. Střešní a obvodový plášť tvoří samonosné skleněné fasádní panely. Ztužení konstrukce zajišťují diagonální příčná a podélná lanová ztužidla, zajišťující přenos vodorovných sil od větru. Příčle jsou proti klopení zajištěny rozpěrami umístěnými při horní hraně příčle po 5,0 m, stojky jsou zajištěny proti vzpěru ve třetinách vloženými ocelovými rozpěrami, při vnitřní a vnější hraně.

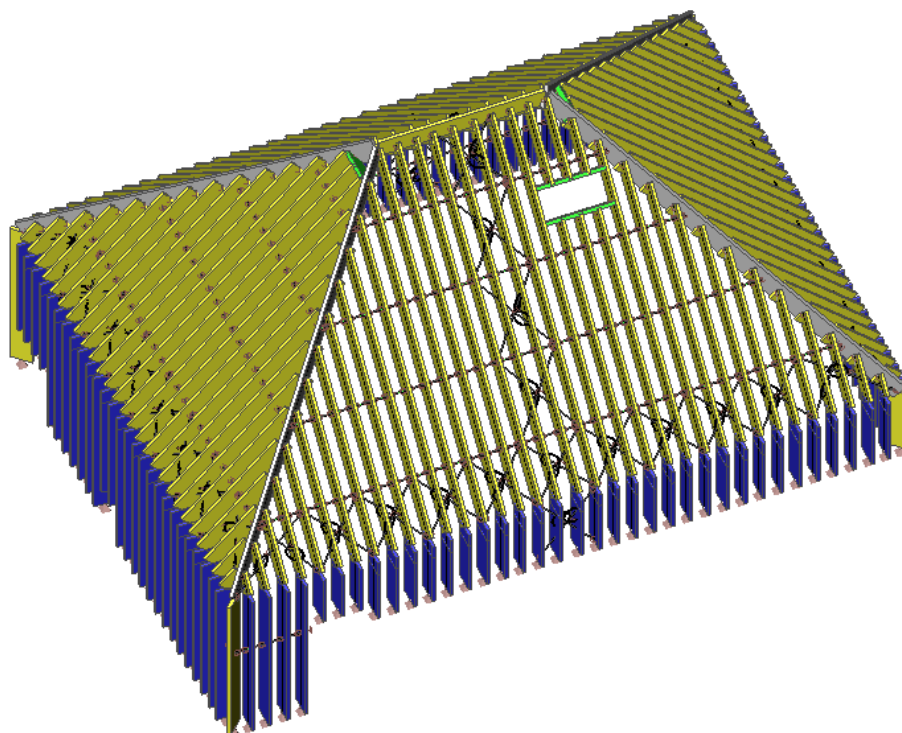
Pro ověření předpokladů z 2D modelu byla konstrukce vymodelována ve 2 variantách, kdy první varianta odpovídá konstrukci tak, jak je ve skutečnosti postavena. Tedy soustava dřevěných rámu, které svými masivními průřezy zajistí tuhost konstrukce. Druhá varianta řešení využívá ocelový příhradový vazník, uložený 1,0 m pod rámovým rohem a ztužuje tak konstrukci proti vodorovným deformacím. Pro lepší chování celé konstrukce je ocelový vazník přibližně ve třetinách rozpětí stažen ocelovými táhly. Pro ověření 3D modelu je vytvořen 2D model.

Geometrie konstrukce

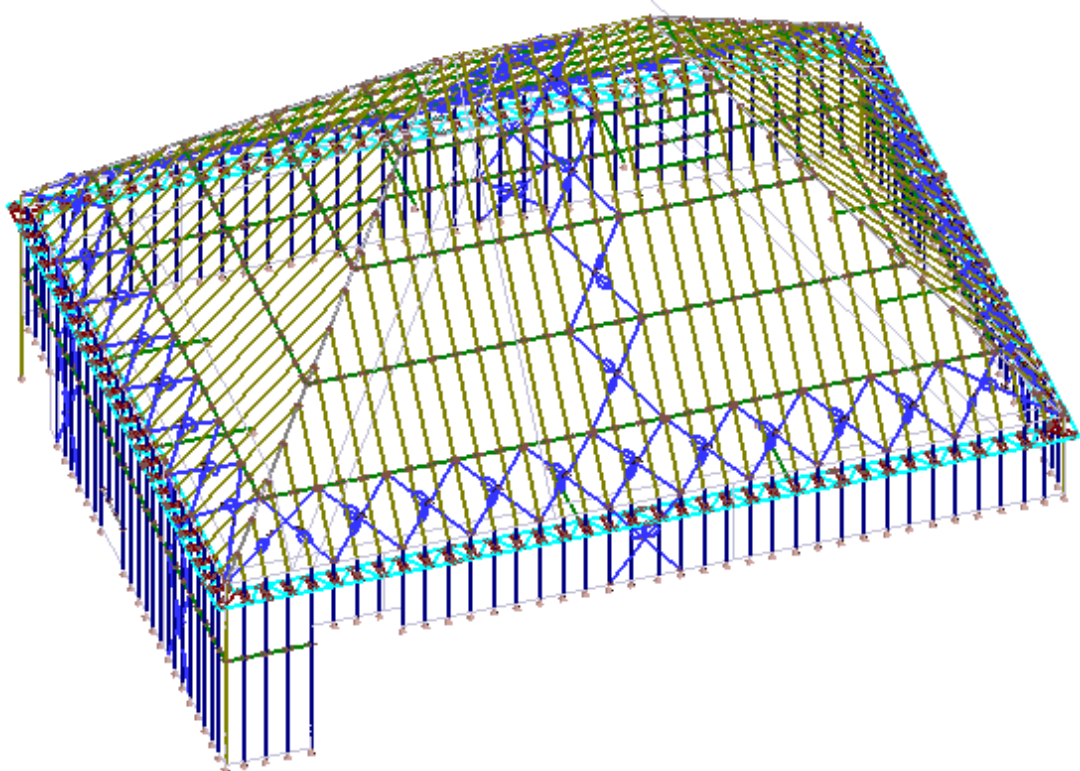
Varianta 1 – prutový model



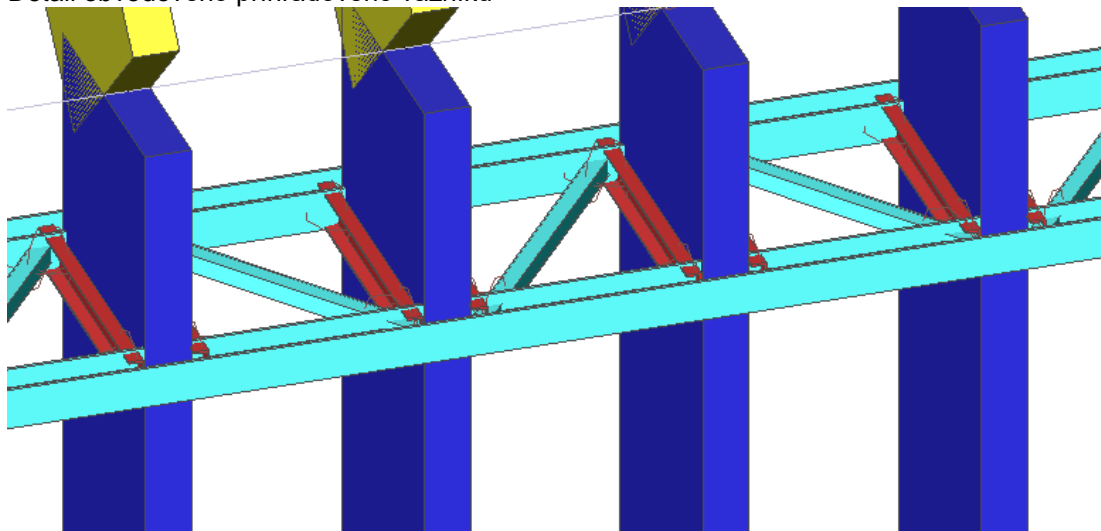
renderovaný pohled



Varianta 2 – prutový model



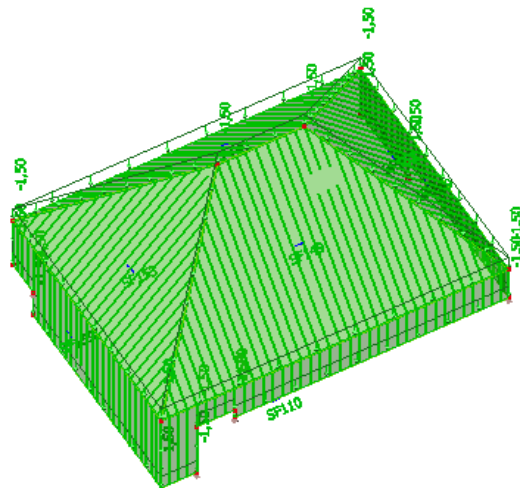
Detail obvodového příhradového vazníku



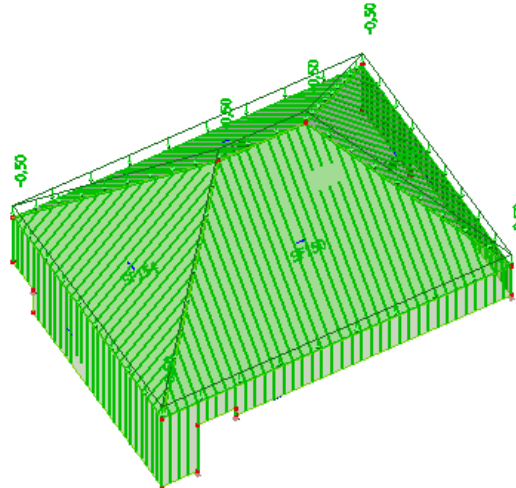
4.2. Zatížení

Jednotlivé zatěžovací stavy i kombinace jsou pro obě varianty shodné, zatížení vlastní tíhou je automaticky generován výpočetním programem. Hodnoty jednotlivých zatěžovacích stavů brány z odstavce 1. výpočet zatížení. Užité zatížení reprezentuje rezervu v únosnosti pro zavěšení rozvodů a světel.

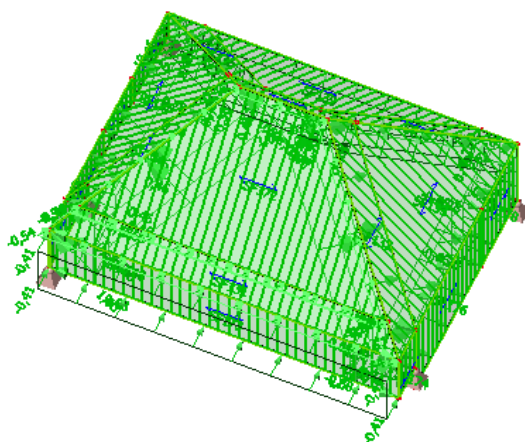
ZS2 Ostatní stálé zatížení [kN/m²]



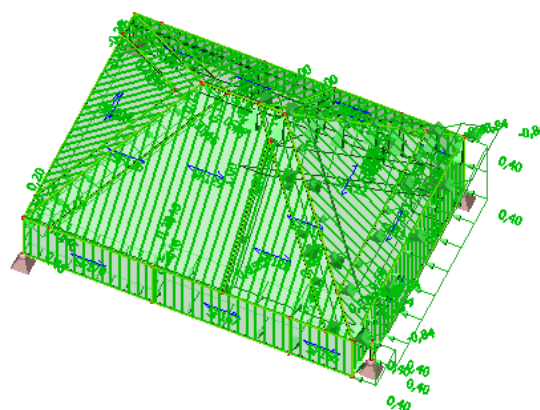
ZS3 Užité zatížení



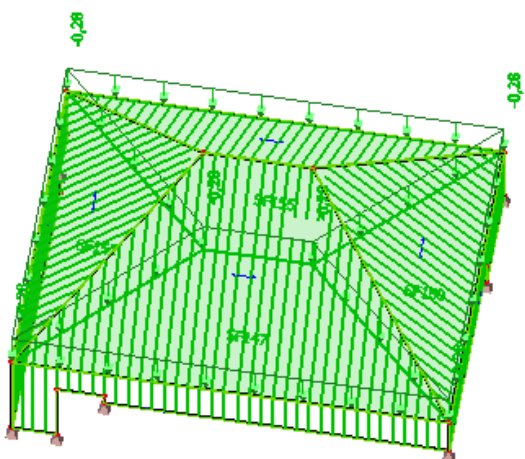
ZS3 Větr příčný



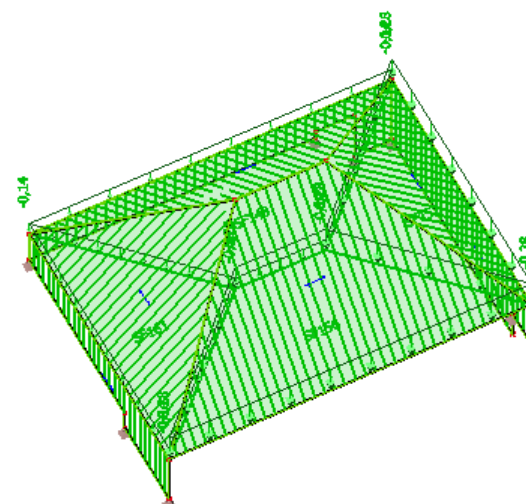
ZS4 Větr podélný



ZS5 sníh plný



ZS6 sníh poloviční



Kombinace

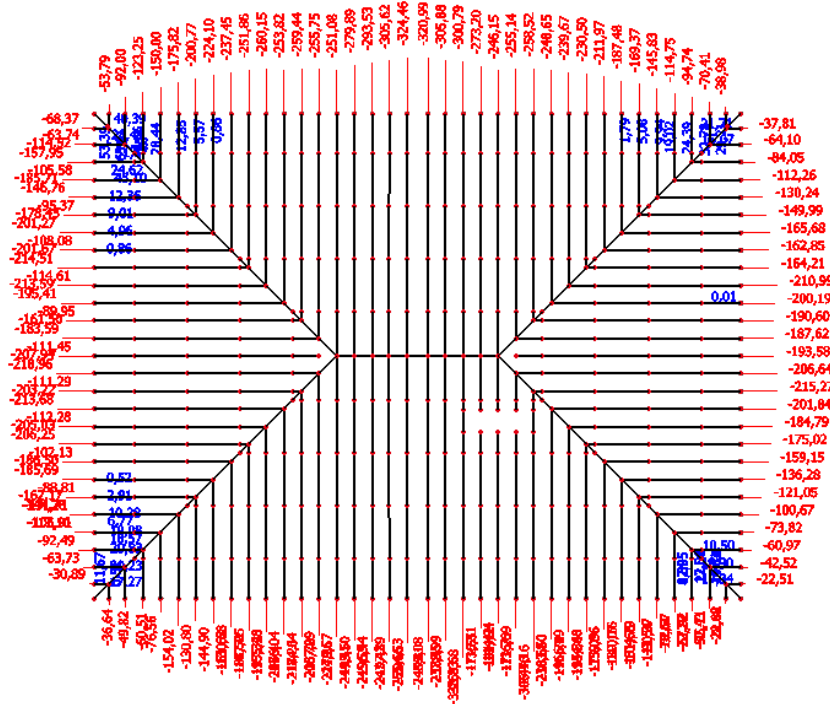
Pro MSÚ byly kombinace zatížení sestaveny dle rovnice 6.10. Program Scia Engineer vygeneroval automaticky příslušné kombinace zatížení s uvažovanými kombinačními součiniteli $\psi_0(\text{sníh}) = 0,5$; $\psi_0(\text{větr}) = 0,6$; $\psi_0(\text{užitné}) = 0,7$. Výpis všech kombinací je součástí přílohy statického výpočtu.

Hodnoty okamžitého průhybu jsou spočteny z charakteristické kombinace se součiniteli ψ_0 . Hodnoty konečného průhybu po dotvarování jsou spočteny z kvazistálé kombinace se součiniteli $\psi_2(\text{snih}) = \psi_2(\text{vítr}) = 0$; $\psi_2(\text{užitné}) = 0,3$.

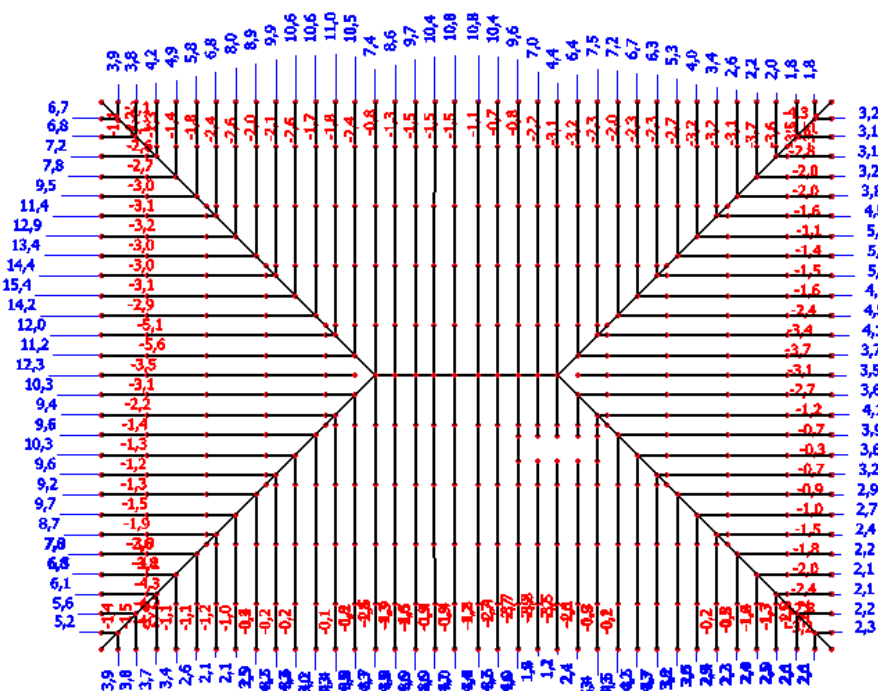
4.3. Vnitřní síly a deformace

Zobrazené hodnoty tvoří obálky vnitřních sil, posouzení obou variant je provedeno dle průběhu ohybového momentu M_y a deformace u_z , které jsou vztaženy k lokálnímu souřadnicovému systému. V případě příčlí se jedná o svislý průhyb. U sloupů se jedná o vodorovný průhyb. Tyto hodnoty převážně míře rozhodují o dimenzi prvků.

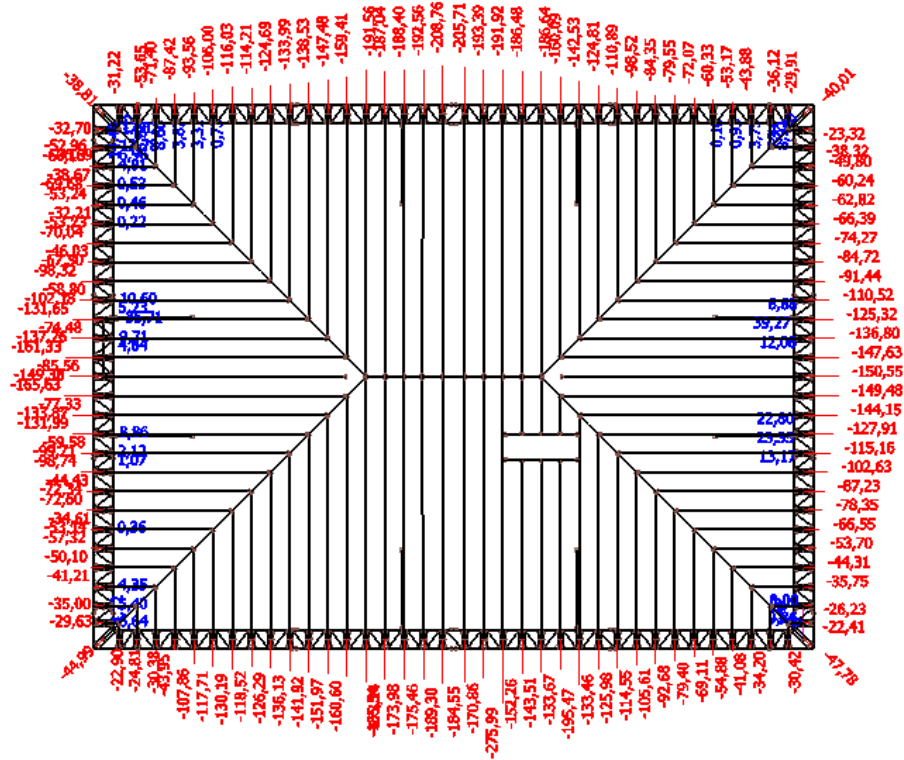
Varianta 1
 $M_y[\text{kNm}]$



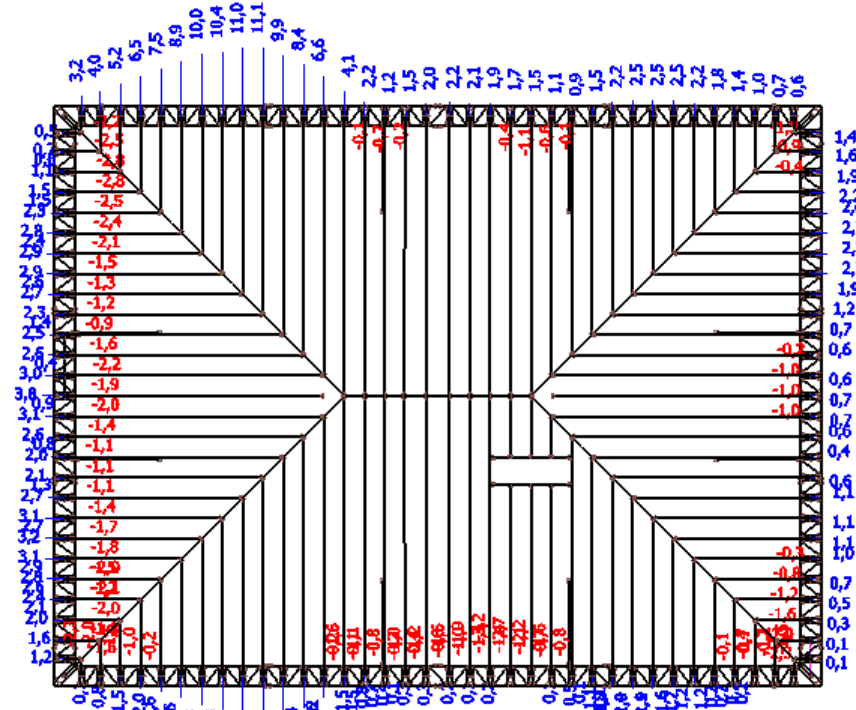
$u_z[\text{mm}]$



hodnoty průhybů platí pro tyto dimenze prvků:
stojka a příčle rámu – 1500x 200 z dřeva GL 32h
stojka a příčle rámu v nároží – 1500x 240 z dřeva GL 32h
Varianta 2
My[kNm]



uz[mm]



hodnoty průhybů platí pro tyto dimenze prvků:
stojka a příčle rámu – 1100x 200 z dřeva GL 28h
stojka a příčle rámu v nároží – 1000x 200 z dřeva GL 28h

Porovnání obou variant

Byly potvrzeny hodnoty z 2D modelu. Dle výsledků je patrné, že ve druhé variantě vychází ohybové momenty v místě rámového rohu řádově menší o 100 kNm. Pro zajištění přibližně stejných hodnot deformací musí být v první variantě oproti druhé variantě použity masivnější průřezy, příčlí a stojek. Rozdíl je až 500 mm, v případě nárožních prvků 300 mm. Proto byla vybrána pro další rozpracování druhá varianta zastřešení, s ocelovým ztužujícím rámem.

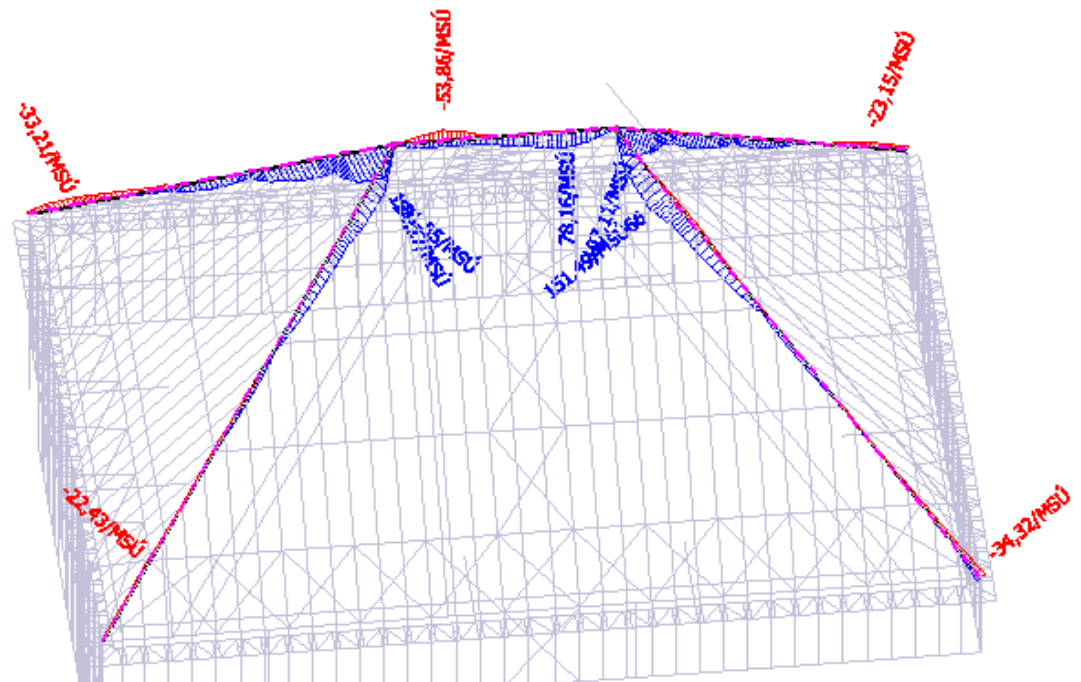
4.4. Návrh prvků konstrukce

Vzhledem, že se jedná o pohledovou konstrukci, budou mít všechny prvky rámu shodný průřez. Návrh a posouzení je provedeno na nejvíce zatížený prvek konstrukce. Třída provozu konstrukce je 1, třída trvání zatížení je krátkodobé. Na konstrukci je použito lepené lamelové dřevo kvality GL 28h.

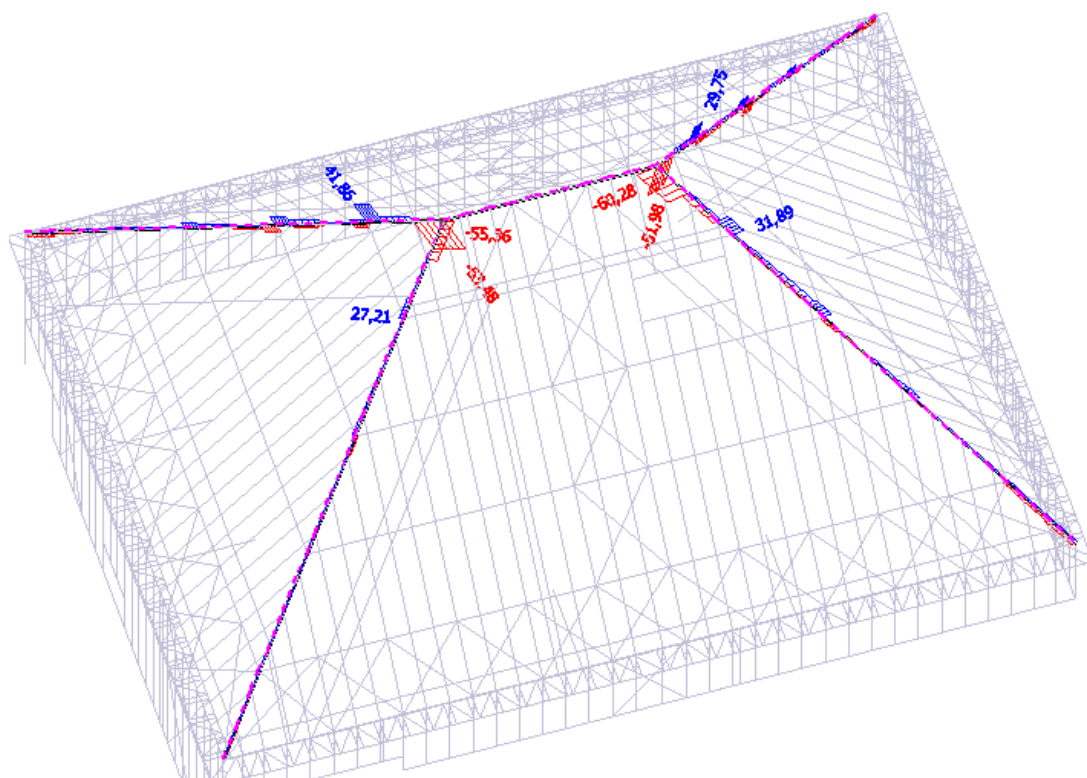
4.5. Průběh vnitřních sil na konstrukci zastřešení

Průběhy vnitřních sil jsou pro lepší přehlednost rozděleny do několika částí. Zobrazena je vždy obálka vnitřních sil.

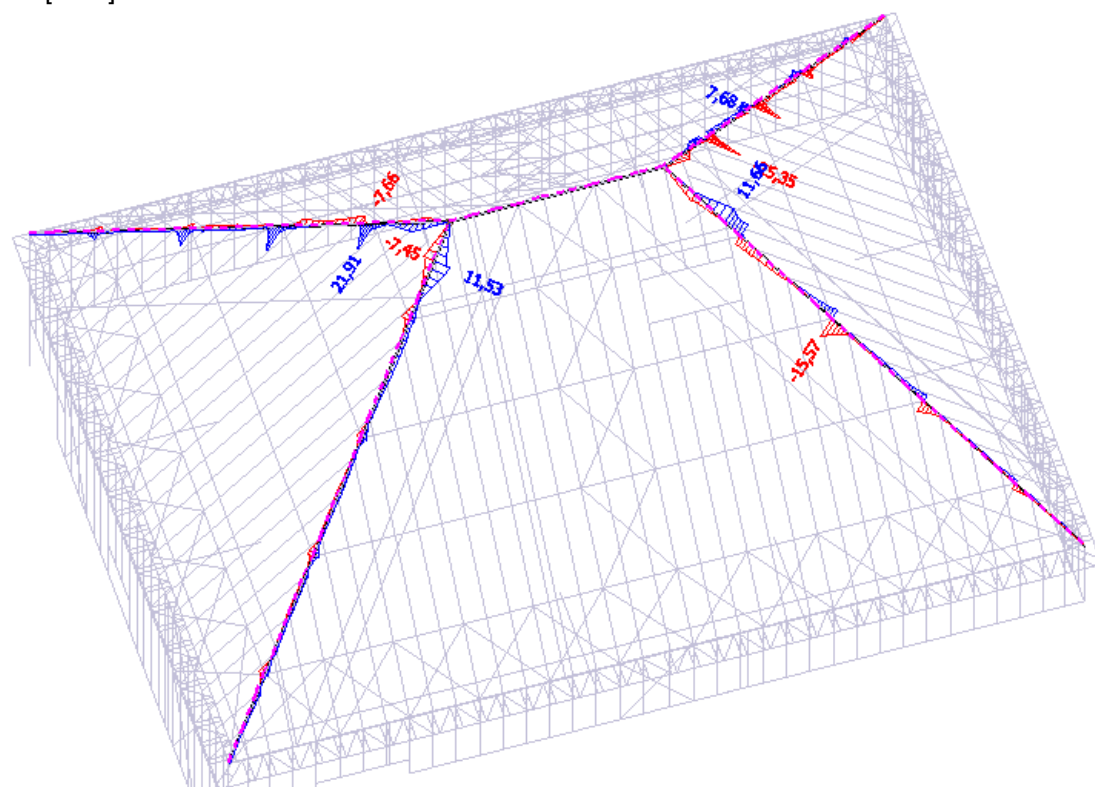
Nárožní prvky rámu
My[kNm]



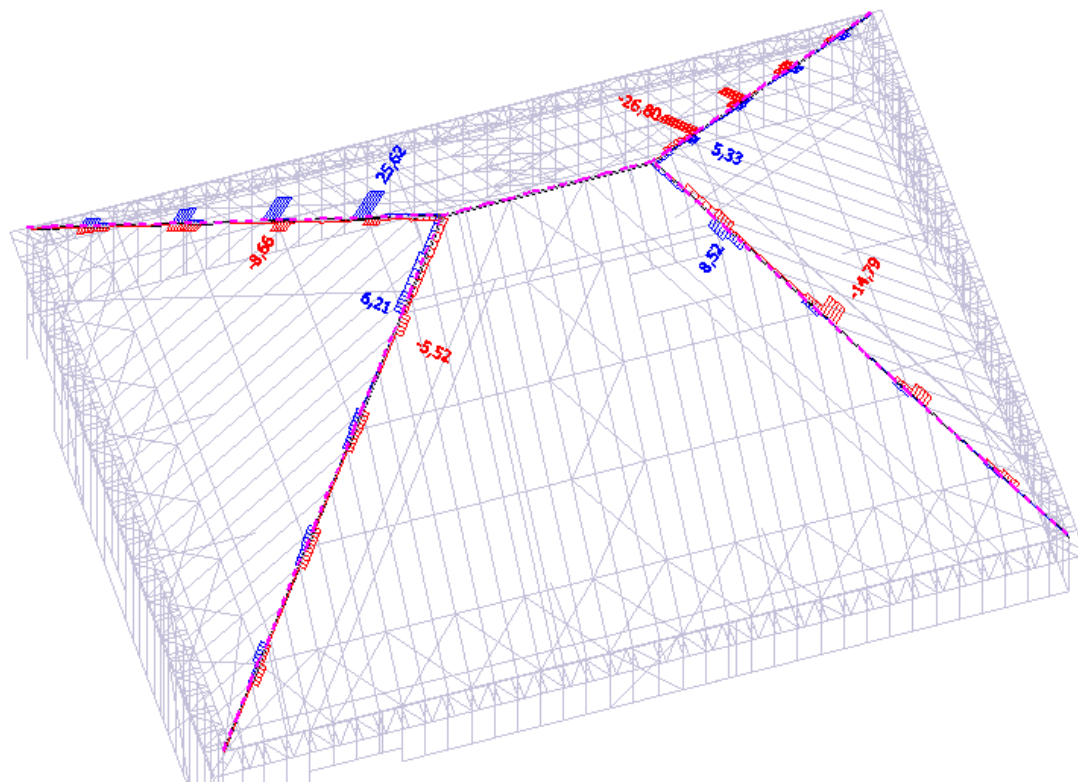
Vz[kN]



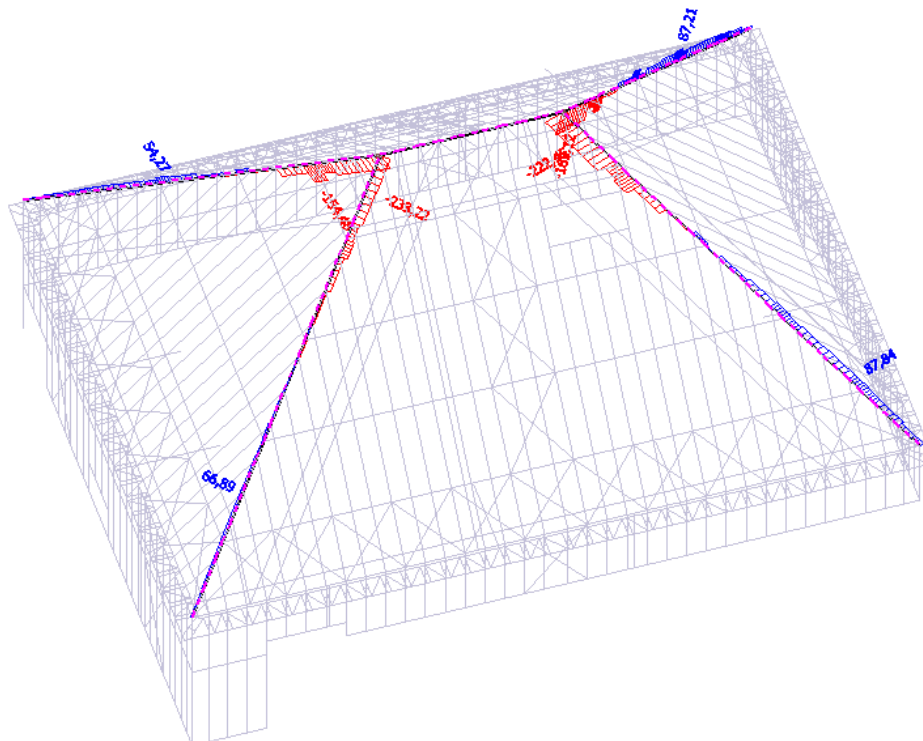
Mz[kNm]



Vy[kN]



N[kN]

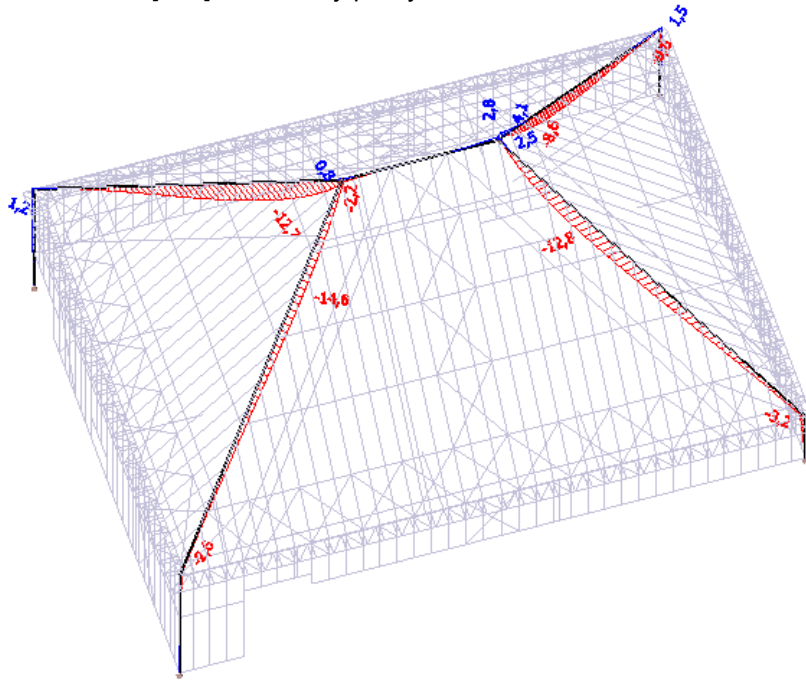


Návrh prvků konstrukce

nároční příčle rámu jsou navrženy z průřezu 200x 1000 mm z dřeva GL28h
nároční stojky rámu jsou navrženy z průřezu 200x 1000 mm z dřeva GL28h
vrcholová vaznice je navržena z průřezu 200x 1000 mm z dřeva GL28h

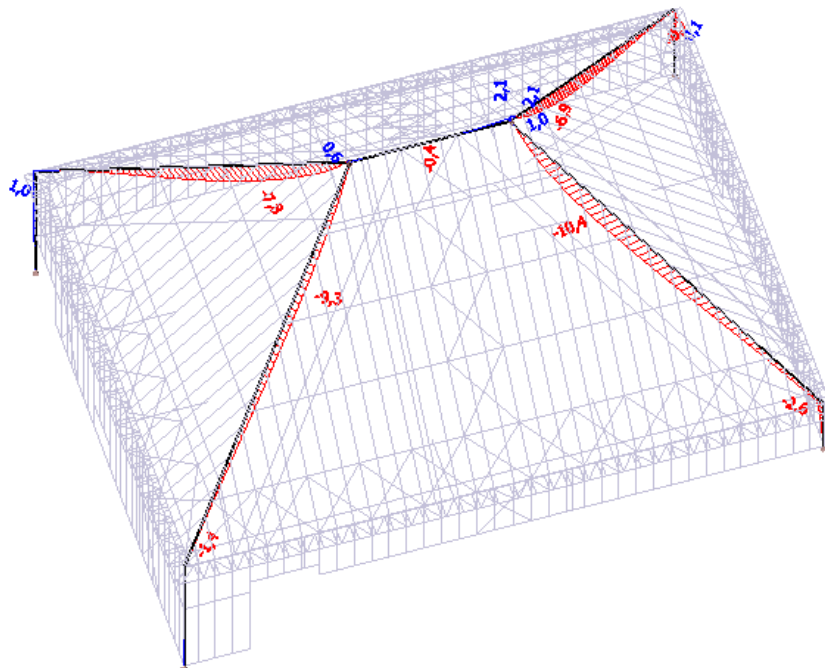
Kvůli skleněnému obvodovému plášti jsou limity pro průhyb zvoleny přísněji, než předepisuje norma a to pro okamžitý průhyb hodnotu $L/500$ pro svislý průhyb a $L/300$ pro dlouhodobý průhyb. Mezní hodnoty pro vodorovný průhyb je $h/500$ pro okamžitý průhyb a $h/350$ pro dlouhodobý průhyb

deformace u_z [mm] – okamžitý průhyb

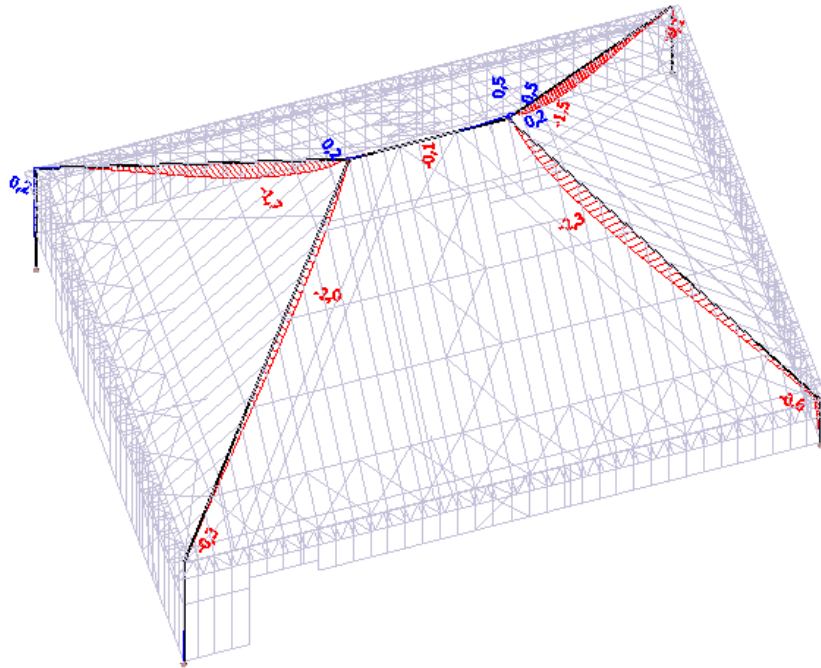


$w_{lim, příčle} = 28700 / 500 = 57,4 \text{ mm} > w_{inst} = 14,6 \text{ mm}$
 $w_{lim, stojka} = 4900 / 500 = 9,8 \text{ mm} > w_{inst} = 3,2 \text{ mm}$
deformace u_z [mm] – okamžitý průhyb (bez vlivu sněhu a větru)
 w_1 – stálé zatížení

Vyhovuje
Vyhovuje



w_2 – užité zátížení



$k_{def, stálé} = 0,6$

příčle

$$w_{net,fin} = w_1 \times (1 + k_{def}) + w_2 \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) = 10,4 \times (1 + 0,6) + 2,3 \times (1 + 0,3 \times 0,6)$$

$$w_{net,fin} = 19,4 > w_{lim} = 28700 / 300 = 95,6 \text{ mm}$$

Vyhovuje

stojka

$$w_{net,fin} = w_1 \times (1 + k_{def}) + w_2 \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) = 2,6 \times (1 + 0,6) + 0,6 \times (1 + 0,3 \times 0,6)$$

$$w_{net,fin} = 4,9 > w_{lim} = 4900 / 350 = 14,0 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Posouzení

Prvky jsou posouzeny na vnitřní síly z nejnepříznivější kombinace zatížení. Pro přehlednost jsou výsledky shrnuty do tabulky.

Nároční prvky rámu, příčle a stojky, jsou navrženy z průřezu 200x 1000 z lepeného lamelového dřeva GL 28h. Délka příčle rámu je 28,7 m, výška stojky je 11,5 m.

Příčle jsou zajištěna proti vzpěru a klopení ve směru měkčí osy po 2,1 m, stojky jsou zajištěny proti vzpěru a klopení ve směru měkčí osy po 3,5 m. Třída provozu I, délka trvání zatížení je krátkodobá.

Pro návrh není rozhodující napětí v jednotlivých prvcích, o dimenzi prvků rozhoduje mezní stav použitelnosti a rozměry prvků v místě spojů – především v místě rámového rohu.

Dřevina:	GL28h	β=	0,1	lef/la=	0,9	kcr=	0,67	km=	0,7
kmod=	0,9	γm=	1,25						

E0,05=	10500 Mpa	tah		ohyb		smyk	
fc,0,k=	28 Mpa	fm,k=	28 Mpa	fv,0,k=	3,5 Mpa	fv,0,d=	2,5 Mpa
fc,0,d=	20,2 Mpa	fm,d=	20,2 Mpa	fv,0,d=	2,5 Mpa		

Průřezové charakteristiky:

Průřez	plocha A [mm²]	moment setrvačnosti Iy [mm⁴]	Iz [mm⁴]	Wy [mm³]	Wz [mm³]	vzpěrná délka lz [mm]	střihová pružnost λy	λz	σc,cr,y [MPa]	σc,cr,z [MPa]	kritické napětí	relativní štíhlost λrel,y	λrel,z	ky	kz	součinitel vzpěru kc,y	kc,z	klopná délka d [mm]	krit. napětí v ohybu σm,cr [MPa]	štíhlost λrel,m	součinitel klopání krit
nár. příčle	200	1000	1,67E+10	6,67E+08	3,33E+07	6,67E+06	20100	2100	69,63	36,37	21,4	78,3	1,14	1,20	0,69	0,65	0,96	2100	173,33	0,40	1,00
nár. stojka	200	1000	1,67E+10	6,67E+08	3,33E+07	6,67E+06	11500	3500	39,84	60,62	65,3	28,2	0,65	0,73	1,03	0,94	0,77	6600	55,15	0,71	1,00
vrch. vaznice	200	800	160000	8,53E+09	5,33E+07	2,13E+07	11000	1200	47,63	20,78	45,7	239,9	0,78	0,83	0,96	0,90	1,00	1200	379,17	0,27	1,00

Posouzení průřezu na vnitřní síly:

Kombinace	tah			tlak			smyk			ohyb			kombinace tahu s ohybem My,Mz		kombinace tlaku s ohybem My,Mz		Vyhovuje
	NEd [kN]	σc,0,d [Mpa]	NEd [kN]	σc,0,d [Mpa]	VEd [kN]	τEd [kN]	fv,d [MPa]	σm,y [MPa]	Mz [kNm]	My [kNm]	σm,z [MPa]	Mz [kNm]	My [kNm]	My,Mz	My,Mz	My,Mz	
Kombinace 48	125	0,625	0	0,000	35	0,39	2,5	0,16	70,00	2,1	13	2,0	0,17	0,17	0,01	Vyhovuje	
Kombinace 66	0	0,000	-240	1,200	55	0,62	2,5	0,24	125,00	3,8	5	0,8	0,26	0,10	0,10	Vyhovuje	
Kombinace 70	0	0,000	-225	1,125	55	0,62	2,5	0,24	140,00	4,2	11	1,7	0,31	0,10	0,10	Vyhovuje	
Kombinace 48	46	0,230	0	0,000	18	0,20	2,5	0,08	38,00	1,1	0	0,0	0,04	0,00	0,00	Vyhovuje	
Kombinace 52	0	0,000	42	0,210	45	0,50	2,5	0,20	60,00	1,8	1	0,2	0,08	0,02	0,02	Vyhovuje	
Kombinace 17	0	0,000	235	1,469	80	1,12	2,5	0,44	80,00	3,8	5	0,9	0,26	0,11	0,11	Vyhovuje	
Kombinace 66	0	0,000	275	1,719	60	0,84	2,5	0,33	60,00	2,8	10	1,9	0,29	0,11	0,11	Vyhovuje	

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

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

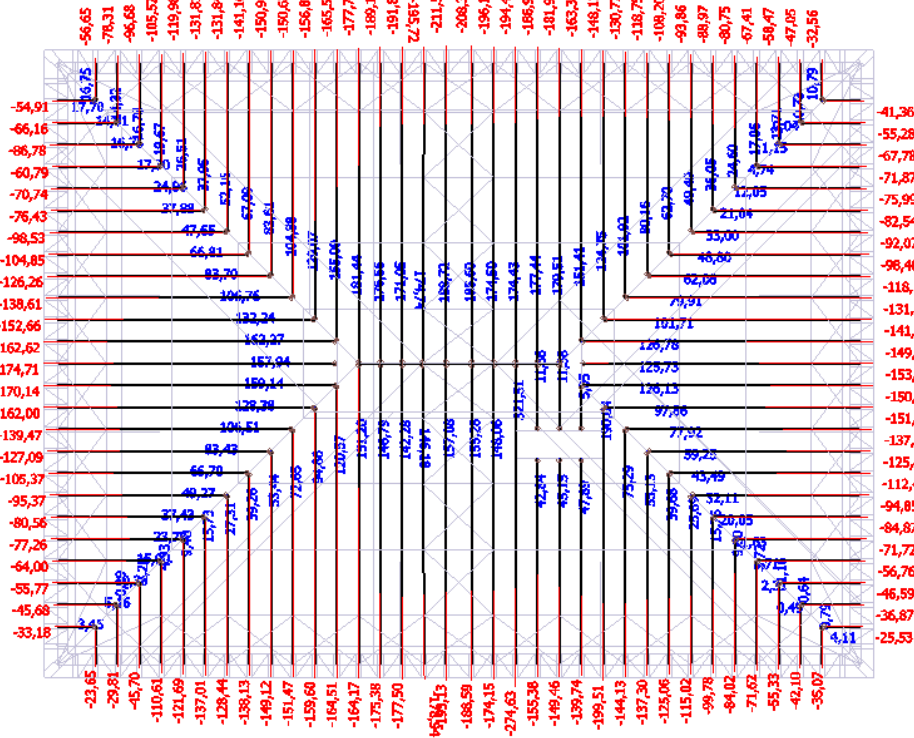
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

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

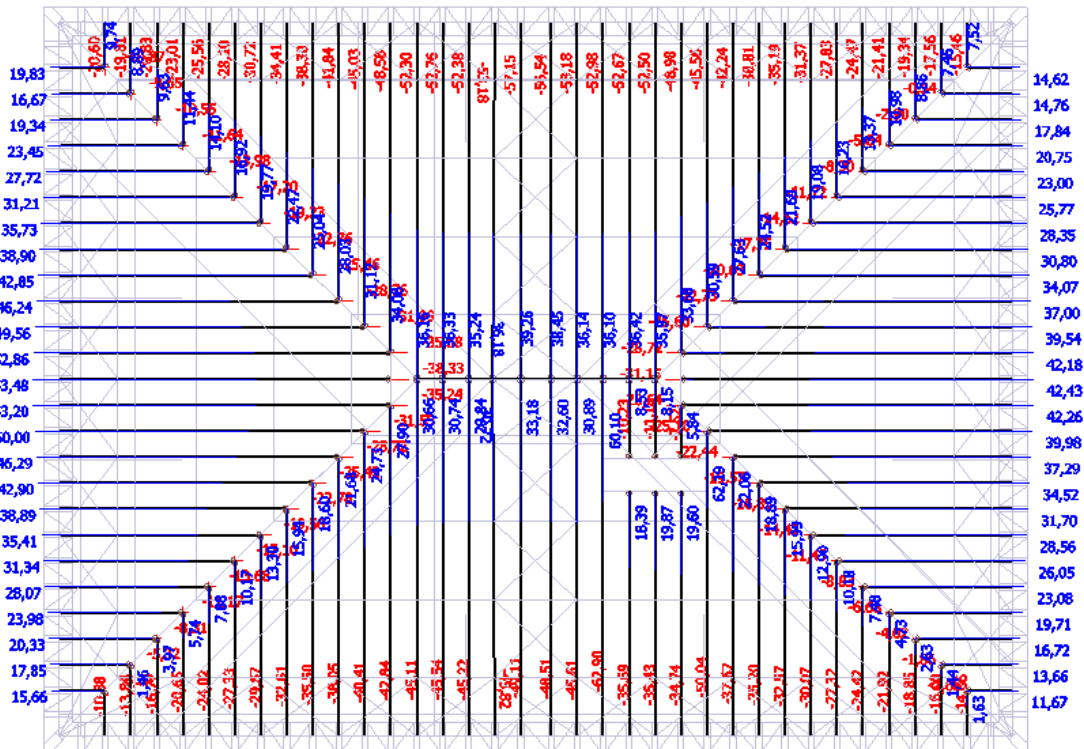
$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

Mezilehlé rámy - příčle

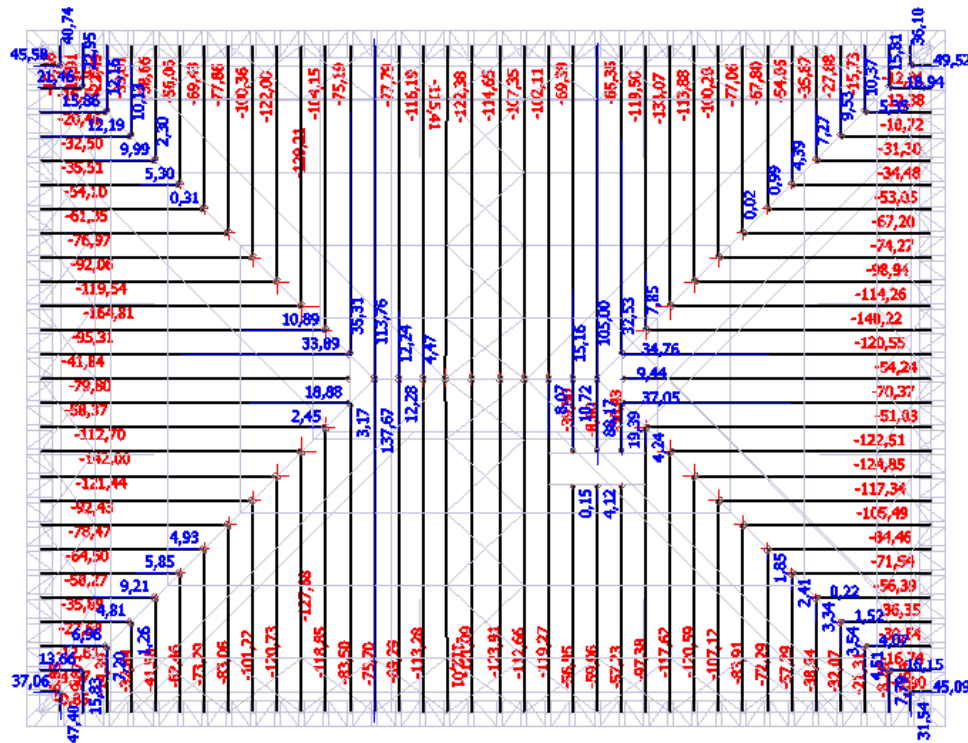
Pro přehlednost jsou zobrazeny pouze maximální hodnoty pro daný průřez
 Hodnoty M_z a posouvající síly V_y jsou při posouzení prvků zanedbány. Jejich vliv na napětí je v řádu jednotek procent.
 M_y [kNm]



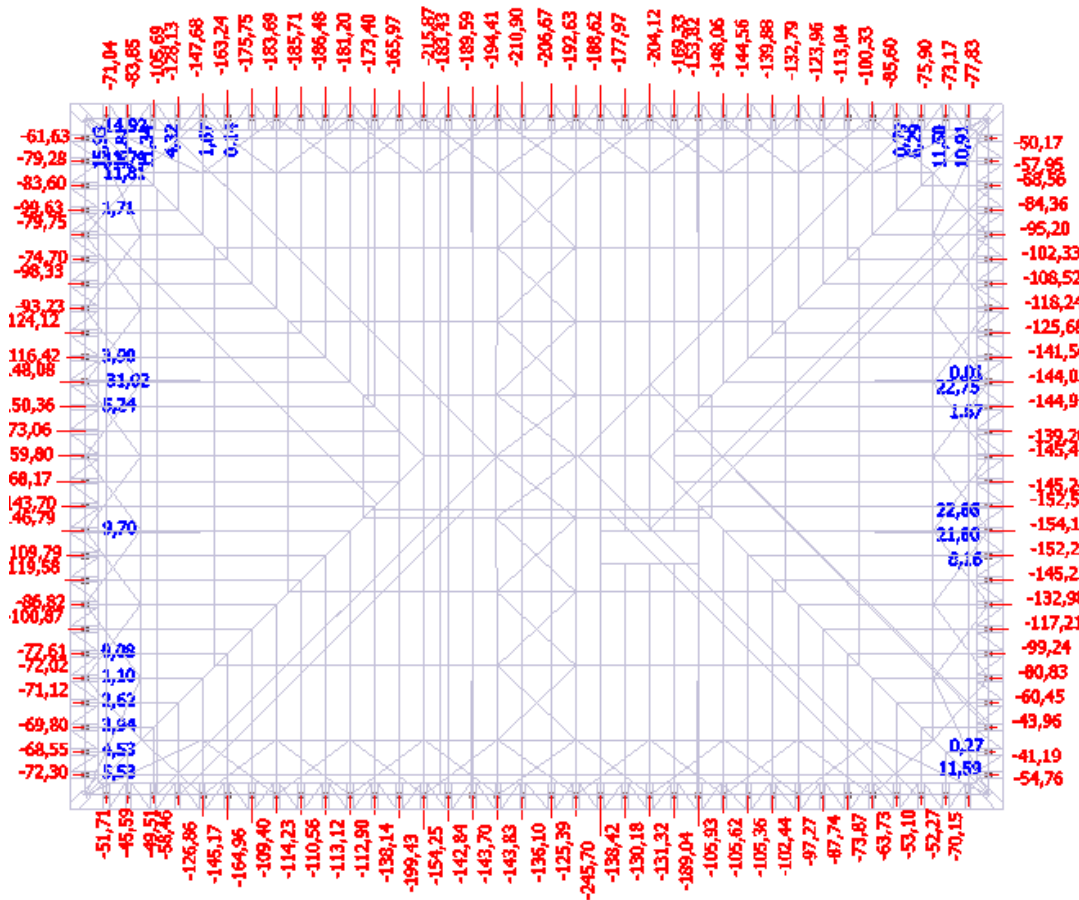
V_z [kN]



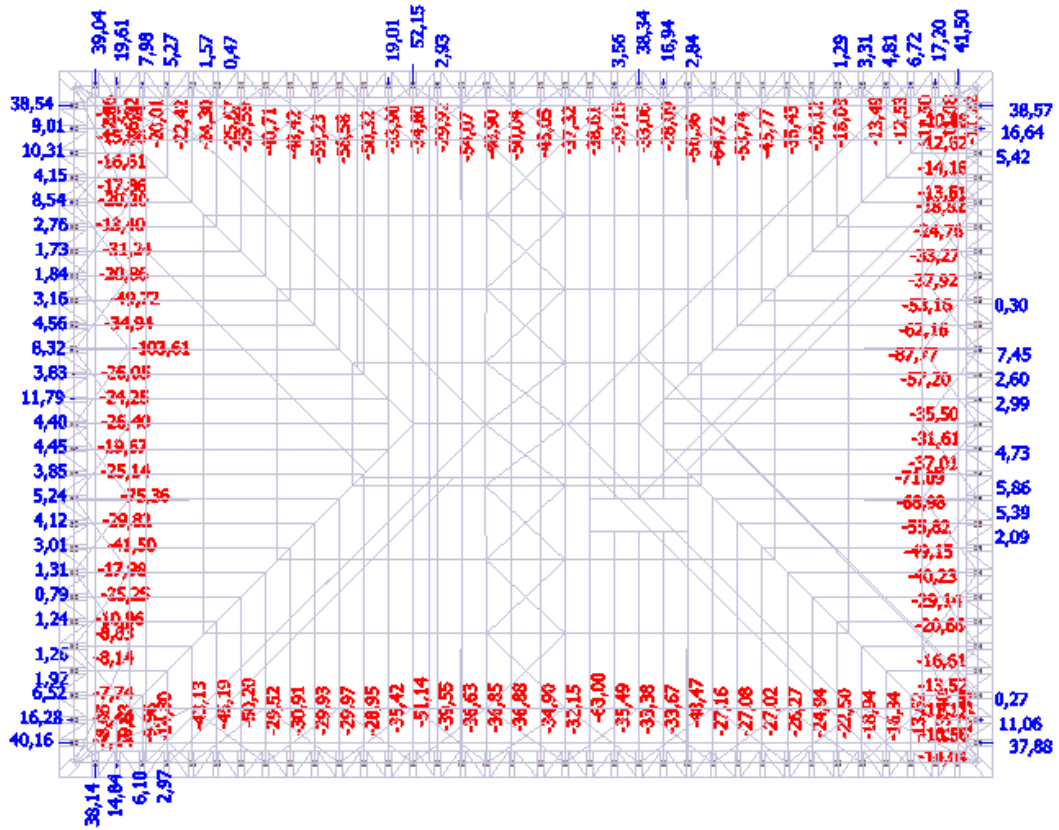
N[kN]



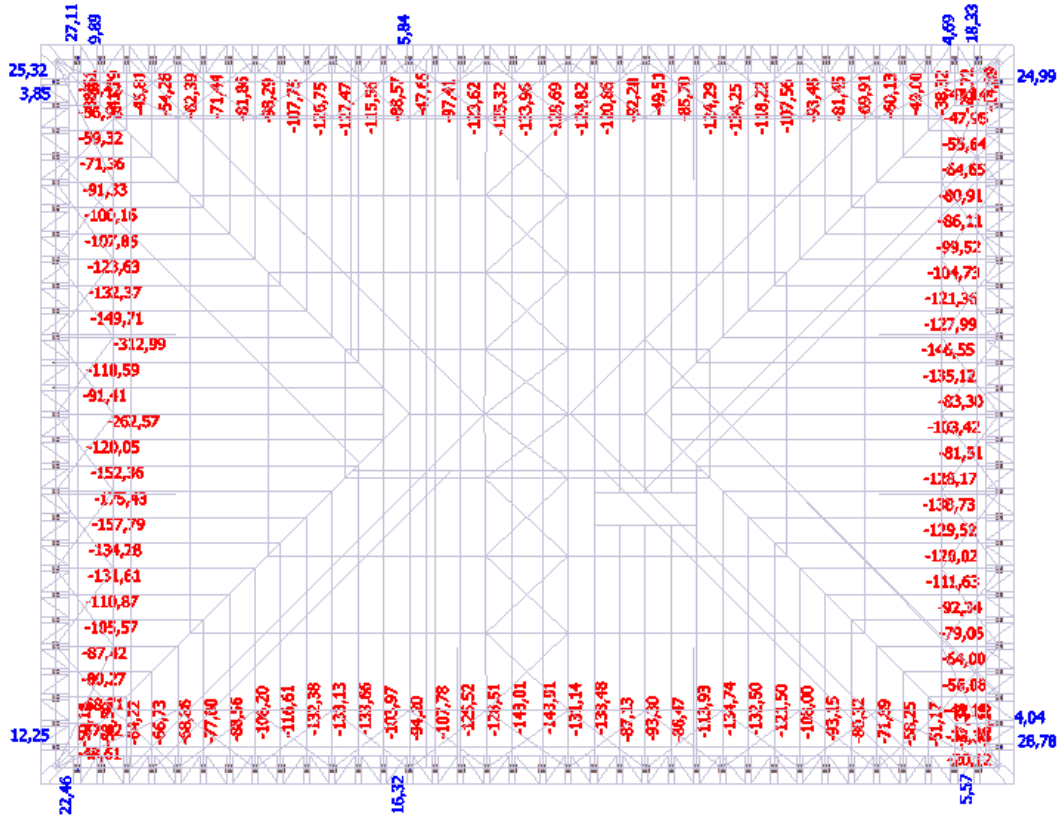
Mezilehlé rámy - stojky
 My[kNm]



Vz[kN]



N[kN]



Návrh prvků konstrukce

příčle rámu navrženy z průřezu 200x 1100 mm z dřeva GL28h

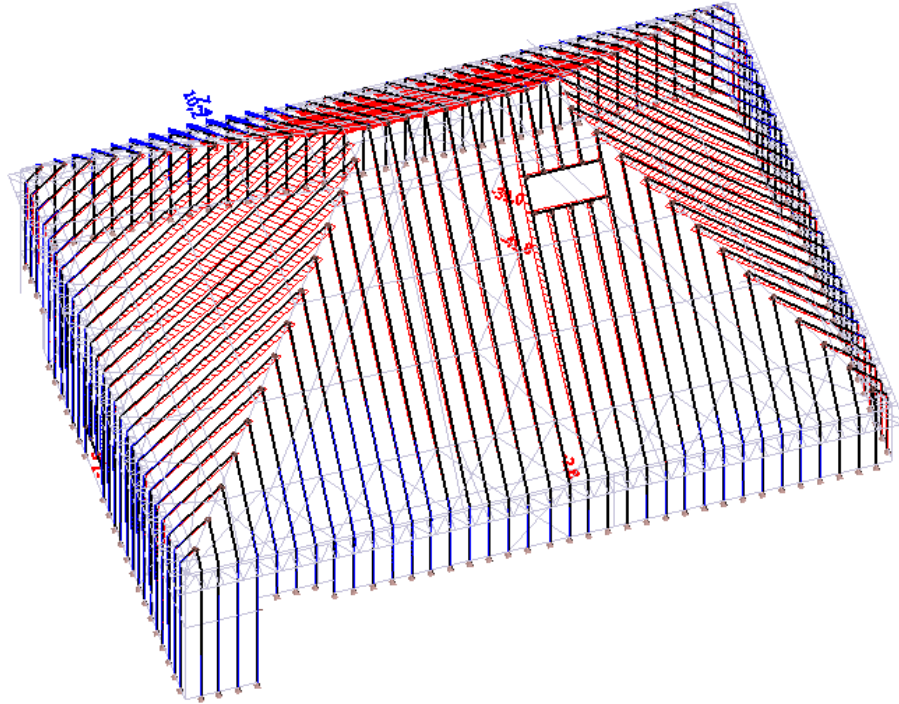
stojky rámu navrženy z průřezu 200x 1100 mm z dřeva GL28h

Pro MSP platí stejná omezení jako při návrhu nárožních prvků

překlad nad vstupem navržena z průřezu 3x 150x 500 mm z dřeva GL24h

výměna navržena z průřezu 200x 500 mm z dřeva GL24h

deformace u_z [mm] – okamžitý průhyb



$$w_{lim, příčle} = 23690 / 500 = 47,4 \text{ mm} > w_{inst} = 41,8 \text{ mm}$$

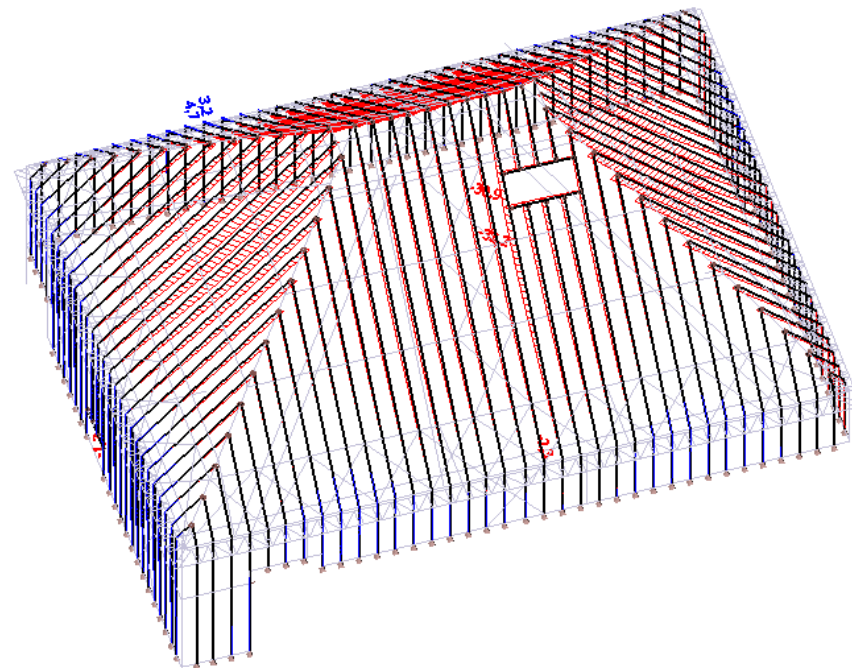
$$w_{lim, stojka} = 7600 / 500 = 15,2 \text{ mm} > w_{inst} = 10,2 \text{ mm}$$

Vyhovuje

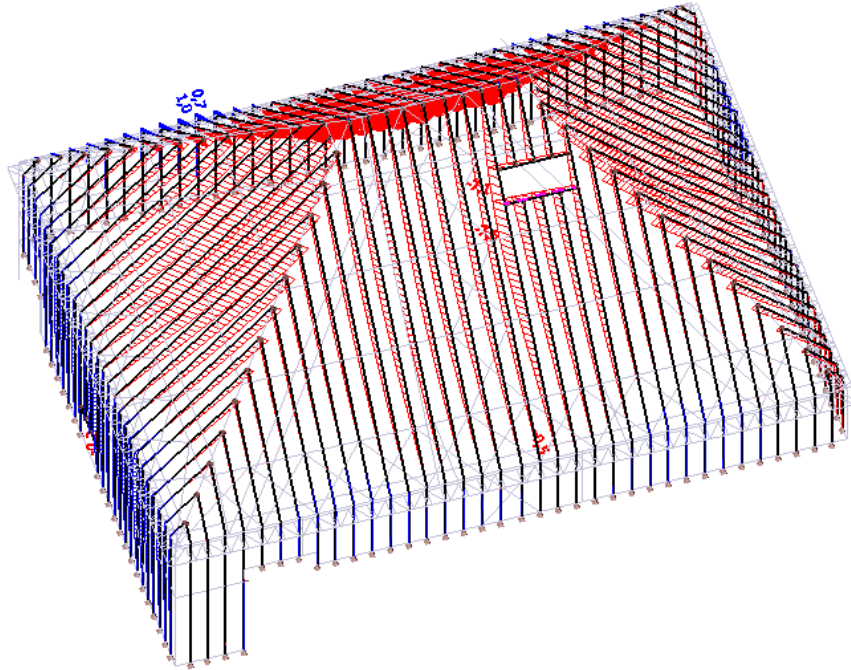
Vyhovuje

deformace u_z [mm] – okamžitý průhyb (bez vlivu sněhu a větru)

w_1 – stálé zatížení



w_2 – užité zátížení



$k_{def, stálé} = 0,6$

příčle

$$w_{net,fin} = w_1 \times (1 + k_{def}) + w_2 \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) = 33,2 \times (1 + 0,6) + 7,6 \times (1 + 0,3 \times 0,6)$$

$$w_{net,fin} = 62,1 > w_{lim} = 23690 / 300 = 78,9 \text{ mm}$$

Vyhovuje

stojka

$$w_{net,fin} = w_1 \times (1 + k_{def}) + w_2 \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) = 4,7 \times (1 + 0,6) + 1,0 \times (1 + 0,3 \times 0,6)$$

$$w_{net,fin} = 8,7 > w_{lim} = 7600 / 350 = 21,7 \text{ mm}$$

Vyhovuje

překlad

$$w_{net,fin} = w_1 \times (1 + k_{def}) + w_2 \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) = 1,3 \times (1 + 0,6) + 0,2 \times (1 + 0,3 \times 0,6)$$

$$w_{net,fin} = 2,4 > w_{lim} = 3600 / 300 = 12,0 \text{ mm}$$

Vyhovuje

výměna

$$w_{net,fin} = w_1 \times (1 + k_{def}) + w_2 \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) = 1,6 \times (1 + 0,6) + 0,4 \times (1 + 0,3 \times 0,6)$$

$$w_{net,fin} = 3,1 > w_{lim} = 4800 / 300 = 16,0 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Posouzení prvků

Prvky rámu, příčle a stojky, jsou navrženy průřezu 200x 1100 z lepeného lamelového dřeva GL 28h. Největší délka příčle rámu je 23,69 m, výška stojky je 11,5 m. Příčle jsou zajištěna proti vzpěru a klopení ve směru měkčí osy po 5,0 m, stojky jsou zajištěny proti vzpěru a klopení ve směru měkčí osy po 3,5 m. Prvky jsou posouzeny na vnitřní síly dle jednotlivých návrhových kombinací. Výsledky jsou shrnuty do následující tabulky. Třída provozu I, délka trvání zatížení je krátkodobá.

Dřevina: GL28h	$\beta =$	0,1	$l_{ef}/l_a =$	0,9	$k_{cr} =$	0,67	$k_{in} =$	0,7
$k_{mod} =$	0,9	$\gamma_M =$	1,25					

$E_{0,05} =$	10500 Mpa	tlak		tah		ohyb		smyk	
$f_{c,0,k} =$	28 Mpa	$f_{m,k} =$	28 Mpa	$f_{t,0,k} =$	22,4 Mpa	$f_{v,0,k} =$	3,5 Mpa	$f_{v,0,d} =$	2,5 Mpa
$f_{c,0,d} =$	20,2 Mpa	$f_{m,d} =$	20,2 Mpa	$f_{t,0,d} =$	16,1 Mpa	$f_{v,0,d} =$			

Průřezové charakteristiky:

Průřez b [mm]	plocha A [mm ²]	moment setvačnosti I_y [mm ⁴]	průřezový modul W_y [mm ³]	průřezový modul W_z [mm ³]	vzpěrná délka L_z [mm]	štitlost prutu		kritické napětí $\sigma_{cr,0,3}$ [Mpa]	relativní štitlost $\lambda_{rel,y}$	relativní štitlost $\lambda_{rel,z}$	kombinace tahu s ohybem My, Mz	kombinace tlaku s ohybem My, Mz	soudnítl vzpěru k _{c,y}	k _{c,z}	Klopná déčka [mm]	krit. napětí v ohybu $\sigma_{cr,0,3}$ [Mpa]	štitlost λ_{rel}	soudnítl klopentkrit.		
						λ_y	λ_z												ky	kz
200	1100	220000	2,22E+10	7,33E+08	4,03E+07	7,33E+06	23690	5100	74,60	88,33	18,6	13,3	1,23	1,45	1,30	0,43	5100	64,88	0,66	1,00
200	1100	220000	2,22E+10	7,33E+08	4,03E+07	7,33E+06	11500	3500	36,22	60,62	79,0	28,2	0,60	1,00	0,69	0,71	3500	94,55	0,54	1,00

Posouzení průřezu na vnitřní síly:

Kombinace	normálové síly										ohyb		smyk		kombinace tahu s ohybem My, Mz		kombinace tlaku s ohybem My, Mz		Vyhovuje
	tah N_{ed} [kN]	tlak N_{ed} [kN]	oc,0,d [Mpa]	N_{ed} [kN]	V_{ed} [kN]	$\tau_{0,3}$ [kN]	$\tau_{0,3}$ [kN]	$\tau_{0,3}$ [kN]	$\sigma_{m,y}$ [Mpa]	Mz [kNm]	$\sigma_{m,z}$ [Mpa]	$\sigma_{m,y}$ [Mpa]	Mz [kNm]	$\sigma_{m,z}$ [Mpa]	$\sigma_{m,y}$ [Mpa]	Mz [kNm]	$\sigma_{m,z}$ [Mpa]	$\sigma_{m,y}$ [Mpa]	
Kombinace 16	101	0,505	0	0,000	25	0,28	2,5	0,11	95,00	2,9	0,0	0,0	0,0	0,13	0,10	0,02	0,02	0,06	Vyhovuje
Kombinace 41	0	0,000	-160	0,800	21	0,24	2,5	0,09	81,00	2,4	0,0	0,0	0,0	0,08	0,15	0,06	0,06	0,06	Vyhovuje
Kombinace 66	0	0,000	-117	0,585	63	0,71	2,5	0,28	324,00	9,7	0,0	0,0	0,0	0,34	0,38	0,26	0,26	0,26	Vyhovuje
Kombinace 41	32	0,160	0	0,000	16	0,18	2,5	0,07	20,00	0,6	0,0	0,0	0,0	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	Vyhovuje
Kombinace 66	0	0,000	-147	0,735	60	0,67	2,5	0,27	275,00	8,3	0,0	0,0	0,0	0,29	0,33	0,21	0,21	0,21	Vyhovuje
Kombinace 66	0	0,000	-316	1,580	80	0,90	2,5	0,36	122,00	3,7	0,0	0,0	0,0	0,13	0,21	0,13	0,13	0,13	Vyhovuje

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

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

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

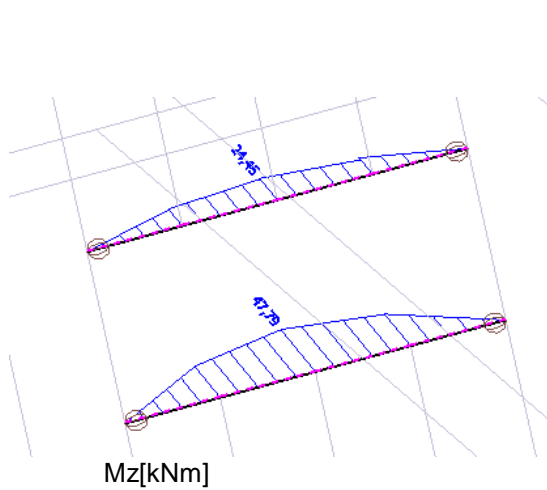
$$\frac{\sigma_{s,0,d}}{f_{s,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \sigma_{m,z,d} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{cr} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{s,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{s,0,d}} \leq 1$$

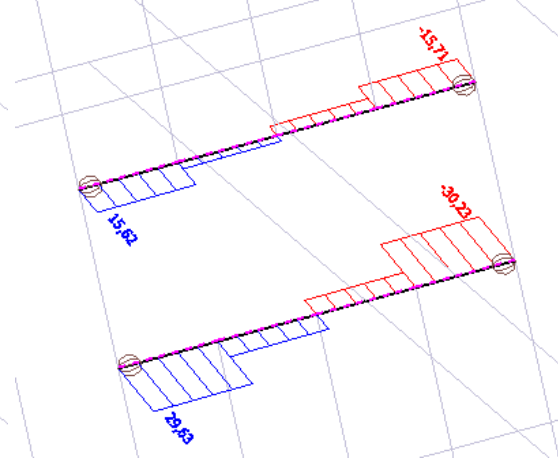
4.6. Výměny a překlady

Nosníky výměny a překlady tvoří prosté nosníky. Délka výměny je 4,8 m, překlady mají délku 3,6 m. Hodnoty vnitřních sil níže.

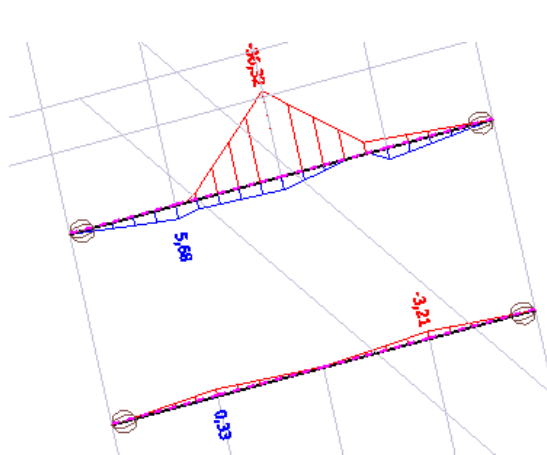
Vnitřní síly – výměna
 M_y [kNm]



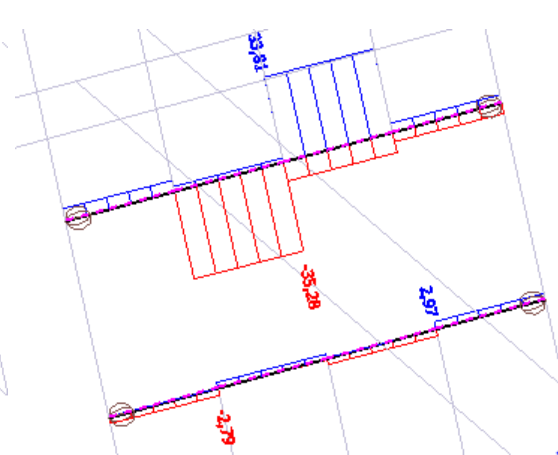
V_z [kN]



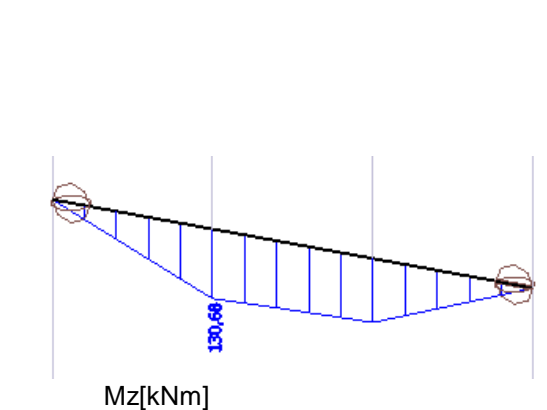
M_z [kNm]



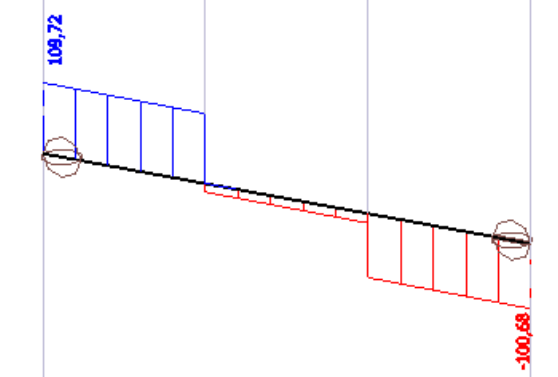
V_y [kN]



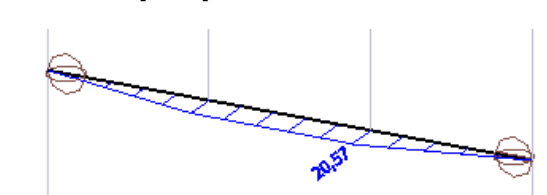
Vnitřní síly – překlady
 M_y [kNm]



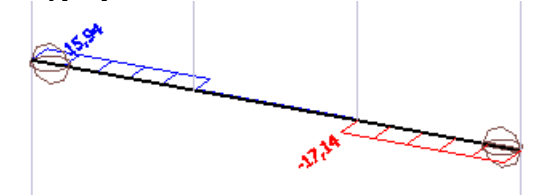
V_z [kN]



M_z [kNm]

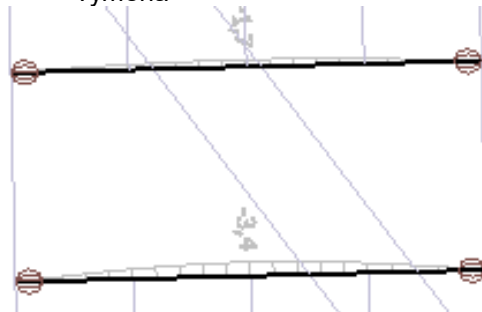


V_y [kN]

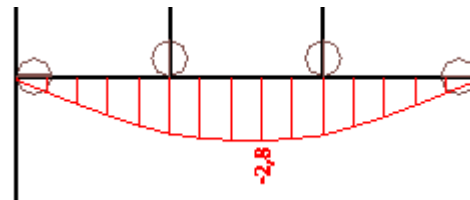


Pro MSP platí stejná omezení jako při návrhu nárožních prvků
překlad nad vstupem navržen průřezu 3x 150x 500 mm z dřeva GL24h
výměna navržená z průřezu 200x 500 mm z dřeva GL24h
 deformace u_z [mm] – okamžitý průhyb

Deformace - zobrazeny jsou hodnoty relativní deformace prvku
 u_z [mm] – okamžitý průhyb
 výměna



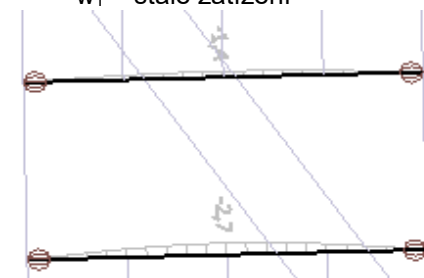
překlad



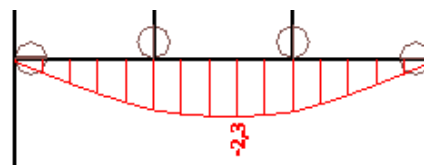
$w_{lim, výměna} = 4800 / 500 = 9,6 \text{ mm} > w_{inst} = 3,4 \text{ mm}$
 $w_{lim, překlad} = 3600 / 500 = 7,2 \text{ mm} > w_{inst} = 2,8 \text{ mm}$

Vyhovuje
Vyhovuje

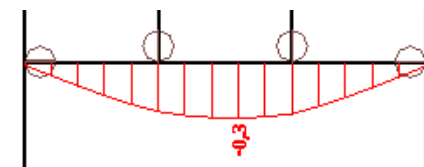
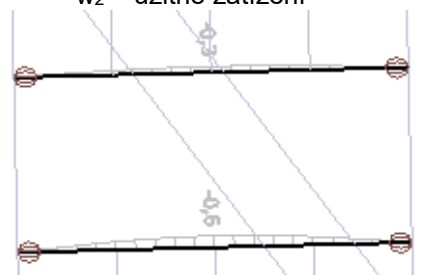
deformace u_z [mm] – okamžitý průhyb (bez vlivu sněhu a větru)
 výměna



překlad



w_1 – stálé zatížení



$k_{def, stálé} = 0,6$

výměna

$w_{net, fin} = w_1 \times (1 + k_{def}) + w_2 \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) = 2,7 \times (1 + 0,6) + 0,6 \times (1 + 0,3 \times 0,6)$

$w_{net, fin} = 5,1 > w_{lim} = 4800 / 300 = 16 \text{ mm}$

Vyhovuje

průvlak

$w_{net, fin} = w_1 \times (1 + k_{def}) + w_2 \times (1 + \psi_{2,1} \times k_{def}) = 2,3 \times (1 + 0,6) + 0,3 \times (1 + 0,3 \times 0,6)$

$w_{net, fin} = 4,1 > w_{lim} = 3600 / 300 = 12 \text{ mm}$

Vyhovuje

Posouzení prvků

Výměna je navržená průřezu 200x 500 mm, z lepeného lamelového dřeva GL 24h. Překlad je navržen průřezu 3x 150x 500 mm, z lepeného lamelového dřeva GL 24h. Délka výměny je 4,8 m, překlad má délku 3,6 m. Prvky nejsou drženy proti klopení a vzpěru. Prvky jsou posouzeny na vnitřní síly dle jednotlivých návrhových kombinací. Výsledky shrnuty do následující tabulky. Třída provozu I, délka trvání zatížení je krátkodobá.

Dřevoc: kmod=	GL24h 0,9	$\beta=$ $V_{95}=$	0,1 1,25	lef/lb=	0,9	kcr=	0,67	$k_{95}=$	0,7
------------------	--------------	-----------------------	-------------	---------	-----	------	------	-----------	-----

tah		ohyb		smyk	
ft,0,k=	24 Mpa	frn,k=	24 Mpa	ft,0,k=	3,5 Mpa
ft,0,d=	17,3 Mpa	frn,d=	17,3 Mpa	ft,0,d=	2,5 Mpa

Průřezové charakteristiky:

Průřez	plocha $A[mm^2]$	moment setrvačnosti $I_y[mm^4]$	průřezový modul $W_y[mm^3]$	průřezová délka $L_z[mm]$	žřhlost trupu λ_y	kritické napětí $\sigma_{cr,y}[MPa]$	relativní žřhlost $\lambda_{rel,y}$	součinitel vepřeru k _y	relativní žřhlost $\lambda_{rel,z}$	ky	kz	součinitel vepřeru k _z	klopná délka[mm]	krit. napětí v ohybu $\sigma_{m,cr}[MPa]$	žřhlost $\lambda_{rel,m}$	součinitel klopentkrit
výměna	500	100000	2,08E+09	3,33E+06	83,14	85,7	13,7	0,57	1,43	1,30	0,42	0,41	4800	138,67	0,45	1,00
dřeklád	450	500	225000	4,69E+09	1,88E+07	166,6	134,9	0,41	0,46	0,59	0,98	0,99	3600	936,00	0,17	1,00

Posouzení průřezu na vnitřní síly:

Kombinace	normálové síly			tah			smyk			ohyb			kombinace tahu s ohybem My,Mz	kombinace tlaku s ohybem My	Vyhovuje	
	N _{Ed} [kN]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	N _{Ed} [kN]	$\sigma_{m,Ed}$ [MPa]	Mz[kNm]	Mz[kNm]	My[kNm]	My[kNm]	$\sigma_{m,Ed}$ [MPa]	$\sigma_{m,Ed}$ [MPa]	Mz[kNm]	Mz[kNm]				$\sigma_{m,Ed}$ [MPa]
Kombinace 22	0	0,000	0	0,000	9	0,10	2,5	0,04	13,00	1,6	21	6,3	0,33	0,35	0,01	Vyhovuje
Kombinace 66	0	0,000	0	0,000	30	0,34	2,5	0,13	48,00	5,8	3	0,9	0,29	0,29	0,11	Vyhovuje
Kombinace 41	0	0,000	0	0,000	102	1,14	2,5	0,45	122,00	6,5	19	1,1	0,33	0,33	0,13	Vyhovuje

$$\frac{\sigma_{c,Ed}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,Ed}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,Ed}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,Ed}}{f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,Ed}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,Ed}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,Ed}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,Ed}}{f_{m,x,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,Ed}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,Ed}}{f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,Ed}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,Ed}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{cm} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

Obvodový ztužující prstenec

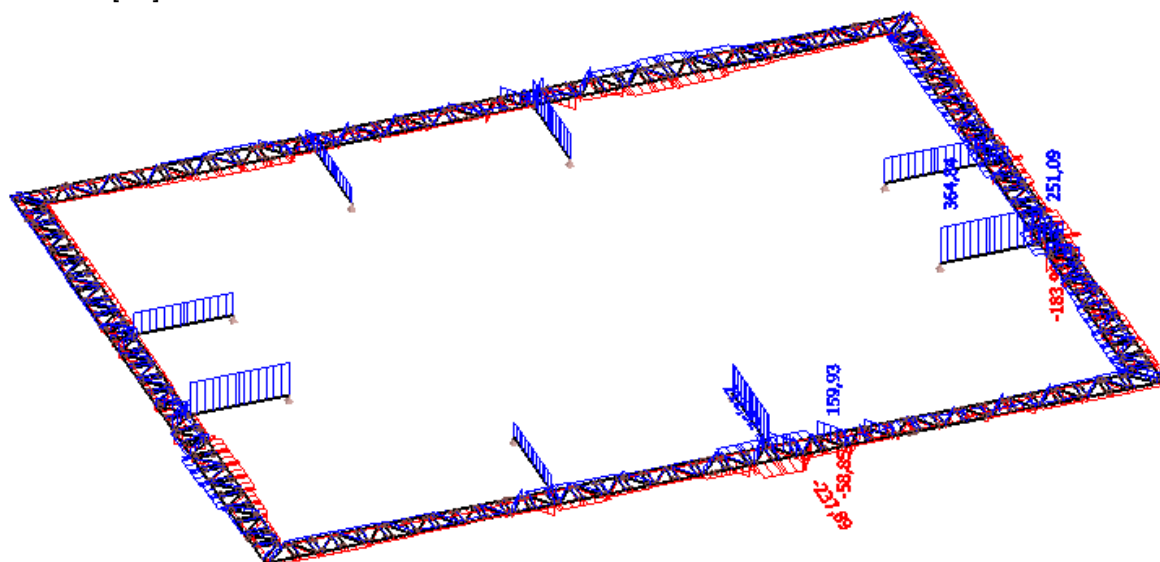
Ocelový ztužující obvodový prstenec má za úkol zachytit vodorovné síly a tím snížit vodorovné deformace rámu. Prstenec je stažen přibližně ve třetině rozponu ocelovými táhly, zakotvenými do železobetonového ztužujícího jádra. Obvodový prstenec tvoří příhradový nosník, kde tvoří vnitřní a vnější pás ocelový profil HEB, diagonály jsou z jacklů. Ke dřevěným sloupům je nosník připevněn přes svislice z UPN profilu svorníky. Pásky jsou pro montáž rozděleny na části o maximální délce 10,0 m.

Vnitřní síly

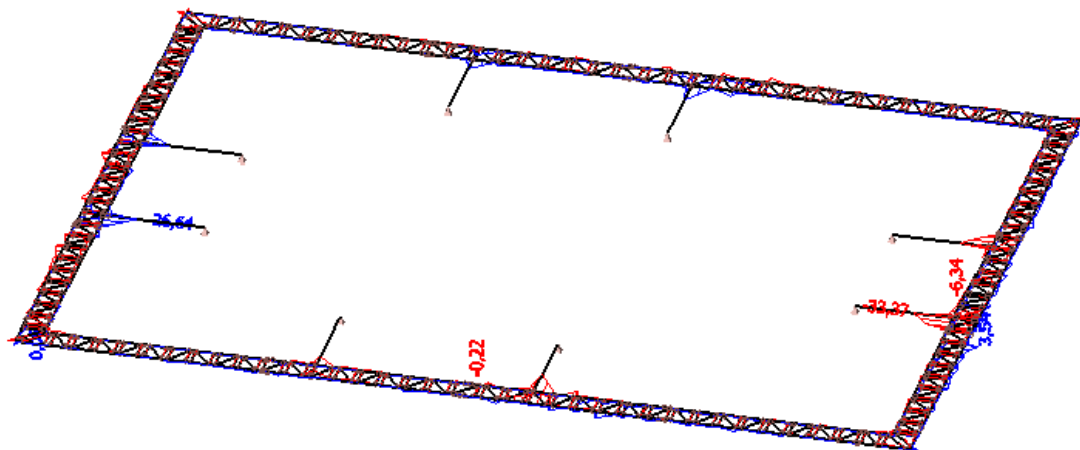
Pro přehlednost jsou zobrazeny pouze maximální hodnoty pro daný průřez

Dominantní síly na konstrukci jsou normálové

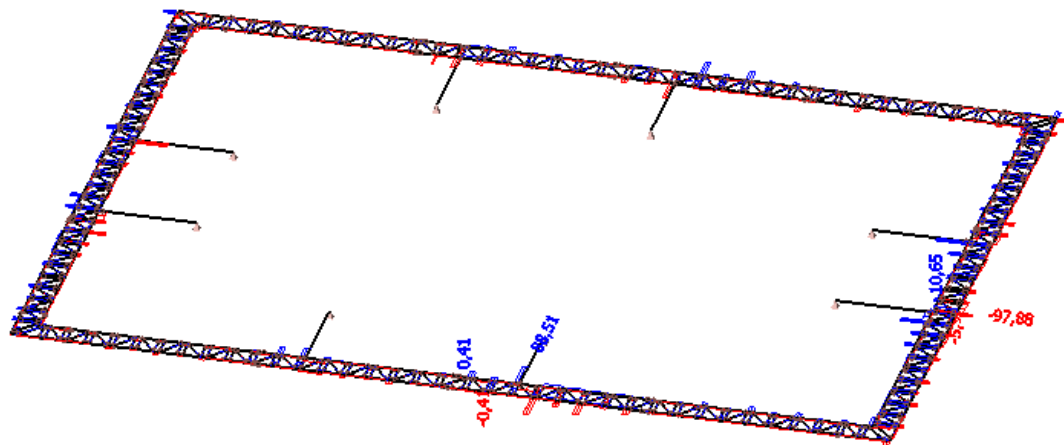
$N[kN]$



$Mz[kNm]$



Vy[kN]



Návrh prvků obvodového prstence
vnitřní a vnější pás z profilu HEB 180 z oceli S 235 J0
diagonály navrženy z jacklu 80/80/6 mm z oceli S 235 J0
svislice navržena z UPN 160 z oceli S 235
táhlo $\phi 40$ mm z oceli S 235 J0

Posouzení prvků obvodového prstence

Jednotlivé prvky jsou navrženy na síly vypsané níže.

vnitřní pás: $M_z = 35 \text{ kNm}$; $V_y = -65 \text{ kN}$; $N = 215 \text{ kN}$ (tah); $N = -210 \text{ kN}$ (tlak)

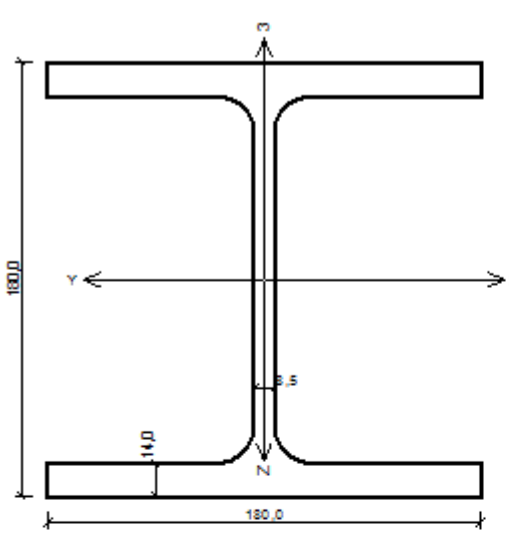
vnější pás: $M_z = -20 \text{ kNm}$; $V_y = -85 \text{ kN}$; $N = 210 \text{ kN}$ (tah); $N = -245 \text{ kN}$ (tlak)

diagonála: $N = 165 \text{ kN}$ (tah); $N = -195 \text{ kN}$ (tlak)

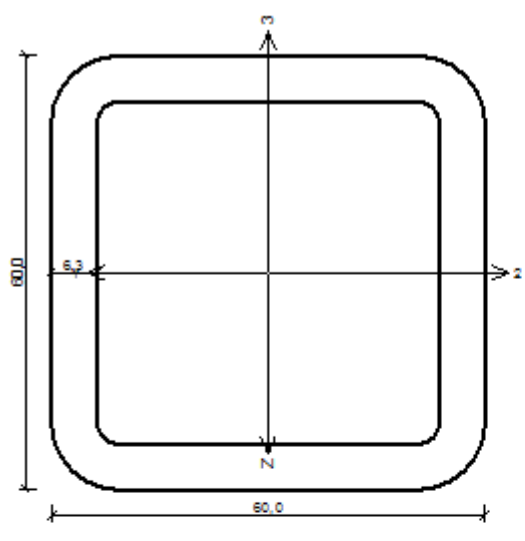
svislice: $N = 155 \text{ kN}$ (tah); $N = -35 \text{ kN}$ (tlak)

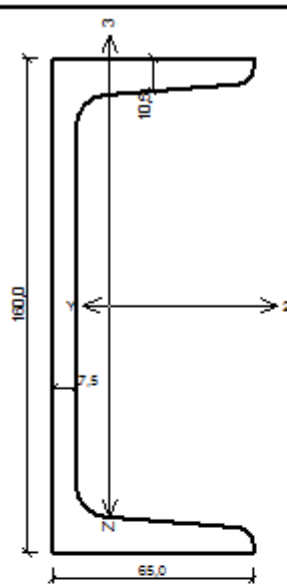
táhlo : $N = 365 \text{ kN}$ (tah)

Prvky posouzeny v programu FINE v5 – Ocel

Vnitřní pás									
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez HE 180 B Průřezová plocha: $A = 6,525E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 90,0 \text{ mm}$ $z_T = 90,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 3,831E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,363E07 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -4,257E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,514E05 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 4,257E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,514E05 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 4,216E05 \text{ mm}^4$ Výšečový moment setrvačnosti: $I_y = 9,375E10 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 4,814E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,310E05 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>								
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 3</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">N = -210,000 kN</td> <td style="width: 50%;">M_y = -35,000 kNm</td> </tr> <tr> <td>V_z = 65,000 kN</td> <td>M_z = 0,000 kNm</td> </tr> <tr> <td>V_y = 0,000 kN</td> <td>T_r = 0,000 kNm</td> </tr> <tr> <td>T_r = 0,000 kNm</td> <td>B = 0,000 kNm²</td> </tr> </table>	N = -210,000 kN	M _y = -35,000 kNm	V _z = 65,000 kN	M _z = 0,000 kNm	V _y = 0,000 kN	T _r = 0,000 kNm	T _r = 0,000 kNm	B = 0,000 kNm ²	
N = -210,000 kN	M _y = -35,000 kNm								
V _z = 65,000 kN	M _z = 0,000 kNm								
V _y = 0,000 kN	T _r = 0,000 kNm								
T _r = 0,000 kNm	B = 0,000 kNm ²								
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,200 m</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">L_z = 6,000 m</td> <td style="width: 33%;">k_z = 1,000</td> <td style="width: 33%;">L_{cr,z} = 6,000 m</td> </tr> <tr> <td>L_y = 1,200 m</td> <td>k_y = 1,000</td> <td>L_{cr,y} = 1,200 m</td> </tr> </table>	L _z = 6,000 m	k _z = 1,000	L _{cr,z} = 6,000 m	L _y = 1,200 m	k _y = 1,000	L _{cr,y} = 1,200 m	<p>Parametry klopení S klopením se nepočítá</p>		
L _z = 6,000 m	k _z = 1,000	L _{cr,z} = 6,000 m							
L _y = 1,200 m	k _y = 1,000	L _{cr,y} = 1,200 m							
<p>Výsledek posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 3; Třída průřezu: 1 Posudek smyku od posouvající síly V_z: 65,000 kN < 274,611 kN Vyhovuje Vnitřní síly: N = -210,000 kN; M_y = -35,000 kNm; M_z = 0,000 kNm Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu: Vzpěr Y: Únosnosti: N_R = -1533,375 kN; M_{y,R} = -113,129 kNm 0,137 + 0,309 + 0,000 = 0,446 < 1 Vyhovuje Vzpěr Z: Únosnosti: N_R = -536,694 kN; M_{y,R} = -113,129 kNm 0,391 + 0,309 + 0,000 = 0,701 < 1 Vyhovuje Štíhlost dílce: 131,3</p> <p>Průřez vyhovuje</p>									
VYHOVUJE									

vnější pás	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez HE 180 B Průřezová plocha: $A = 6,525E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 90,0 \text{ mm}$ $z_T = 90,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 3,831E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,363E07 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -4,257E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,514E05 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 4,257E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,514E05 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 4,216E05 \text{ mm}^4$ Výšečový moment setrvačnosti: $I_y = 9,375E10 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 4,814E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,310E05 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_t : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 3</p> <p>$N = -245,000 \text{ kN}$ $V_z = -100,000 \text{ kN}$ $M_y = -33,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,200 m</p> <p>$L_z = 6,000 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{\sigma,z} = 6,000 \text{ m}$ $L_y = 1,200 \text{ m}$ $k_y = 1,000$ $L_{\sigma,y} = 1,200 \text{ m}$</p>	<p>Parametry klopení S klopením se nepočítá</p>
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 3; Třída průřezu: 1 Posudek smyku od posouvající síly V_z: $100,000 \text{ kN} < 274,611 \text{ kN}$ Vyhovuje Vnitřní síly: $N = -245,000 \text{ kN}$; $M_y = -33,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejneprůzračnější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu: Vzpěr Y: Únosnost: $N_R = -1533,375 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -113,129 \text{ kNm}$ $0,160 + 0,292 + 0,000 = 0,451 < 1$ Vyhovuje Vzpěr Z: Únosnost: $N_R = -536,694 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -113,129 \text{ kNm}$ $0,456 + 0,292 + 0,000 = 0,748 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 131,3</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

diagonála	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez MSH 60 x 60 x 6.3 Průřezová plocha: $A = 1,310E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 30,0 \text{ mm}$ $z_T = 30,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 6,160E05 \text{ mm}^4$ $I_z = 6,160E05 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -2,013E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 2,013E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 2,013E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -2,013E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 9,756E05 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 2,543E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,543E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2</p> <p>$N = -195,000 \text{ kN}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_c = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,550 m</p> <p>$L_z = 1,550 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{cr,z} = 1,550 \text{ m}$ $L_y = 1,550 \text{ m}$ $k_y = 1,000$ $L_{cr,y} = 1,550 \text{ m}$</p>	
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = -195,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepriznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu: Vzpěr Y: Únosnost: $N_R = -251,562 \text{ kN}$ $0,775 + 0,000 + 0,000 = 0,775 < 1$ Vyhovuje Vzpěr Z: Únosnost: $N_R = -251,562 \text{ kN}$ $0,775 + 0,000 + 0,000 = 0,775 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 71,5</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

svislice	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez U(UPN) 160 Průřezová plocha: $A = 2,400E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 18,4 \text{ mm}$ $z_T = 80,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 9,250E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 8,530E05 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -1,156E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,825E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 1,156E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -4,623E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 7,390E04 \text{ mm}^4$ Výšečový moment setrvačnosti: $I_{\omega} = 3,260E09 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,380E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 3,520E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_t : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2</p> <p>$N = 155,000 \text{ kN}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_c = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,200 m Se vzpěrem se nepočítá</p>	<p>Parametry klopení S klopením se nepočítá</p>
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = 155,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnost: $N_R = 564,000 \text{ kN}$ $0,275 + 0,000 + 0,000 = 0,275 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 63,7</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

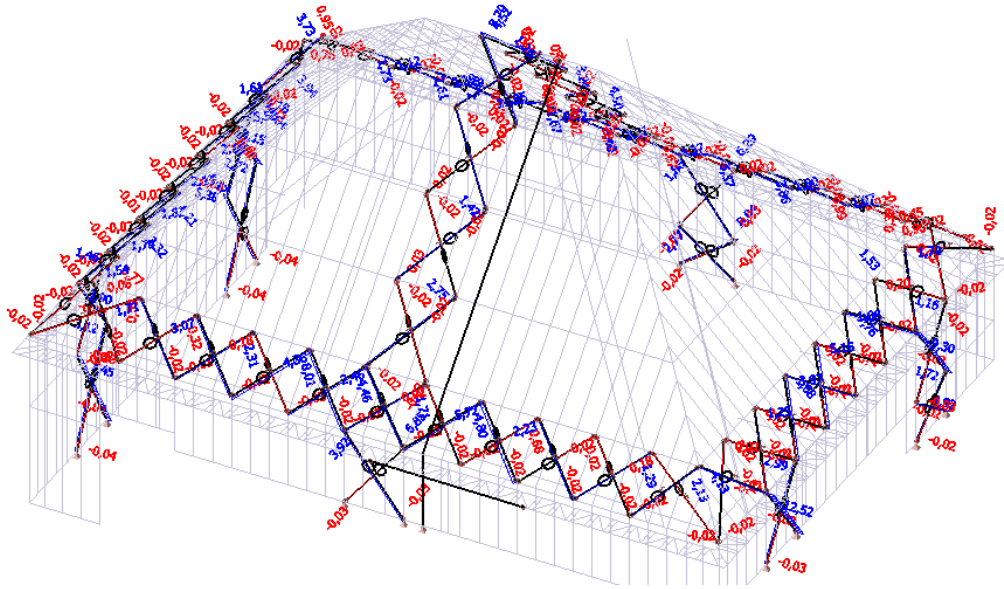
táho	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez: tyč kulatá 40 Průřezová plocha: $A = 1,257E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 20,0 \text{ mm}$ $z_T = 20,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 1,257E05 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,257E05 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -6,283E03 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 6,283E03 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 6,283E03 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -6,283E03 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 2,513E05 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,067E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,067E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 355 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 355,0 MPa Mez pevnosti f_u : 510,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2</p> <p>$N = 365,000 \text{ kN}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_x = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 6,000 m Se vzpěrem se nepočítá</p>	
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = 365,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnost: $N_R = 446,106 \text{ kN}$ $0,818 + 0,000 + 0,000 = 0,818 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 600,0</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

Táhla zachycují poměrně velké normálové síly, které zatěžují betonové jádro. V našem případě předpokládáme betonové jádro jako dokonale tuhé a schopné dané zatížení přenést do základů. Návrh a posouzení betonového jádra není předmětem diplomové práce.

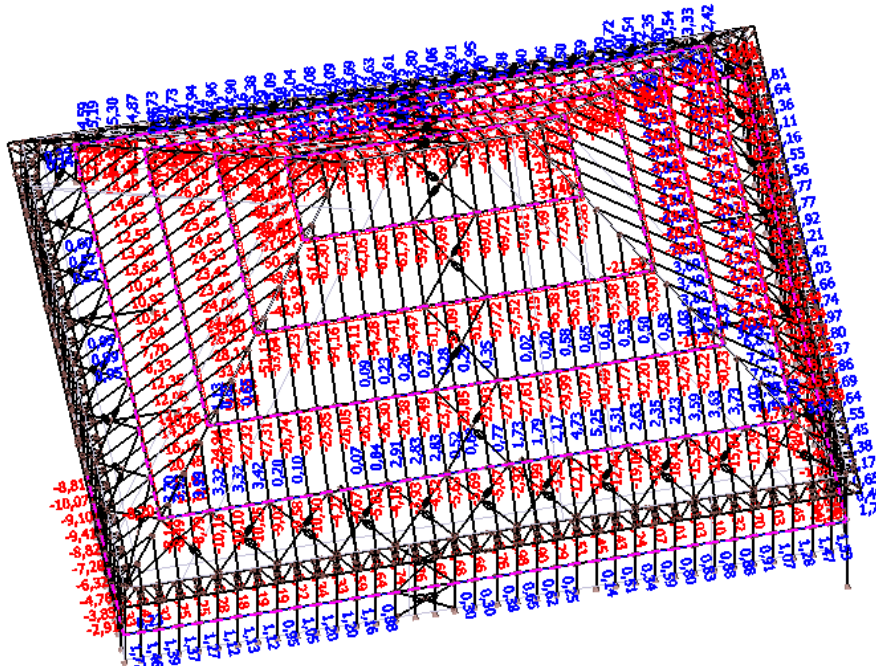
4.7. Ztužidla střechy

Střešní konstrukce má zajištěnou stabilitu a tuhost již svým valbovým tvarem. Pro zvýšení tuhosti střešní konstrukce jsou navrženy v rovině střechy diagonální lanová ztužidla. Příčle a stojky rámu jsou zajištěny proti klopení a vzpěru ocelovými rozpěrami. Rozpěry jsou v případě příčlí po 5,0 m, u stojek po 3,5 m.

Vnitřní síly
N[kN] – ztužidla



N[kN] – rozpěry



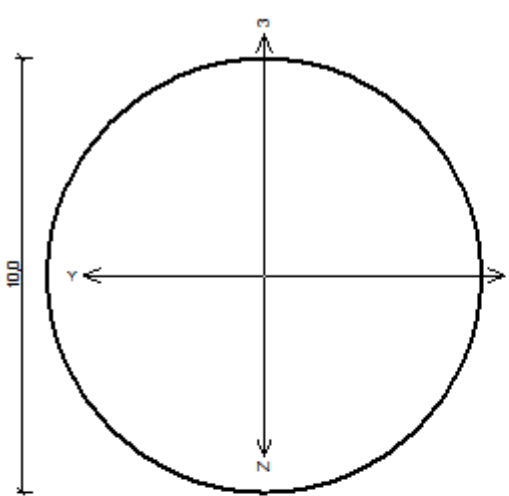
Návrh prvků

ocelová táhla $\phi 10$ mm oceli S 235 J0

rozpěry jsou navrženy z kruhové trubky 40x3,0 mm z oceli S 235 J0

Posouzení prvků obvodového prstence

Táhla jsou uvažovaná jako lanové prvky, které přenášejí pouze tahové síly. Rozpěry jsou z ocelové trubky, která je schopna přenést tahovou i tlakovou sílu. Délka rozpěry je 1,0 m. Maximální normálová síla v táhle je 13 kN, maximální normálová síla v rozpěře je -75 kN.

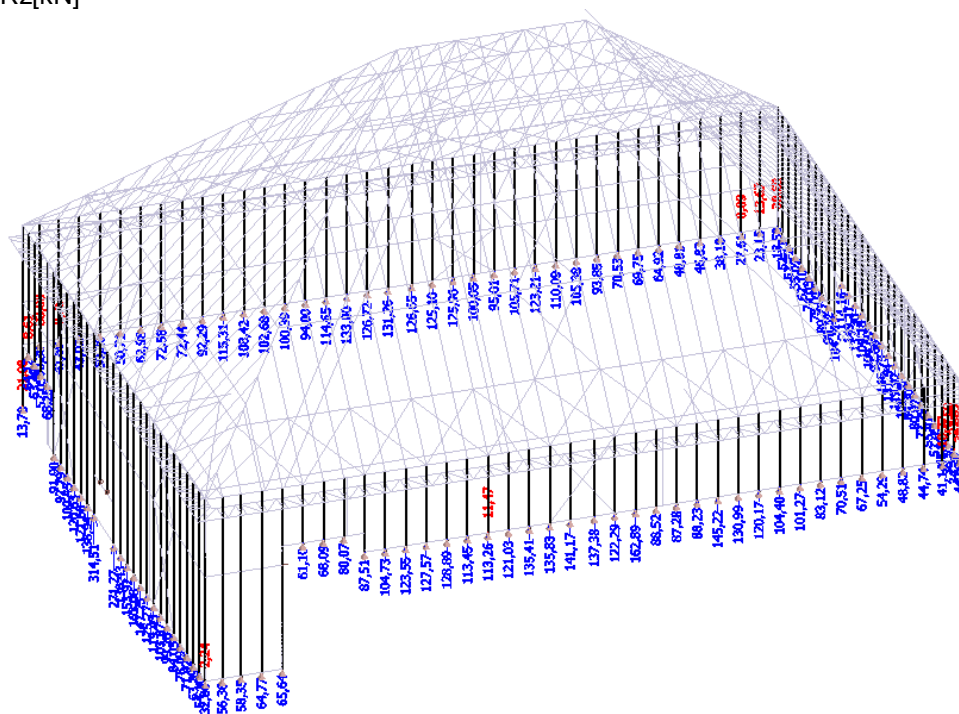
táhló v rovině střechy	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez tyč kulatá 10 Průřezová plocha: $A = 7,854E01 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 5,0 \text{ mm}$ $z_T = 5,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 4,909E02 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,909E02 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -9,817E01 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 9,817E01 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 9,817E01 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -9,817E01 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 9,817E02 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,667E02 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,667E02 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_t : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <p>$N = 13,000 \text{ kN}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 5,000 m $L_z = 5,000 \text{ m}$ $L_y = 5,000 \text{ m}$</p>	
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = 13,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnost: $N_R = 18,457 \text{ kN}$ $0,704 + 0,000 + 0,000 = 0,704 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 2000,0</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

rozpěry	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez TK 38 x 5 Průřezová plocha: $A = 5,184E02 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 19,0 \text{ mm}$ $z_T = 19,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 7,218E04 \text{ mm}^4$ $I_z = 7,218E04 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -3,799E03 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 3,799E03 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 3,799E03 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,799E03 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 1,444E05 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 5,487E03 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 5,487E03 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_t : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <p>$N = -75,000 \text{ kN}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,000 m</p> <p>$L_z = 1,000 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{\sigma,z} = 1,000 \text{ m}$ $L_y = 1,000 \text{ m}$ $k_y = 1,000$ $L_{\sigma,y} = 1,000 \text{ m}$</p>	
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = -75,000 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepříznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu: Vzpěr Y: Únosnost: $N_{R} = -89,216 \text{ kN}$ $0,841 + 0,000 + 0,000 = 0,841 < 1$ Vyhovuje Vzpěr Z: Únosnost: $N_{R} = -89,216 \text{ kN}$ $0,841 + 0,000 + 0,000 = 0,841 < 1$ Vyhovuje Šířlost dílce: 84,7</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

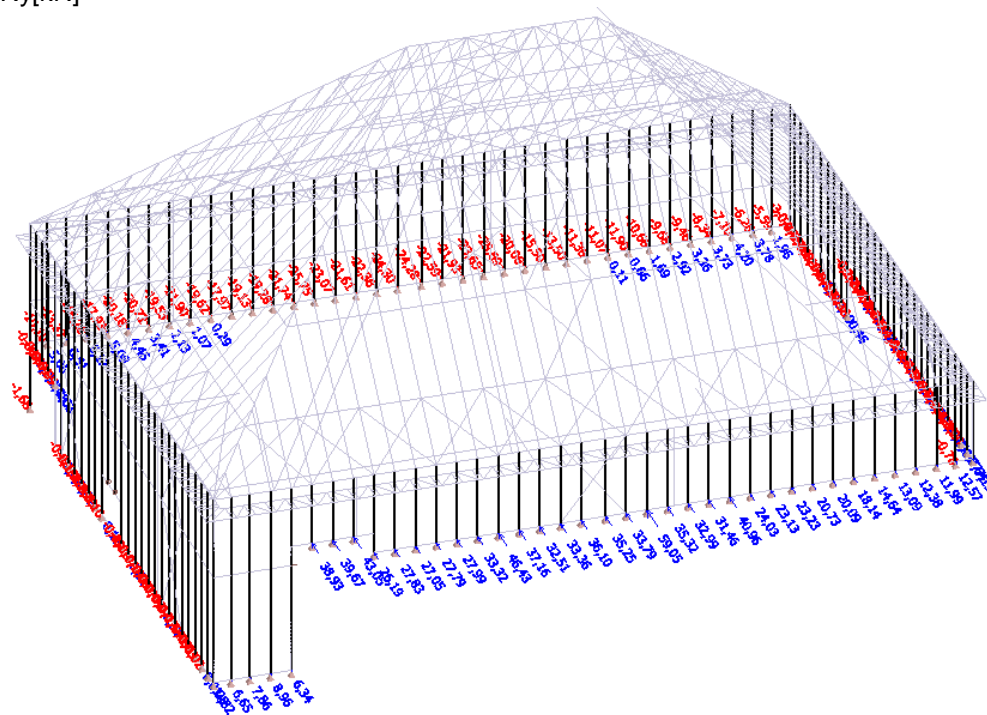
4.8. Reakce

Konstrukce skeletu je zatížena svislými reakcemi střechy, vodorovné reakce jsou zachyceny tuhou stropní deskou a přeneseny do betonového jádra. Reakce jsou do výpočtu zaneseny zjednodušeně jak liniové zatížení. Tvar střechy je valbový a podle toho se mění hodnoty reakcí. Jiné hodnoty jsou i pro každou stranu. Návrh na maximální hodnotu svislé reakce by byl neekonomický. Proto jsou strany rozděleny na krajní a střední úseky a hodnoty reakcí zprůměrovány. S těmito hodnotami je dále uvažováno ve výpočtu.

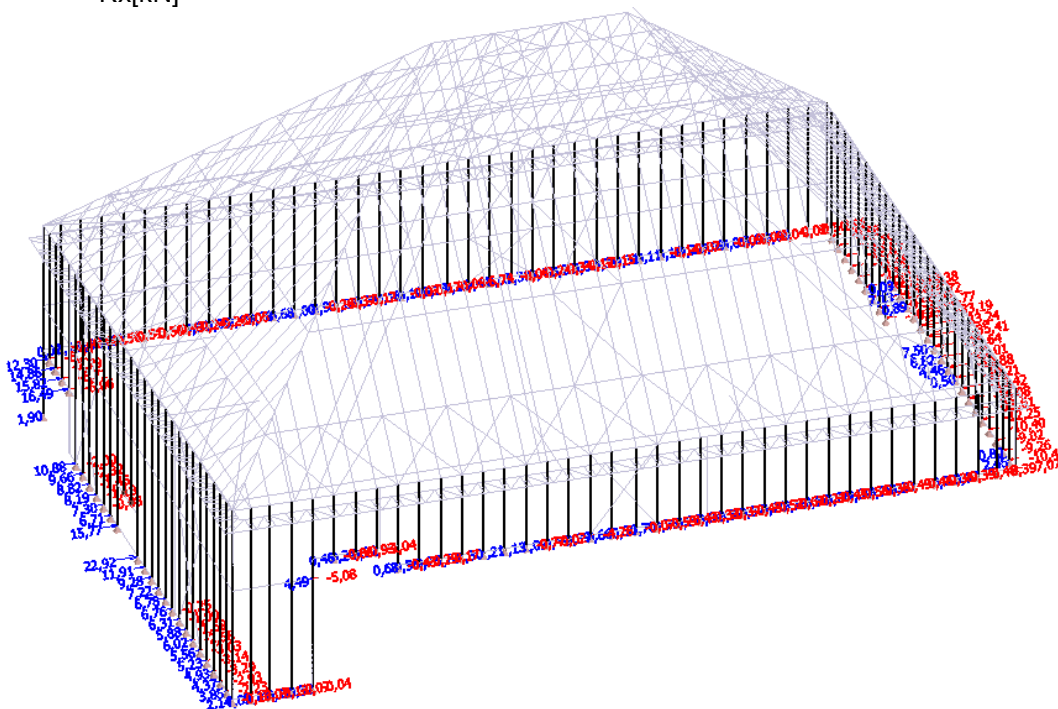
Reakce MSÚ
Rz[kN]



Ry[kN]

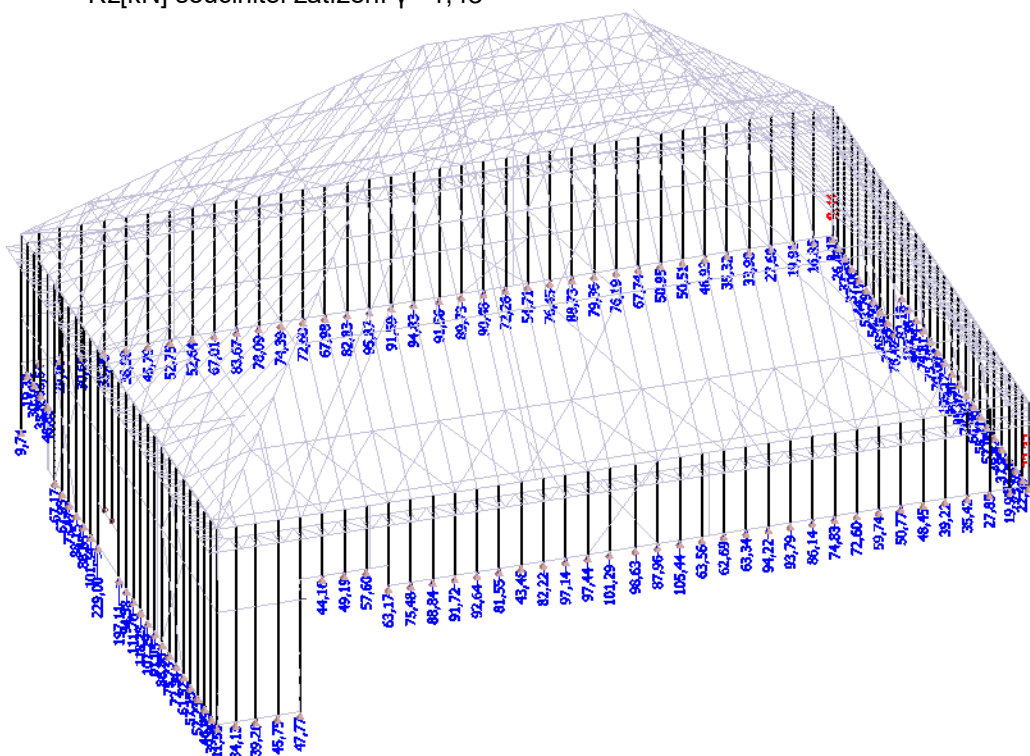


Rx[kN]

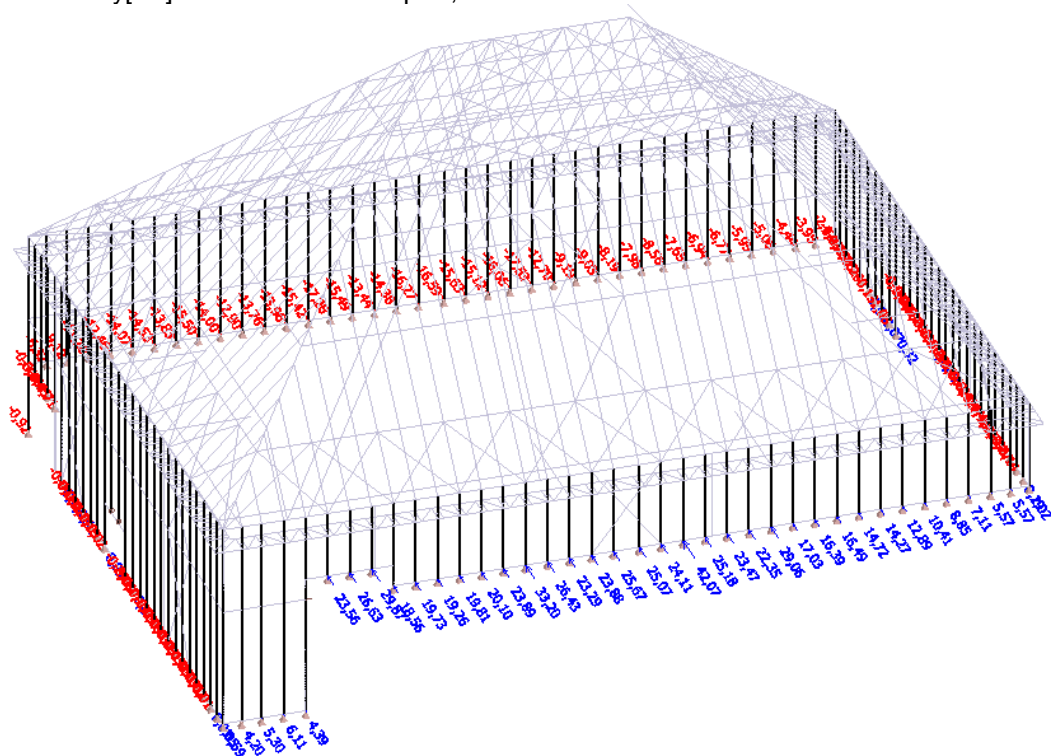


Reakce MSP

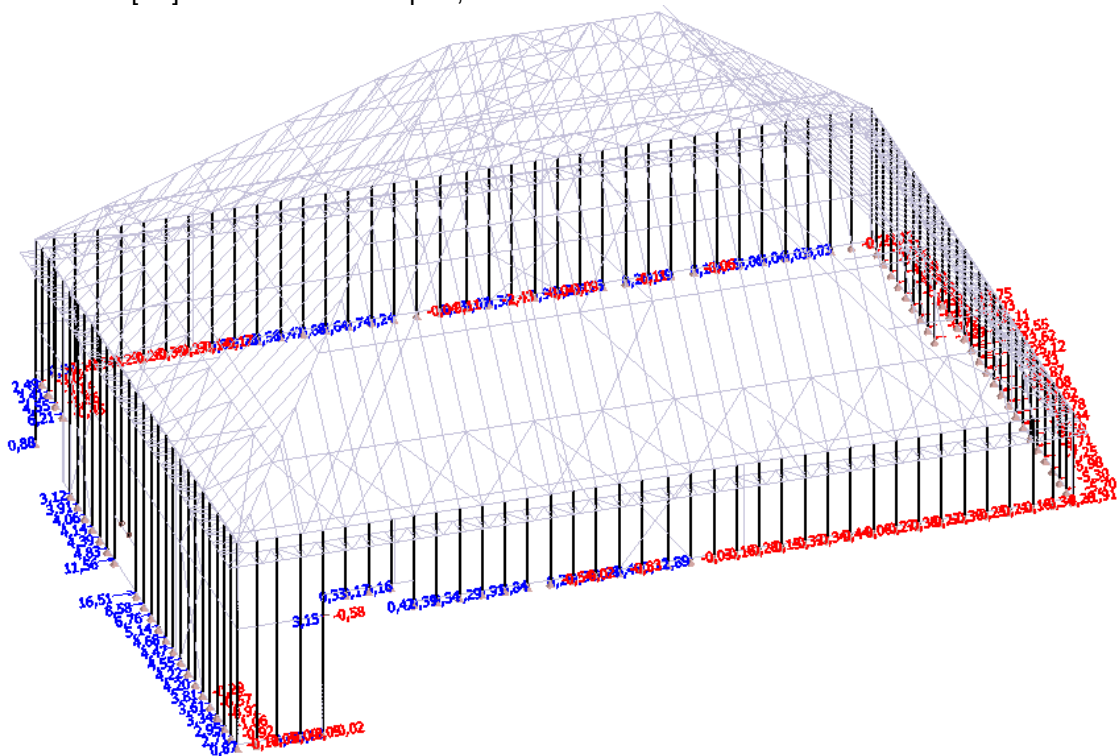
Rz[kN] součinitel zatížení $\gamma = 1,43$



Ry[kN] součinitel zatížení $\gamma = 1,44$



Rx[kN] součinitel zatížení $\gamma = 1,44$



Uvažované hodnoty reakcí použité dále ve výpočtu:

podélná stěna, charakteristické hodnoty:

svislá reakce, $\gamma = 1,43$

kraj: $R_z = 35$ kN/m

střed: $R_z = 77$ kN/m

vodorovná reakce R_y , $\gamma = 1,44$

kraj: $R_y = 28$ kN/m

střed: $R_y = 28$ kN/m

vodorovná reakce R_x , $\gamma = 1,44$

kraj: $R_x = 4,5$ kN/m

střed: $R_x = 4,5$ kN/m

příčná stěna, charakteristické hodnoty:

svislá reakce, $\gamma = 1,43$

kraj: $R_z = 35 \text{ kN/m}$

střed: $R_z = 77 \text{ kN/m}$

vodorovná reakce R_y , $\gamma = 1,44$

kraj: $R_y = 28 \text{ kN/m}$

střed: $R_y = 28 \text{ kN/m}$

vodorovná reakce R_x , $\gamma = 1,44$

kraj: $R_x = 4,5 \text{ kN/m}$

střed: $R_x = 4,5 \text{ kN/m}$

5. SCHODIŠTĚ

5.1. Popis konstrukce

Schodiště v knihovně jsou přímá, jednoramenná. V objektu se nachází celkem tři typy schodišťových ramen, dle toho, jak velký výškový rozdíl překonávají. První a nejmenší schodiště překonává výškový rozdíl 1,2 m na 8 stupních. Druhé schodiště překonává výškový rozdíl 2,7 m na 18 stupních. Poslední schodiště překonává výškový rozdíl 3,9 m dvojicí přímých ramen s 13 stupni, s vloženou mezipodestou. Nosnou konstrukci všech schodišť tvoří ocelové schodnice z profilu UPN, mezi které je vybetonovaná železobetonová deska. Betonová deska je vylita do VSŽ plechu, který funguje jako ztracené bednění během betonáže. Horní hrana desky je zalícována s horní hranou UPN profilu. VSŽ plechy jsou uloženy na L – úhelníky a přivařeny na stojinu schodnice. Deska je vyztužena betonářskou výztuží, vloženou do vlny VSŽ plechu. Osová vzdálenost mezi jednotlivými schodnicemi je maximálně 1,0 m, zatěžovací šířka jedné schodnice je tedy $b = 1,0/2 = 0,5 \text{ m}$. Zatížení a geometrie jednotlivých schodišť níže.

5.2. Zatížení

Stálé zatížení

rovnávací tl. žeber $t = (10(54 + 9) \times 30)/1000 = 18,9 \text{ mm}$

betonová deska ($30 + 18,9 = 48,9 \text{ mm}$)

$g_k = 25 \times 0,049 = 1,22 \text{ kN/m}^2$

trapézový plech

$g_k = 0,12 \text{ kN/m}^2$

náhradní výška betonových stupňů $t = 66 \text{ mm}$

$g_k = 25 \times 0,066 = 1,65 \text{ kN/m}^2$

skladba podlahy

$g_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

zábradlí

$g_k = 0,5 \text{ kN/m}$

Užitné zatížení

užitné zatížení schodiště

$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

užitné zatížení zábradlí

$q_k = 1,0 \text{ kN/m}$

5.3. Trapézový plech

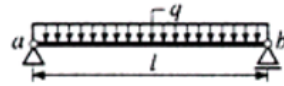
Betonová deska působí jako prostý nosník o rozpon 1,0 m. VSŽ plech má funkci pouze ztraceného bednění při betonáži. Po vytvrdnutí betonu přenáší veškeré zatížení deska. VSŽ plech je navržen na kombinaci sil rovnoměrného zatížení od betonové desky a osamělé síly působící uprostřed rozponu o velikosti $F = 1,0 \text{ kN}$. Pro správné výškové osazení VSŽ plechu jsou ke stojině UPN profilu přivařeny L – úhelníky, na které budou plechy bodově navařeny. L – úhelníky zajistí polohu, aby horní hrana desky lícovala s horní hranou schodnice.

Návrh

na ztracené bednění betonové desky budou použity VSŽ plechy 10 002.

Prostý nosník - spojitě zatížení

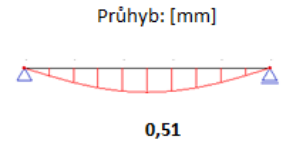
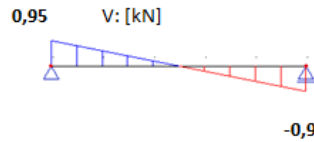
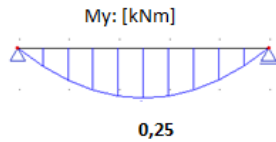
Délka nosníku	L = 1,05 m	Vlastní tíha	$g_k = 0,12$ kN/m	$\gamma_g = 1,35$
Materiál: S235	E = 210,00 Gpa	Zatížení stálé	$g_k = 1,22$ kN/m	$\gamma_g = 1,35$
Průřez: VSŽ plech 10002	$I_y = 1,98E-07$ m ⁴	Zatížení proměnné	$q_k = 0,00$ kN/m	$\gamma_q = 1,50$
		Jiná zatížení	$r_k = 0,00$ kN/m	$\gamma_r = 1,50$



$$V_{Ed} = 1/2 \cdot f_d \cdot l = 0,95 \text{ kN} \quad R_k = 0,70 \text{ kN}$$

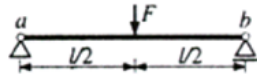
$$M_{y,Ed} = 1/8 \cdot f_d \cdot l^2 = 0,25 \text{ kNm} \quad M_{y,k(CHAR.)} = 0,18 \text{ kNm}$$

$$w = 5/384 \cdot (f_k \cdot l^4 / E \cdot I_y) = 0,51 \text{ mm}$$



Prostý nosník - osamělé břemeno uprostřed rozpětí

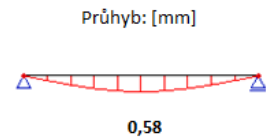
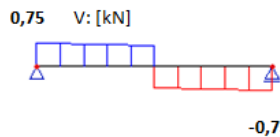
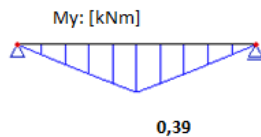
Délka nosníku	L = 1,05 m	Vlastní tíha	$g_k = 0,00$ kN/m	$\gamma_g = 1,35$
Materiál: S235	E = 210,00 Gpa	Zatížení stálé	$G_k = 0,00$ kN	$\gamma_g = 1,35$
Průřez: VSŽ plech 10002	$I_y = 1,98E-07$ m ⁴	Zatížení proměnné	$Q_k = 1,00$ kN	$\gamma_q = 1,50$
		Jiná zatížení	$R_k = 0,00$ kN	$\gamma_r = 1,43$



$$V_{Ed} = 1/2 \cdot f_d + v.l.tíha = 0,75 \text{ kN} \quad R_k = 0,50 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1/4 \cdot f_d \cdot l + v.l.tíha = 0,39 \text{ kNm} \quad M_{y,k(CHAR.)} = 0,26 \text{ kNm}$$

$$w = 1/48 \cdot (f_k \cdot l^3 / E \cdot I_y) + v.t. = 0,58 \text{ mm}$$



celkové vnitřní síly

$$M_{ED} = 0,25 + 0,39 = 0,64 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 0,95 + 0,75 = 1,75 \text{ kN}$$

$$w = 0,51 + 0,58 = 1,09 \text{ mm} < L/300 = 1000/300 = 3,33 \text{ mm}$$

$$w = 1,09 < t_{desky}/10 = 60/10 = 6,0 \text{ mm} \text{ -- NENÍ NUTNÉ UVAŽOVAT RYBNÍČNÍ EFEKT}$$

Posouzení

$$M_{RD} = W_{eff} \times f_{yd} = 16,169 \times 10^3 \times 190 = 3,07 \text{ kNm} > M_{ED} = 0,64 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

Vyhovuje

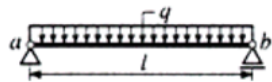
5.4. Betonová deska

Betonová deska působí jako prostý nosník na rozpon 1,0 m. Deska je provedena z betonu C20/25 XC1. Výška betonové desky včetně nadbetonávky je 60 mm. Krytí výztuže je 20 mm. Výpočet proveden na 1bm šířky desky.

$$\text{Celkové zatížení celkem} = 1,22 + 0,12 + 1,65 + 0,5 = 3,49 \text{ kN/m}^2$$

Prostý nosník - spojitě zatížení

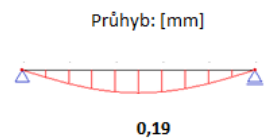
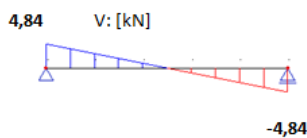
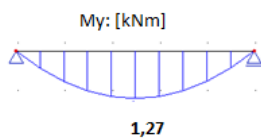
Délka nosníku	L = 1,05 m	Vlastní tíha	$g_k = 0,00$ kN/m	$\gamma_g = 1,35$
Materiál: C25/30	E = 30,00 Gpa	Zatížení stálé	$g_k = 3,49$ kN/m	$\gamma_g = 1,35$
Průřez: 60x1000	$I_y = 1,80E-05$ m ⁴	Zatížení proměnné	$q_k = 3,00$ kN/m	$\gamma_q = 1,50$
		Jiná zatížení	$r_k = 0,00$ kN/m	$\gamma_r = 1,50$



$$V_{Ed} = 1/2 \cdot f_d \cdot l = 4,84 \text{ kN} \quad R_k = 3,41 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1/8 \cdot f_d \cdot l^2 = 1,27 \text{ kNm} \quad M_{y,k(CHAR.)} = 0,89 \text{ kNm}$$

$$w = 5/384 \cdot (f_k \cdot l^4 / E \cdot I_y) = 0,19 \text{ mm}$$



vliv dotvarování odhadnut součinitel k = 5.

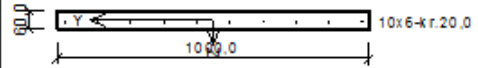
$$\text{průhyb po dotvarování } w = 5 \times 0,19 = 0,95 < w_{lim} = 1000/300 = 3,33 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Návrh

betonová deska tl. 60 mm je navržena z betonu C20/25 XC1. Deska je vyztužena pruty betonářské výztuže B 500B $\phi 6$ mm vložených do každé vlny VSŽ plechu tedy po 100 mm. Krytí výztuže je 20 mm.

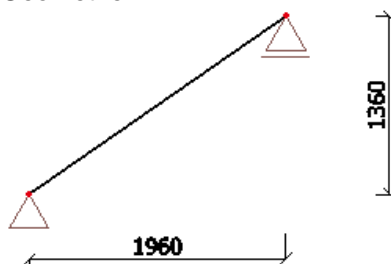
Posouzení

betonová deska								Typ prvku: deska Prostředí: XC1
	10x6-k r.20.0 1000.0							Beton: C 20/25 $f_{ck} = 20,0$ MPa; $f_{ctm} = 2,2$ MPa; $E_{cm} = 30000$ MPa Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa) Ocel příčná: B500 ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa) Vzpěr Vzpěr není uvažován S tlačnou výztuží je počítáno.
Posouzení min. a max. stupně vyztužení								
Deska (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum): $\rho_{s,t} = 0,00764 \geq \rho_{s,min} = 0,0013$ $\rho_{s,t,CSN} = 0,00471 \geq \rho_{s,min,CSN} = 0,0018 \Rightarrow$ Vyhovuje $\rho_s = 0,00471 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ Vyhovuje								
Posouzení mezního stavu únosnosti								
č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Posouzení
1	Zat. případ 2	0,00	0,00	1,50	4,00	5,00	22,04	Vyhovuje
Mezní stav únosnosti VYHOVUJE								
Posouzení mezního stavu použitelnosti								
Mezní stav omezení napětí								
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Posouzení	
2	Zat. případ 3	0,00	1,00	5,90	105,13	-105,13	Vyhovuje	
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$				400,00				
Mezní stav omezení šířkytrhlin								
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	Δt [–]	$\epsilon_{r,max}$ [m]	w [mm]	Posouzení	
3	Zat. případ 4	0,00	1,00	$315 \cdot 10^{-6}$	0,176	0,056	Vyhovuje	
Maximální povolená šířka w_{max}						0,300		
Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE								
VYHOVUJE								

5.5. Ocelové stropnice schodiště výšky 1,36 m

Schodnice je provedena jako prostý nosník. Geometrie a zatížení jsou popsány níže. Zatěžovací šířka jedné schodnice je 0,5 m.

Geometrie



Stálé zatížení

rovnávací tl. žeber $t = (10(54 + 9) \times 30) / 1000 = 18,9 \text{ mm}$	
betonová deska $(30 + 18,9 = 48,9 \text{ mm})$	$g_k = 25 \times 0,049 \times 0,5 = 0,61 \text{ kN/m}$
trapezový plech	$g_k = 0,12 \times 0,5 = 0,06 \text{ kN/m}$
náhradní výška betonových stupňů $t = 66 \text{ mm}$	$g_k = 25 \times 0,066 \times 0,5 = 0,83 \text{ kN/m}$
skladba podlahy	$g_k = 0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ kN/m}$
<hr/>	
stálé zatížení celkem	$g_k = 1,75 \text{ kN/m}$
zábradlí	$g_k = 0,5 \text{ kN/m}$

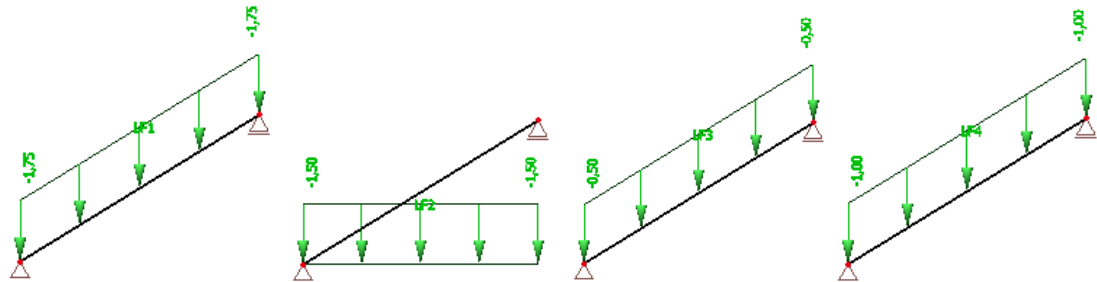
Užitné zatížení

užitné zatížení schodiště	$q_k = 3,0 \times 0,5 = 1,5 \text{ kN/m}$
užitné zatížení zábradlí	$q_k = 1,0 \text{ kN/m}$

Zatěžovací stavy

vl. tíha prvku je generována programem automaticky

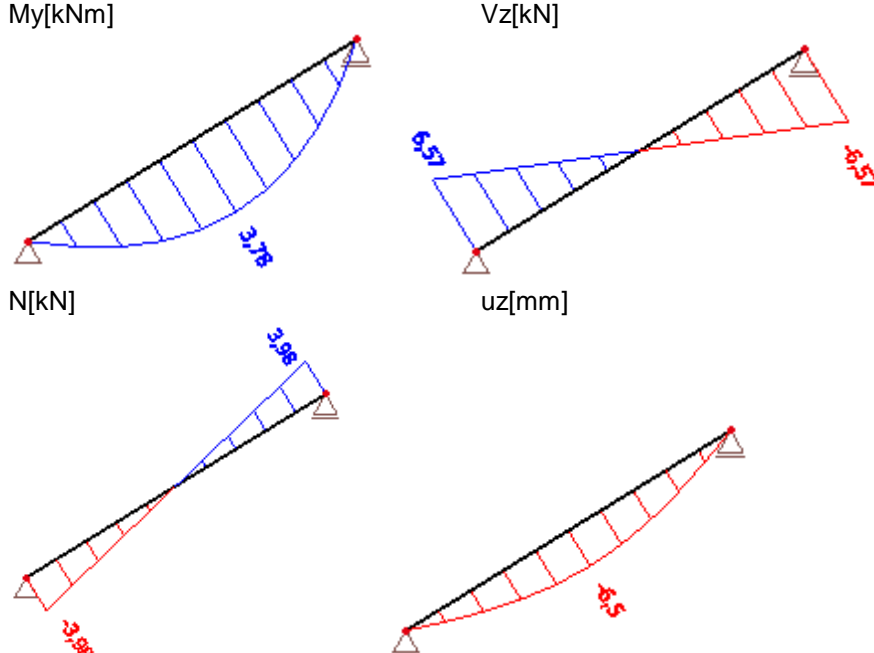
ostatní stálé užitné zábradlí – stálé zábradlí - užitné



Kombinace:

MSÚ: 1,35 vl. tíha + 1,35 ostatní stálé + 1,35 zábradlí stálé + 1,5 užitné + 1,5 zábradlí užitné
 MSÚ: 1,0 vl. tíha + 1,0 ostatní stálé + 1,0 zábradlí stálé + 1,0 užitné + 1,0 zábradlí užitné

Vnitřní síly a deformce



$W_{lim} = L/300 = 2300/300 = 7,6 > 6,5 \text{ mm}$

Vyhovuje

Návrh

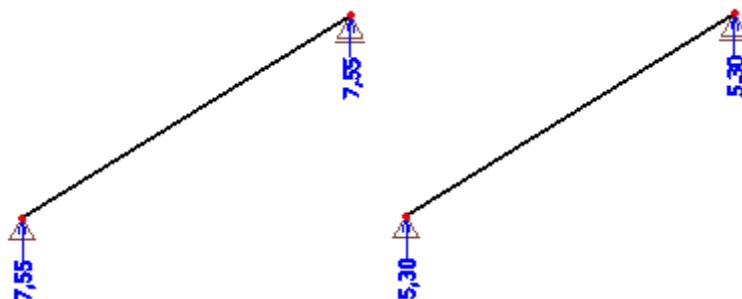
stropnice navržena z profilu UPN 80 z oceli S 235, osová vzdálenost mezi stropnicemi maximálně 1,0 m

Posouzení

schodnice - malé schodiště	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez U(IUPN) 80 Průřezová plocha: $A = 1,100E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 14,5 \text{ mm}$ $z_T = 40,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 1,060E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,940E05 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -2,648E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 6,351E03 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 2,648E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,333E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 2,160E04 \text{ mm}^4$ Výšečový moment setrvačnosti: $I_o = 1,700E08 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 3,180E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,210E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <p>$N = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 4,000 \text{ kNm}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 2,300 m Se vzpěrem se nepočítá</p>	<p>Parametry klopení S klopením se nepočítá</p>
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = 0,000 \text{ kN}$; $M_y = 4,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnosti: $M_{y,R} = 7,473 \text{ kNm}$ $0,000 + 0,535 + 0,000 = 0,535 < 1$ Vyhovuje Šířlost dílce: 253,0</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

Reakce
 MSÚ[kN]

MSP[kN] $\gamma = 1,42$

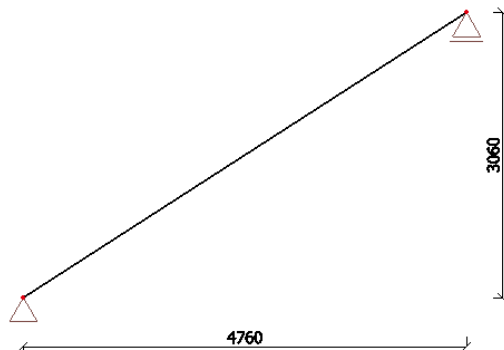


přečet reakcí na 1bm
 $r_k = 7,55 / 0,5 = 15,1 \text{ kN/m}$

5.6. Ocelové stropnice schodiště výšky 3,06 m

Schodnice je provedena jako prostý nosník. Geometrie a zatížení jsou popsány níže. Zatěžovací šířka jedné schodnice je 0,5 m.

Geometrie



Stálé zatížení

srovnávací tl. žeber $t = (10 (54 + 9) \times 30) / 1000 = 18,9 \text{ mm}$

betonová deska deska $(30 + 18,9 = 48,9 \text{ mm})$ $g_k = 25 \times 0,049 \times 0,5 = 0,61 \text{ kN/m}$

trapezový plech $g_k = 0,12 \times 0,5 = 0,06 \text{ kN/m}$

náhradní výška betonových stupňů $t = 66 \text{ mm}$ $g_k = 25 \times 0,066 \times 0,5 = 0,83 \text{ kN/m}$

skladba podlahy $g_k = 0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ kN/m}$

stálé zatížení celkem $g_k = 1,75 \text{ kN/m}$

zábradlí $g_k = 0,5 \text{ kN/m}$

Užitné zatížení

užitné zatížení schodiště $q_k = 3,0 \times 0,5 = 1,5 \text{ kN/m}$

užitné zatížení zábradlí $q_k = 1,0 \text{ kN/m}$

Zatěžovací stavy

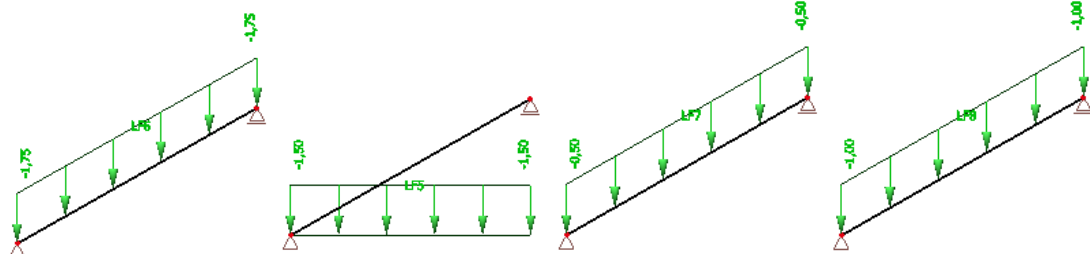
vl. tíha prvku je generována programem automaticky

ostatní stálé

užitné

zábradlí – stálé

zábradlí - užitné



Kombinace:

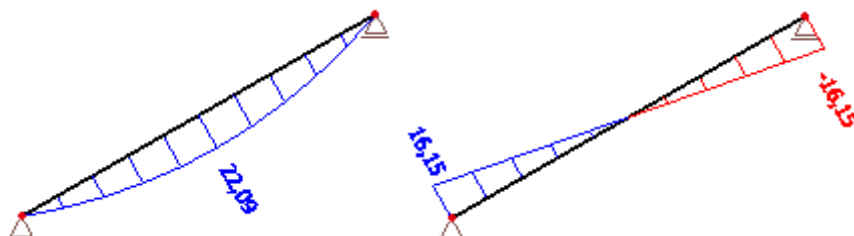
MSÚ: 1,35 vl. tíha + 1,35 ostatní stálé + 1,35 zábradlí stálé + 1,5 užitné + 1,5 zábradlí užitné

MSÚ: 1,0 vl. tíha + 1,0 ostatní stálé + 1,0 zábradlí stálé + 1,0 užitné + 1,0 zábradlí užitné

Vnitřní síly a deformce

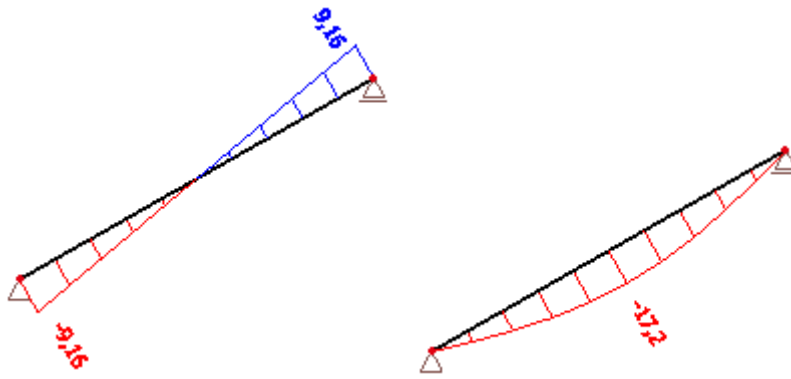
M_y [kNm]

V_z [kN]



N[kN]

uz[mm]



$w_{lim} = L/300 = 5470/300 = 18,2 > 17,2 \text{ mm}$

Vyhovuje

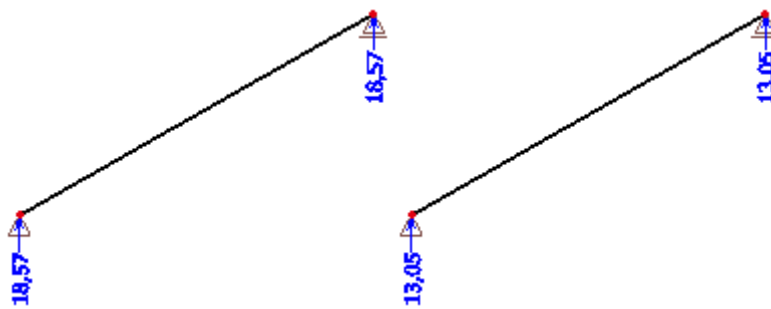
Návrh

stropnice navržena z profilu UPN 180 z oceli S 235, osová vzdálenost mezi stropnicemi maximálně 1,0 m

Posouzení

schodnice - střední schodiště	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez U(UPN) 180 Průřezová plocha: $A = 2,800E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 19,2 \text{ mm}$ $z_T = 90,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 1,350E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,140E06 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -1,504E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 2,238E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 1,504E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -5,886E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_t = 9,550E04 \text{ mm}^4$ Výšečový moment setrvačnosti: $I_{y,0} = 5,570E09 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,790E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 4,290E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu $f_y : 235,0 \text{ MPa}$ Mez pevnosti $f_t : 360,0 \text{ MPa}$ Modul pružnosti $E : 210000 \text{ MPa}$ Modul pružnosti ve smyku $G : 81000 \text{ MPa}$</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <p>$N = 0,000 \text{ kN}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 23,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 5,260 m Se vzpěrem se nepočítá</p>	<p>Parametry klopení S klopením se nepočítá</p>
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = 0,000 \text{ kN}$; $M_y = 23,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnosti: $M_{y,R} = 42,065 \text{ kNm}$ $0,000 + 0,547 + 0,000 = 0,547 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 260,7</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

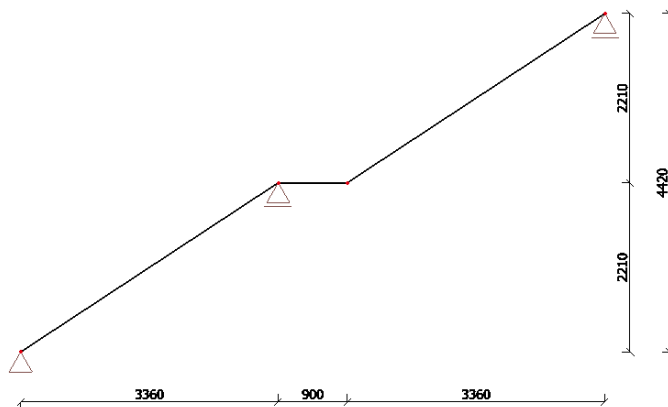
Reakce
 MSÚ[kN]



přepočítání reakcí na 1bm
 $r_k = 13,05 / 0,5 = 26,1 \text{ kN/m}$

5.7. Ocelové stropnice schodiště výšky 4,42 m

Schodnice velkého schodiště se skládá ze dvou přímých ramen a vložené mezipodesty. Stropnice je v místě mezipodesty podepřena. Osová vzdálenost schodnic je 1,0 m. Geometrie a zatížení jsou popsány níže. Zatěžovací šířka jedné schodnice je 0,5 m. Prvek je navržen jako jeden kus.
 Geometrie

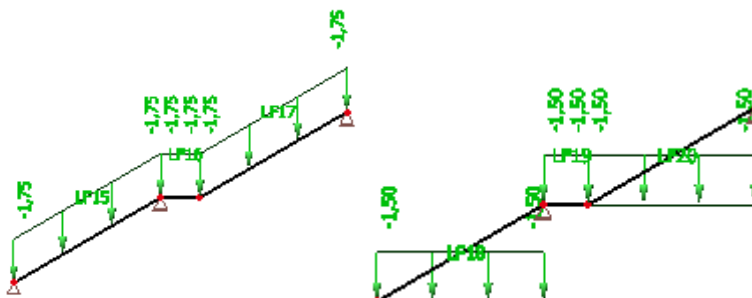


Stálé zatížení

rovnávací tl. žeber $t = (10 (54 + 9) \times 30) / 1000 = 18,9 \text{ mm}$	
betonová deska $(30 + 18,9 = 48,9 \text{ mm})$	$g_k = 25 \times 0,049 \times 0,5 = 0,61 \text{ kN/m}$
trapezový plech	$g_k = 0,12 \times 0,5 = 0,06 \text{ kN/m}$
náhradní výška betonových stupňů $t = 66 \text{ mm}$	$g_k = 25 \times 0,066 \times 0,5 = 0,83 \text{ kN/m}$
skladba podlahy	$g_k = 0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ kN/m}$
stálé zatížení celkem	$g_k = 1,75 \text{ kN/m}$
zábradlí	$g_k = 0,5 \text{ kN/m}$
Užitné zatížení	
užitné zatížení schodiště	$q_k = 3,0 \times 0,5 = 1,5 \text{ kN/m}$
užitné zatížení zábradlí	$q_k = 1,0 \text{ kN/m}$

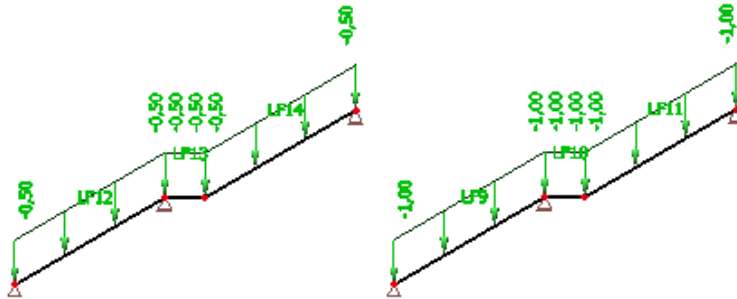
Zatěžovací stavy

vl. tíha prvku je generována programem automaticky
 ostatní stálé užité



zábradlí – stálé

zábradlí - užitné



Kombinace:

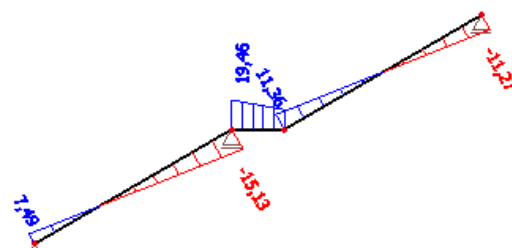
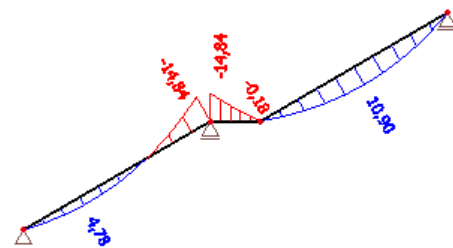
MSÚ: 1,35 vl. tíha + 1,35 ostatní stálé + 1,35 zábradlí stálé + 1,5 užitné + 1,5 zábradlí užitné

MSÚ: 1,0 vl. tíha + 1,0 ostatní stálé + 1,0 zábradlí stálé + 1,0 užitné + 1,0 zábradlí užitné

Vnitřní síly a deformace

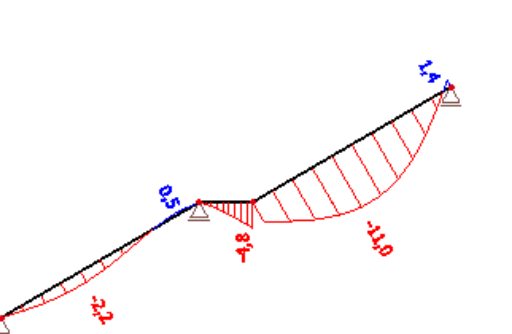
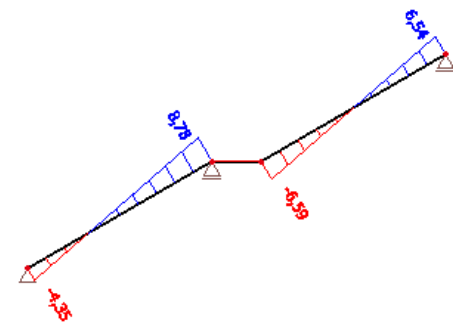
My[kNm]

Vz[kN]



N[kN]

uz[mm]



$w_{lim} = L/300 = 4800/300 = 16,0 > 11,0 \text{ mm}$

Vyhovuje

Návrh

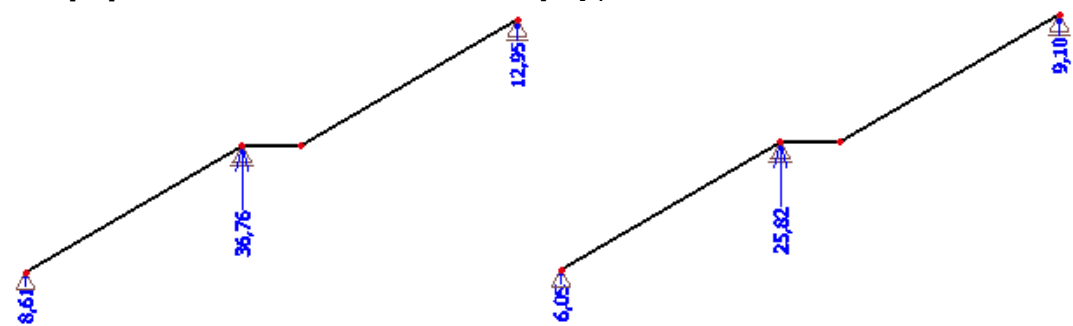
stropnice navržena z profilu UPN 140 z oceli S 235, osová vzdálenost mezi stropnicemi maximálně 1,0 m

Posouzení

schodnice - velké schodiště	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez U(UPN) 140 Průřezová plocha: $A = 2,040E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 17,5 \text{ mm}$ $z_T = 70,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 6,050E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 6,270E05 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -8,640E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,472E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 8,640E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -3,560E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_t = 5,680E04 \text{ mm}^4$ Výšeový moment setrvačnosti: $I_y = 1,800E09 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,030E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,830E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_t : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <p>$N = 9,000 \text{ kN}$ $M_y = -15,000 \text{ kNm}$ $V_z = 20,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 7,760 m $L_z = 3,360 \text{ m}$ $k_z = 1,000$ $L_{cr,z} = 3,360 \text{ m}$ $L_y = 7,760 \text{ m}$ $L_{cr,y}$ - bráněno</p>	<p>Parametry klopení S klopením se nepočítá</p>
<p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1 Posudek smyku od posouvající síly V_z: $20,000 \text{ kN} < 137,034 \text{ kN}$ Vyhovuje Vnitřní síly: $N = 9,000 \text{ kN}$; $M_y = -15,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnost: $N_{Ed} = 479,400 \text{ kN}$; $M_{y,Ed} = -24,205 \text{ kNm}$ $0,019 + 0,620 + 0,000 = 0,638 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 191,7</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

Reakce
 MSÚ[kN]

MSP[kN] $\gamma = 1,42$



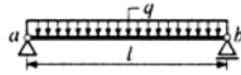
přepočítání reakcí na 1bm
 $r_{k,1} = 25,8/0,5 = 51,6 \text{ kN/m}$
 $r_{k,2} = 9,1/0,5 = 18,2 \text{ kN/m}$

Překlad mezipodesty

Překlad pod mezipodestu je proveden z dvojice UPN nosníků, svařených do boxu uložených dřevěné sloupky. Světlý rozpon překladu je 3,6 m. Překlad je zatížen reakcí od uložení schodnice rozpočtena na 1 bm délky, součinitel zatížení je $\gamma = 1,42$.

Prostý nosník - spojité zatížení

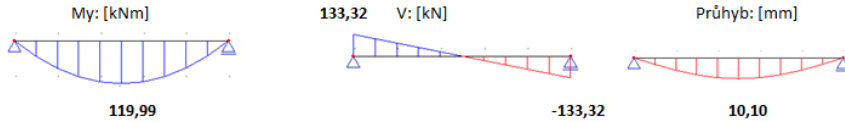
Délka nosníku	L = 3,60 m	Vlastní tíha	$g_k = 0,59$ kN/m	$\gamma_g = 1,35$
Materiál: S 235	E = 210,00 Gpa	Zatížení stálé	$g_k = 0,00$ kN/m	$\gamma_g = 1,35$
Průřez: 2xUPN220	$I_y = 5,38E-05$ m ⁴	Zatížení proměnné	$q_k = 51,60$ kN/m	$\gamma_q = 1,42$
		Jiná zatížení	$r_k = 0,00$ kN/m	$\gamma_r = 1,50$



$$V_{Ed} = 1/2 \cdot f_g \cdot l = 133,32 \text{ kN} \quad R_k = 93,94 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1/8 \cdot f_g \cdot l^2 = 119,99 \text{ kNm} \quad M_{y,k(char.)} = 84,55 \text{ kNm}$$

$$w = 5/384 \cdot (f_k \cdot l^4 / E \cdot I_y) = 10,10 \text{ mm}$$



průhyb $w_{lim} = L/300 = 3600/300 = 12,0 > 10,1$ mm

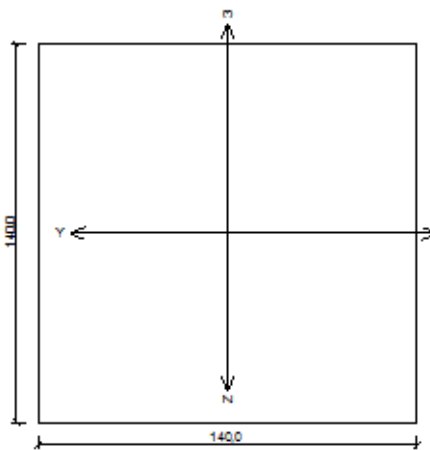
Vyhovuje

Návrh

Překlad navržen z dvojice UPN 220 svařených do boxu z oceli S 235
 Sloupky pod předklad navržen z dřevěných sloupků 140x 140 z dřeva C24

překlad pod schodnicí	
	<p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <ul style="list-style-type: none"> Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$ <p>Průřez 2 x UPE 220 Průřezová plocha: $A = 6,780E03$ mm² Poloha těžiště: $y_T = 85,0$ mm $z_T = 110,0$ mm Momenty setrvačnosti: $I_y = 5,360E07$ mm⁴ $I_z = 2,775E07$ mm⁴ Průřezové moduly: $W_{y,1} = 4,873E05$ mm³ $W_{z,1} = 3,264E05$ mm³ $W_{y,2} = 4,873E05$ mm³ $W_{z,2} = -3,264E05$ mm³ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 5,070E07$ mm⁴ Výšečový moment setrvačnosti: $I_p = 2,590E10$ mm⁶ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 5,630E05$ mm³ $W_{pl,z} = 3,927E05$ mm³</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_t : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p>
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <p>$N = 0,000$ kN $M_y = 120,000$ kNm $V_z = 0,000$ kN $M_z = 0,000$ kNm $V_y = 0,000$ kN $T_x = 0,000$ kNm $T_o = 0,000$ kNm $B = 0,000$ kNm²</p>	
<p>Parametry vzpěru Délka dílce: 3,600 m $L_z = 3,360$ m $k_z = 1,000$ $L_{cr,z} = 3,360$ m $L_y = 3,600$ m $L_{cr,y}$ - bráněno</p>	
<p>Výsledek posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = 0,000$ kN; $M_y = 120,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnost: $M_{y,R} = 132,297$ kNm $0,000 + 0,907 + 0,000 = 0,907 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 52,5</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	
VYHOVUJE	

Vzpěrná délka sloupků je 2,0 m ve směru osy y,z. Uložení sloupků se uvažuje kloubové. Délka trván zatížení střednědobé. Třída provozu 1.

sloupek																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 140x140 Rozměry: Výška průřezu $h = 140,0$ mm Šířka průřezu $b = 140,0$ mm</p> <p>Materiál: S10 (C24) - jehličnaté Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 350,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>$N = -140,000$ kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$V_z = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_y = 0,000$ kN</td><td></td></tr> </table>		$N = -140,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																									
$N = -140,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN																														
$V_y = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Počet sepe vzpěrem</td><td></td></tr> <tr><td>Délka úseku pro vzpěr $L_{z,2} = 2,000$ m</td><td>Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 2,000$ m</td></tr> <tr><td>Součinitel vzpěrné délky $k_{z,2} = 1,000$</td><td></td></tr> <tr><td>Délka úseku pro vzpěr $L_{y,2} = 2,000$ m</td><td>Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 2,000$ m</td></tr> <tr><td>Součinitel vzpěrné délky $k_{y,2} = 1,000$</td><td></td></tr> </table>		Počet sepe vzpěrem		Délka úseku pro vzpěr $L_{z,2} = 2,000$ m	Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 2,000$ m	Součinitel vzpěrné délky $k_{z,2} = 1,000$		Délka úseku pro vzpěr $L_{y,2} = 2,000$ m	Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 2,000$ m	Součinitel vzpěrné délky $k_{y,2} = 1,000$																					
Počet sepe vzpěrem																															
Délka úseku pro vzpěr $L_{z,2} = 2,000$ m	Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 2,000$ m																														
Součinitel vzpěrné délky $k_{z,2} = 1,000$																															
Délka úseku pro vzpěr $L_{y,2} = 2,000$ m	Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 2,000$ m																														
Součinitel vzpěrné délky $k_{y,2} = 1,000$																															
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -140,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_{cr} = 203,030$ kN $-0,690 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 49,5</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

6. NOSNÁ KONSTRUKCE SKELETU

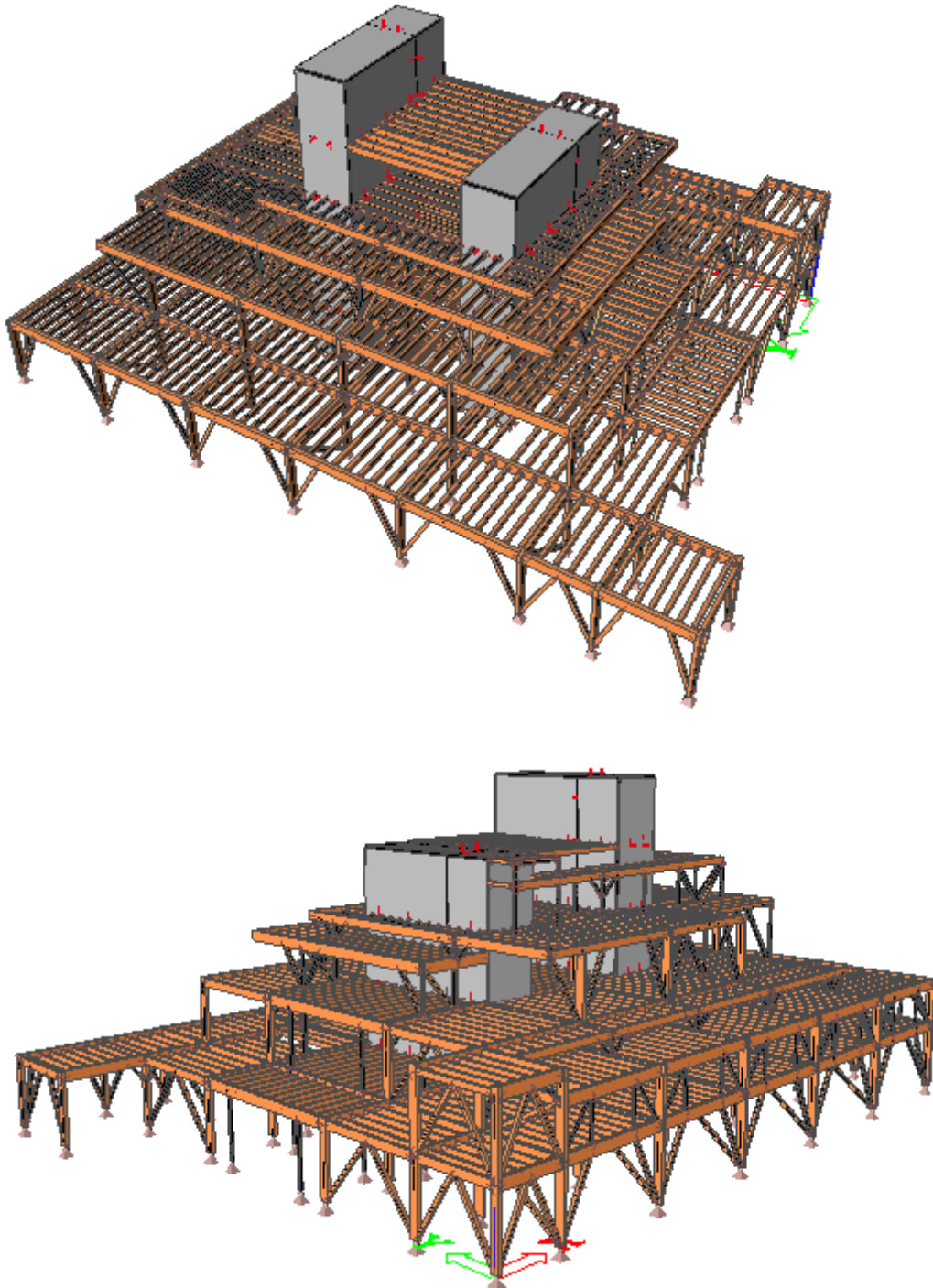
6.1. Popis nosné konstrukce

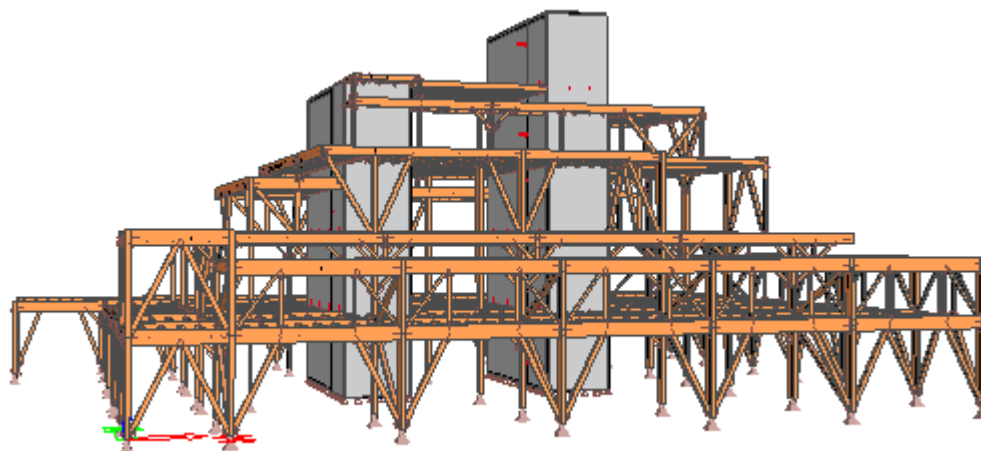
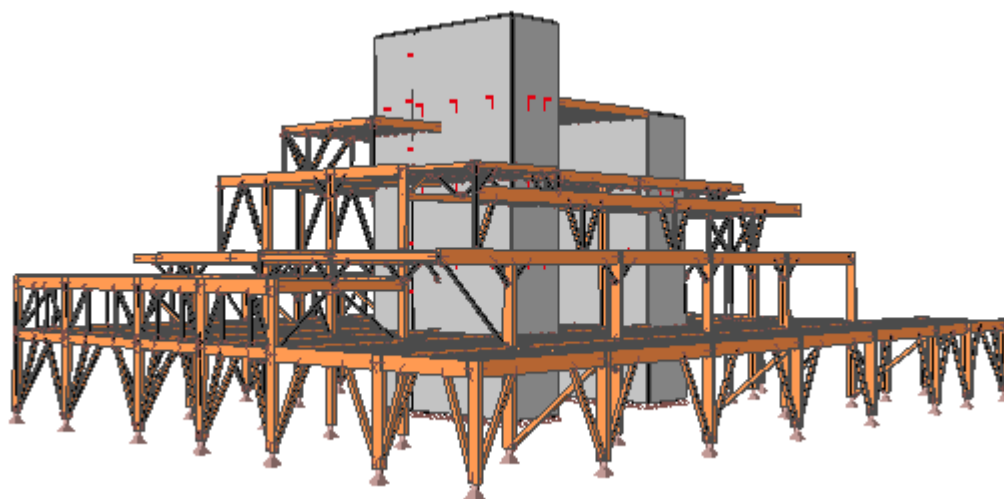
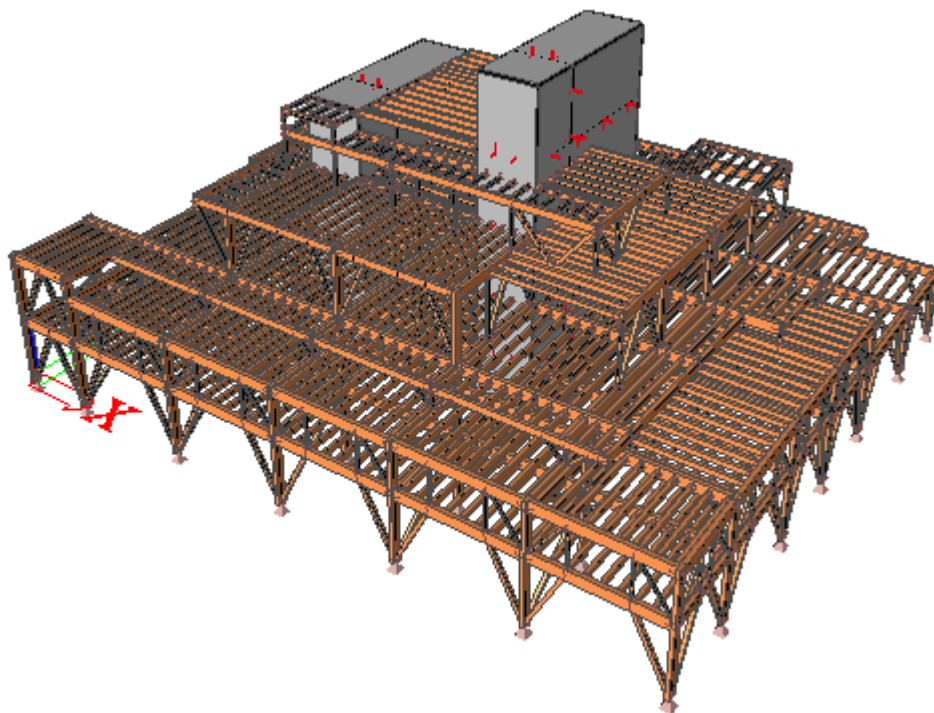
Nosnou konstrukci nadzemní části knihovny tvoří těžký dřevěný skelet se spřaženým dřevo-betonovým stropem a dvojicí betonových jader. Objekt má celkem 5 nadzemních podlaží, která směrem vzhůru kaskádovitě ustupují. Podzemí část má dvě monolitická betonová podlaží. Konstrukční výška podlaží je 3,9 m. Základní rastr dřevěného skeletu je 5,0x 7,0 m a 6,5 x 7,0 m. První pole rastru šířky 9,0 je rozděleno vloženou řadou sloupů na pole šířky 5,0 a 4,0 m.

Sloupy jsou provedeny z lepeného lamelového dřeva, sloupy jsou provedeny vždy na výšku jednoho podlaží. Průvlaky jsou orientovány podélně a navrženy jako prosté nosníky. Pro omezení velikosti ohybových momentů jsou navrženy tak, kde to dispozice objektu dovolí diagonály. Kde to dispozice nedovoluje jsou diagonály nahrazeny pásky. Pásky i diagonály jsou uloženy 1,2 m daleko od osy sloupy. Pásky svírají s osou sloupy úhel 45°. Diagonály a pásky slouží i pro ztužení objektu. Stropnice jsou ukládány kolmo mezi průvlaky jako prosté nosníky. Horní hrany průvlaků a stropnic jsou zalčovány. Spolupůsobení s betonovou deskou se uvažuje pouze v případě stropnic, průvlaky jsou navrženy, aby zatížení přenesly pouze

dřevěné prvky a spřažení je navrženo konstrukčně. Osová vzdálenost stropnic je maximálně 800 mm. Betonová deska je navržena tloušťky 80 mm z betonu C25/30 XC1, spřažení se stropnicemi zajišťují speciální vruty SFS INTEC, které jsou šroubovány pod úhlem 45° ve dvou i více řadách dle statického výpočtu. Po obvodu 1.NP a částečně 2.NP jsou uloženy rámové stojky konstrukce střechy. Stojky jsou uloženy na ztužující železobetonový věnec, který má za úkol rovnoměrně roznést reakce ze střechy na dřevěné příhradové nosníky. Betonový průvlak je spojen zároveň s obvodovými železobetonovými stěnami a zvyšují tak tuhost konstrukce. Obvodové příhradové vazníky jsou děleny ve třetinách svislicemi s diagonálami. Tuhost objekt zajišťuje dvojice železobetonových jader spolu s tuhou stropní deskou. Dále ke ztužení objektu přispívají diagonály a pásy průvlaků.

Renderované pohledy na model konstrukce skeletu





detail příhradového nosníku pod rámovými stojkami střechy

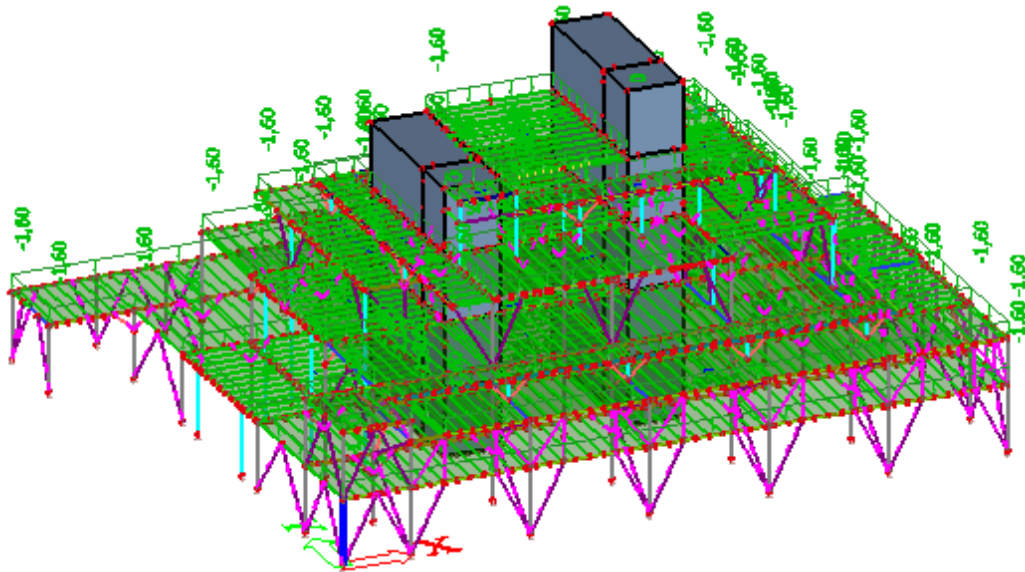
6.2. Zatížení

Konstrukce skeletu je zatížena řadou zatěžovacích stavů od stálého a proměnného užitého zatížení. Další zatížení tvoří reakce od konstrukce střechy a schodiště. Vzhledem k tomu, že se nejedná o rámovou konstrukci je užité zatížení vymodelováno pouze v jednom zatěžovacím stavu a to v plném. Není uvažováno jeho šachovnicové rozložení užitého zatížení po konstrukci. Užité zatížení není redukováno žádnými součiniteli α_A a α_n , které lze použít v případě, kdy by bylo užité zatížení na celém objektu stejné kategorie, což v našem případě není splněno. Vlastní tíha prvků je automaticky generována programem Scia Engineer. Jednotlivé zatěžovací stavy jsou popsány níže.

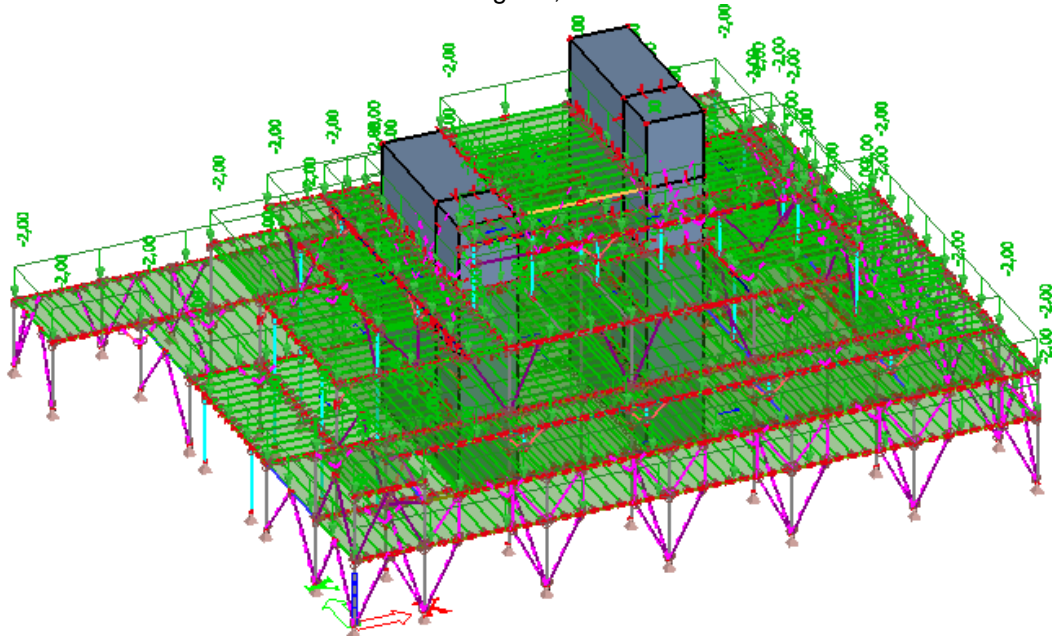
Stálé zatížení

ZS 1 – Vlastní tíha prvků generováno automaticky programem

ZS 2 - Ostatní stálé zatížení – skladba stropu $g_k = 1,6 \text{ kN/m}^2$

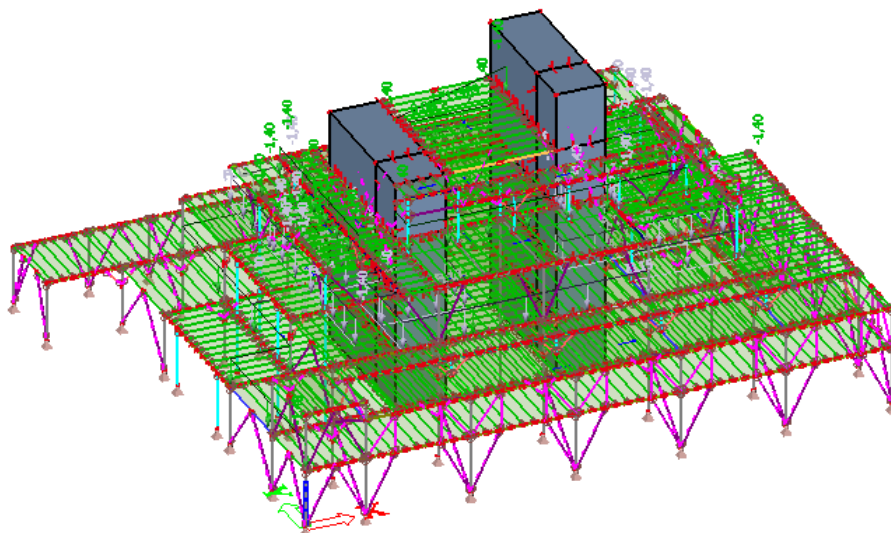


ZS 3 - betonová deska tl. 80 mm $g_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$

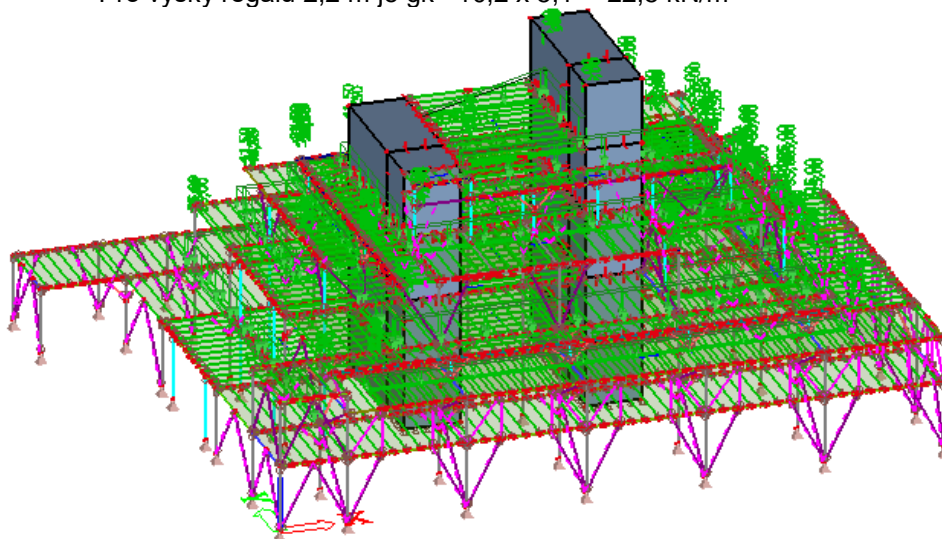


ZS 4 - příčky

plošná hmotnost příček je spočtena na $0,46 \text{ kN/m}^2$, výšky příčky se uvažují 3,0 m. Liniové zatížení příčkami je $g_k = 0,46 \times 3,0 \doteq 1,4 \text{ kN/m}$. Poloha zatížení odpovídá skutečné poloze příček.

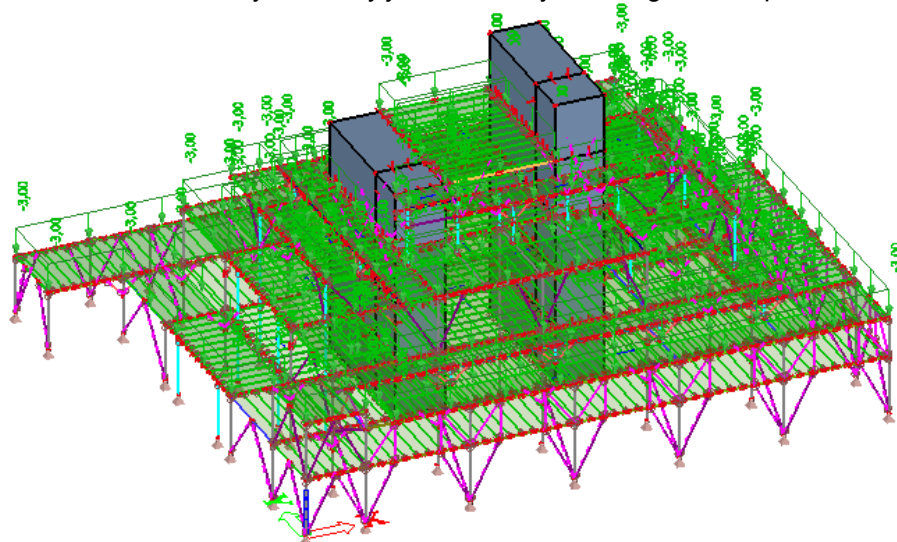


ZS 5 - Zatížení od regálů s knihami je uvažované jako stálé. Hodnoty zatížení se mění s výškou regálu. Objemová tíha regálů plných knih včetně polic je $10,2 \text{ kN/m}^3$.
Pro výšky regálu 5,1 m je $g_k = 10,2 \times 5,1 \doteq 52,0 \text{ kN/m}^2$
Pro výšky regálu 3,8 m je $g_k = 10,2 \times 3,8 \doteq 38,7 \text{ kN/m}^2$
Pro výšky regálu 2,2 m je $g_k = 10,2 \times 2,2 \doteq 22,5 \text{ kN/m}^2$

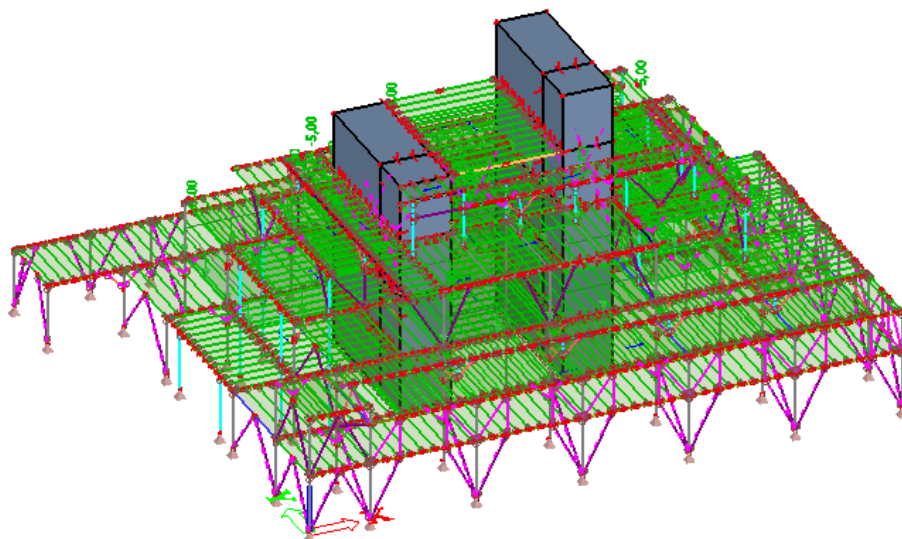


Užitné zatížení

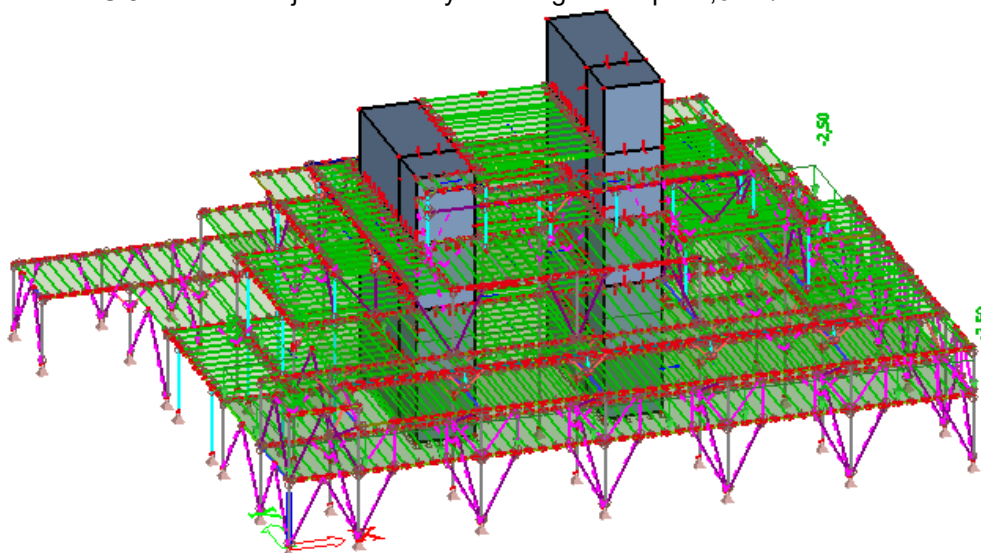
ZS 6 - Čítárny a chodby jsou zařazeny do kategorie C1 $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$



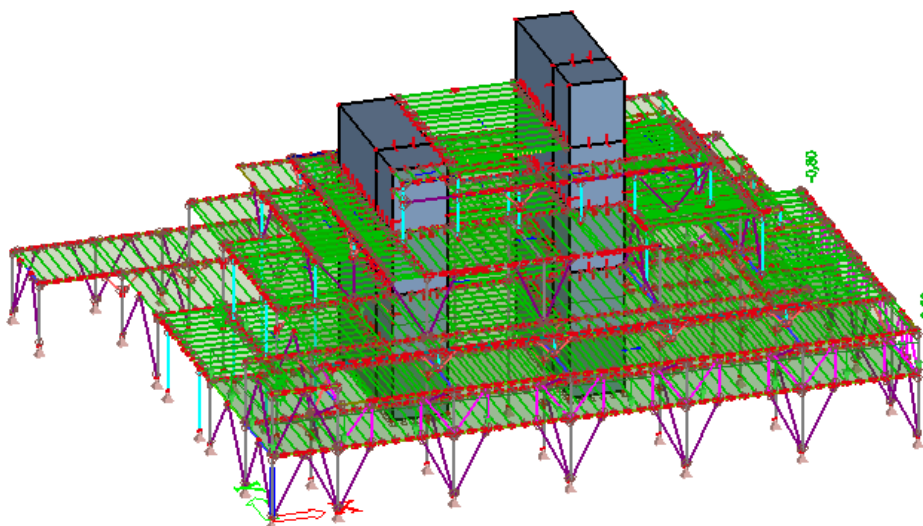
ZS 7 - Výstavní prostory a kongresové sály jsou zařazeny do kategorie C3
 $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$
tyto prostory se nacházejí ve vnitřních prostorech 2.NP, 3.NP a 4.NP.



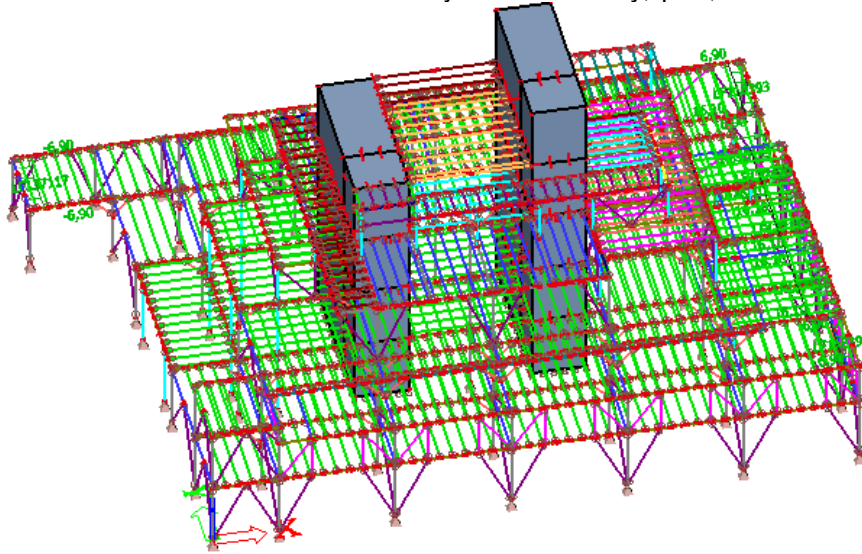
ZS 8 - Kanceláře jsou zařazeny do kategorie B $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$



ZS 9 - V prostorech kanceláří jsou lehké přemístitelné příčky nahrazeny plošným zatížením $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$



ZS 13 – Vodorovné reakce R_y uložení střechy, $\gamma = 1,44$



6.3. Kombinace

MSÚ: 1,35 ZS1 vl. tíha + 1,35 ZS2 ostatní stálé + 1,35 ZS3 bet. deska + 1,35 ZS4 příčky + 1,35 ZS5 regály + 1,5 ZS 6 užitné čítárny + 1,5 ZS 7 užitné výstavní plochy + 1,5 ZS 8 užitné kanceláře + 1,5 ZS 9 lehké příčky + 1,42 ZS10 reakce schodiště + ZS11 reakce R_z + 1,44 ZS12 reakce R_x + 1,44 ZS13 reakce R_y

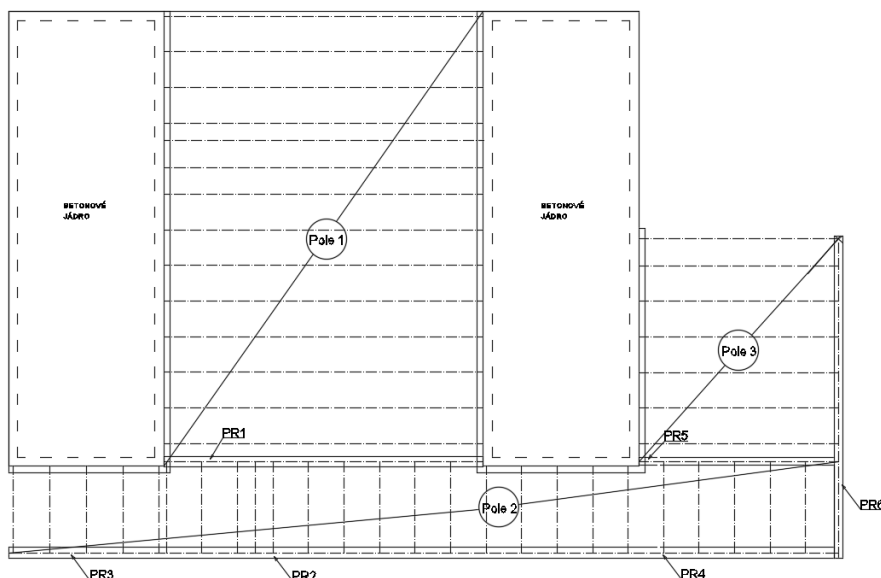
MSP: 1,0 ZS1 vl. tíha + 1,0 ZS2 ostatní stálé + 1,0 ZS3 bet. deska + 1,0 ZS4 příčky + 1,0 ZS5 regály + 1,0 ZS 6 užitné čítárny + 1,0 ZS 7 užitné výstavní plochy + 1,0 ZS 8 užitné kanceláře + 1,0 ZS 9 lehké příčky + 1,0 ZS10 reakce schodiště + 1,0 ZS11 reakce uložení střechy

6.4. Návrh prvků nosné konstrukce

Prvky nosné konstrukce stropů, tj. průvlaky a stropnice jsou navrženy shodně vždy pro celé pole. Základní osová vzdálenost stropnic je 800 mm. Pro jednodušší orientaci v konstrukci je popis jednotlivých průvlaků a polí níže. Postup návrhu jednotlivých nosných prvků je shodný pro všechna patra. Proto je ve statické výpočtu ukázán návrh posledních dvou pater, tedy stropů nad 3.NP a 4.NP. Vnitřní síly jsou pro přehlednost zobrazeny pro jednotlivé nosné prvky po patrech.

6.5. Vnitřní síly strop nad 4.NP

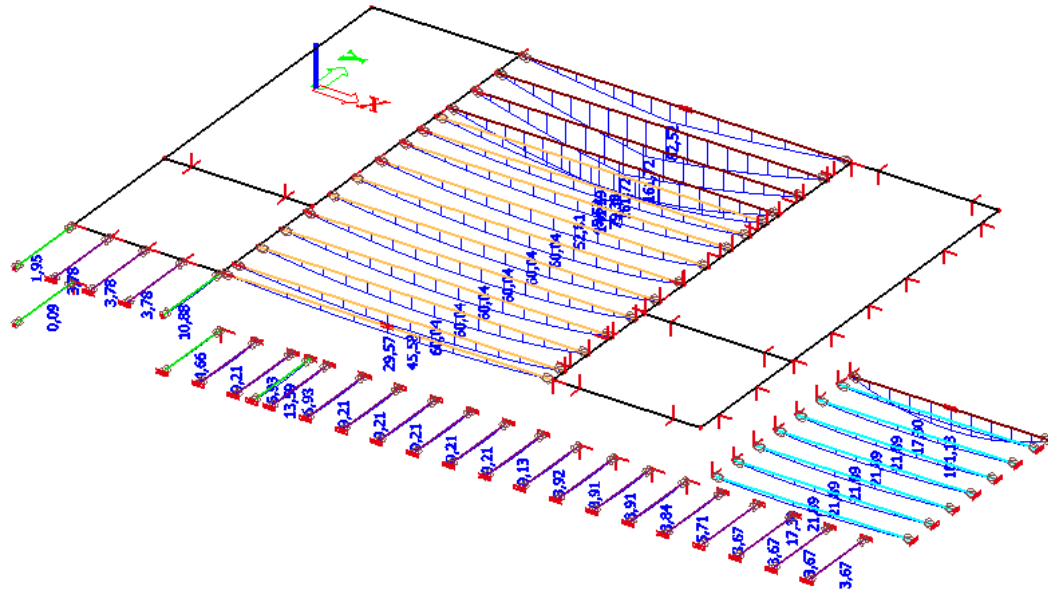
popis jednotlivých polí stropnic a průvlaků, jak jsou označeny ve výpočtu



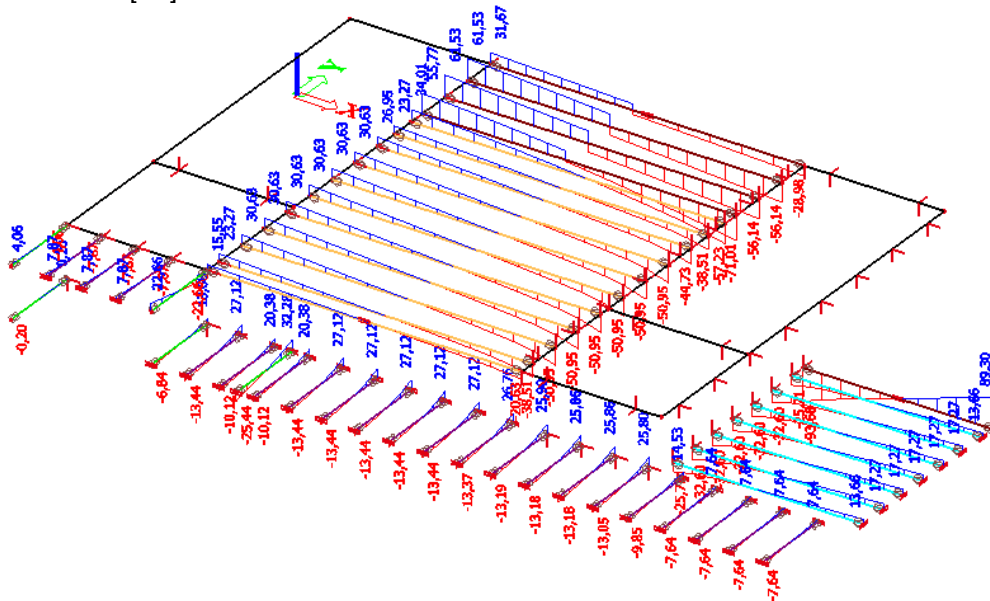
Stropnice

Vnitřní síly jsou zobrazeny vždy pro celé patro, detailně jsou pak zobrazeny hodnoty vnitřních sil na prvku, který je posouzen detailně, ostatní prvky jsou následně posouzeny v tabulce.

Globální vnitřní síly dle MSÚ
My[kNm]



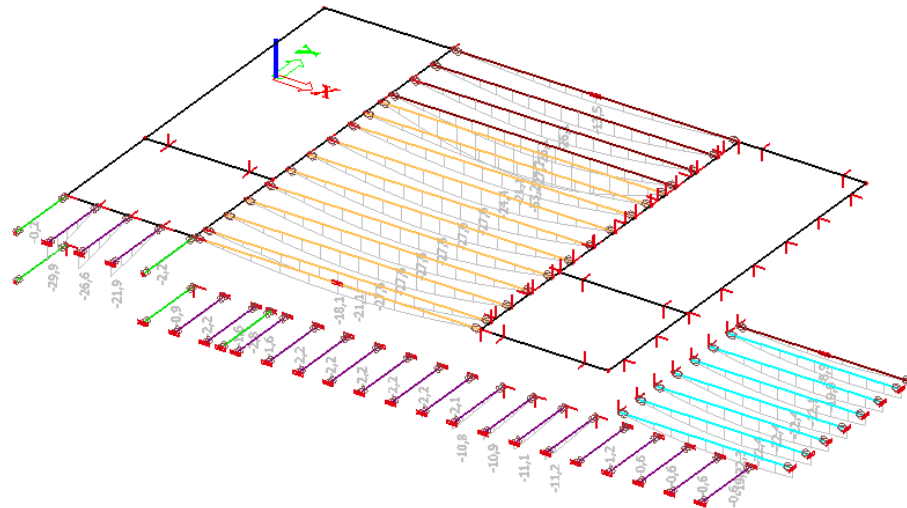
Vz[kN]



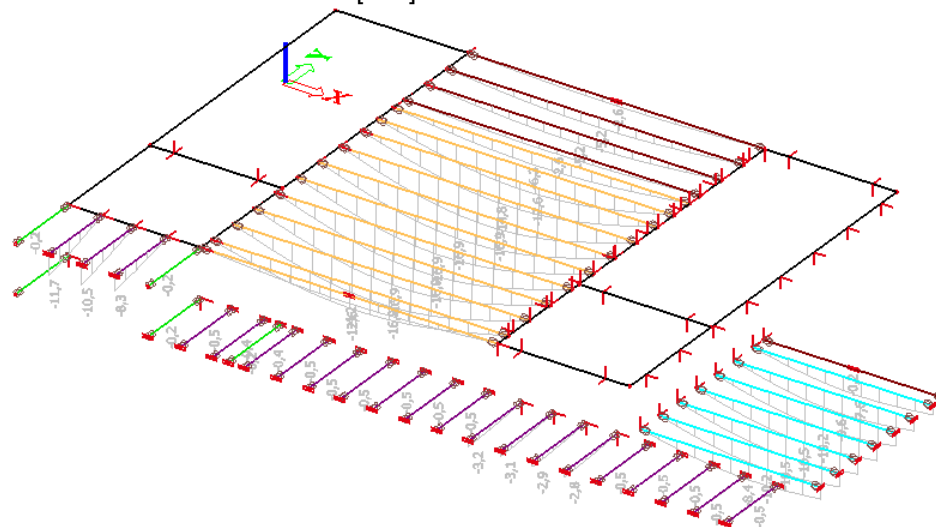
Globální průhyb dle MSP

hodnoty deformací stropnic budou nižší, v důsledku sprážení s betonovou deskou, kdy výsledná tuhost průřezu je přibližně 2,5 až 4,0 vyšší.

relativní deformace uz[mm] – od stálého zatížení



relativní deformace u_z [mm] – od užitečného zatížení



Návrh stropnic stropu nad 4.NP

Pole 1 – běžná stropnice navržena průřezu 200x 280 mm z dřeva GL 28h, délky 7200 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 4 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů 0 - 1 m je 80 mm, na zbývající části nosníku po 140 mm, osová vzdálenost stropnic v místě podélně umístěného regálu bude 400 mm.

Zesílená stropnice v místě schodiště je navržena průřezu 200x 450 mm z dřeva GL 28h, délky 7200 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 4 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 80 mm.

Pole 2 – běžná stropnice navržena průřezu 140x 200 mm z dřeva GL 28h, délky 1850 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 2 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 120 mm. Zesílená stropnice navržena průřezu 180x 200 z dřeva GL 28h, délka 1850 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 2 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 100 mm.

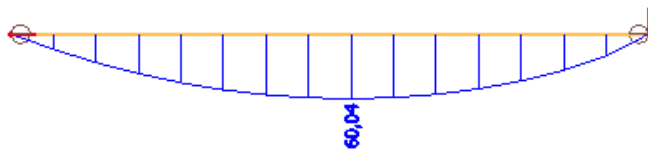
Pole 3 – běžná stropnice navržena průřezu 160x220 mm z dřeva GL 28h, délky 4400 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 4 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 100 mm. Zesílená stropnice v místě schodiště navržena průřezu 220x 450 mm z dřeva GL 28h, délka 4400 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 4 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 60 mm.

Posouzení

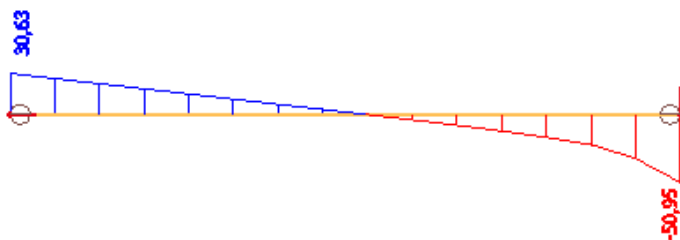
Posouzení běžné stropnice je proveden detailně, ostatní stropnice jsou posouzeny v tabulce. Třída prostředí 1, doba trvání zatížení – střednědobé, $k_{mod}=0,8$. Prvky stropnic jsou zajištěny proti klopení a vzpěru po celé své délce.

Vnitřní síly na běžné stropnici v poli 1

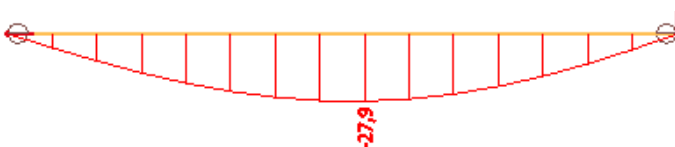
My[kNm]



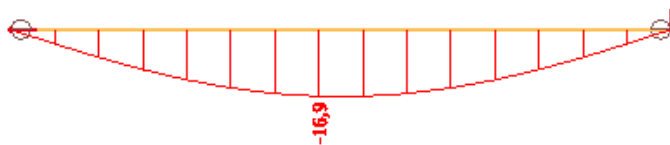
Vz[kN]



deformace uz [mm] - stálé zatížení



deformace uz [mm] - užitého zatížení



Vstupní údaje

Zatížení:

g _k =	4,00 kN/m ²	(stálé zatížení)
q _k =	3,00 kN/m ²	(užitné zatížení)
I.MS g _{ks} =	$\frac{b_1 + b_2}{2} \times (\gamma q_k + \gamma g_k) =$	8,04 kN/m
II.MS g _{ks} =	$\frac{b_1 + b_2}{2} \times (q_k + g_k) =$	5,60 kN/m
M _{ED} =	61,00 kNm	
V _{ED} =	51,00 kN	
l ₀ =	7200 mm	(světlní rozpon nosníků)
b ₁ =	800 mm	(osová vzdálenost mezi trámy)
b ₂ =	800 mm	(osová vzdálenost mezi trámy)
t=	0 mm	(tloušťka bednění)

Geometrie spřaženého průřezu

dřevěný prvek:

b ₂ =	200 mm
h ₂ =	280 mm

Spolupůsobící šířka betonová deska dle EN 1992 -1-1

b _{eff} =	800 mm	(spolupůsobící šířka)
b _{eff,1} =	840 mm	
b _{eff,2} =	840 mm	
h ₁ =	80 mm	(výška betové desky)

Materiálové charakteristiky

uvažované hodnoty do výpočtu

dřevo: GL28h

třída provozu: 1

k _{mod} = 0,8	střednědobé zatížení
k _{def} = 0,6	(třída trvání zatížení - stálé)
k _{def} = 0,25	(třída trvání zatížení - střednědobé)
γ _M = 1,25	
E _{0,mean} = 12500	MPa
ρ _k = 425	kg/m ³

charakteristické hodnoty dřeva

návrhové hodnoty dřeva

f _{mk} = 28	MPa	f _{md} = 17,92	MPa
f _{t,0,k} = 22,4	MPa	f _{t,0,d} = 14,34	MPa
f _{vk} = 3,5	MPa	f _{vd} = 2,24	MPa

beton: C25/30

γ _M = 1,5	
E _{cm} = 31000	MPa

charakteristické hodnoty betonu

návrhové hodnoty betonu

f _{ck} = 25	MPa	f _{cd} = 16,67	MPa
f _{ck,cube} = 30	MPa	f _{cd,cube} = 14,11	MPa
f _{ctm,k} = 2,6	MPa	f _{ctm,d} = 1,47	MPa

spojovací prostředky:

VB 48 - 7,5/160 vruty

f _{uk} =	600	MPa
d =	7,5	mm
M _{y,Rk} =	33918,12	N/mm
K _{ser} =	6571,20	MPa (modul prokluzu)
K _u =	4380,80	MPa (=2/3 K _{ser})

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

$$b_{eff,i} = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_i$$

pro svorníky $M_{y,k} = 0,8 f_{u,k} d^3 / 6$

pro hřebíky $M_{y,k} = 180 d^{2,6}$

K_{ser} = ρ_k^{1,5} d^{0,8} / 25 svorníky, kolíky

ρ_k^{1,5} d / 20 pro hřebíky

ρ_k^{1,5} d^{0,8} / 60

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E A_i x s^2}{K_{ser} x l_0^2} \right]^{-1}$$

Stanovení účinné ohybové tuhosti spřaženého průřezu

průřezové hodnoty betonu:

A1=	6,40E+04 mm ²
I1=	3,41E+07 mm ⁴
EA ₁ =	1,98E+09 N
EI ₁ =	1,06E+12 Nmm ²
s=	80 mm
γ ₁ =	0,179
φ _{00,t} =	2,250 (třída trvání zatížení stálé)
φ _{1,t0} =	1,350 (třída trvání zatížení střednědobé)

průřezové hodnoty dřeva:

A2=	5,60E+04 mm ²
I2=	3,66E+08 mm ⁴
EA ₂ =	7,00E+08 N
EI ₂ =	4,57E+12 Nmm ²
s=	80 mm (osová vzdálenost spřahovacích prvků)
γ ₂ =	1

$$a_2 = \frac{\gamma_2 E A_2 (h_1 + h_2)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E A_i} = 60,50 \text{ mm (k těžišti dřevěného prvku)}$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 119,50 \text{ mm (k těžišti betonové desky)}$$

účinná ohybová tuhost:

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^2 E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2 = 1,33E+13 \text{ Nmm}^2$$

Posouzení MSÚ - Normálová napětí

napětí od ohybového momentu My,d= 61,00 kNm
 dřevěný trám

$$\sigma_{c,2} = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 8,05 \text{ MPa}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\sigma_m = \sigma_{c,2} + \sigma_{m,2} = 11,53 < f_{md} = 17,92 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posouzení kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,2}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,2}}{f_{md}} = 0,69 < 1,0$$

Vyhovuje

betonová deska

$$\sigma_{c,1} = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 5,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,b} = \sigma_{c,1} + \sigma_{m,1} = 8,75 < f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{t,b} = \sigma_{m,1} - \sigma_{c,1} = 2,66 < f_{cm,d} = 1,47 \text{ MPa}$$

Nevyhovuje - desku vyztužit

Smykové napětí

$$\tau_{2,max} = \frac{1,5}{k_{cr} b_2 h_2} V_{ED} = 2,04 < f_{vd} = 2,24 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Zatížení na 1 spojovací prostředek

pro 0 - 1 m od podpory

$$F_1 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_1 V_{ED}}{EI_{ef}} = 13,04 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN}$$

s ₁ =	80 mm
V _{ED} =	51,00 kN

Vyhovuje

pro 1 - 2 m od podpory

$$F_2 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_2 V_{ED}}{EI_{ef}} = 14,12 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN}$$

s ₂ =	120 mm
V _{ED} =	36,8 kN

Vyhovuje

pro 2 m - střed od podpory

$$F_3 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_3 V_{ED}}{EI_{ef}} = 11,59 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN}$$

s ₃ =	160 mm
V _{ED} =	22,7 kN

Vyhovuje

kcr = 0,66

Posouzení spřahovacích prvků

Únosnost spřahovacího prvku v betonu

$$P_{RD,1} = 0,23 d^2 \sqrt{\frac{f_{ck} E_2}{\gamma_v}} = 9,30 \text{ kN}$$

$$P_{RD,2} = 0,8 \pi \frac{f_u d^2}{4 \gamma_v} = 10,8 \text{ kN}$$

Únosnost spřahovacího prvku ve dřevě

$$f_{hk} = 0,0082 \text{ pk } d^{0,3} = 6,38 \text{ MPa}$$

$$t_1 = 160 \text{ mm} \quad (\text{hloubka vniku vrutu})$$

$$n = 4 \quad (\text{počet řad vrutů})$$

$$F_{ax,Rk} = 12,9 \text{ kN} \quad (\text{únosnost roti vytažení zedřeva})$$

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

Únosnost spřahovacího prostředku v případě použití bedni:

$$F_{v,Rk} = f_{ht} d \left[\frac{2\beta}{1+\beta} \sqrt{\frac{2M_{y,Rk}}{f_{ht} d} + \frac{\beta}{1+\beta} \frac{t^2}{2}} - \frac{\beta}{1+\beta} t \right] = 2,49 \text{ kN}$$

$$f_{hc} = 132 \text{ MPa}$$

$$\beta = 20,69$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 26,76 \text{ kN} \\ 24,62 \text{ kN} \\ 30,62 \text{ kN} \end{array} \right. = 24,62 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{Rk}}{\gamma_M} = 15,76 \text{ kN}$$

β - poměr otláčení betonu ke dřevu
 hodnota otláčení betonu se uvažuje jako čtyřnásobek průměrné válcové pevnosti betonu v tlaku

Konečné stav po dotvarování

vliv dotvarování a smrštění na tuhost spřaženého prvku
 poměr stálého zatížení ku proměnnému 0,54545 : 0,454545

Modul pružnosti betonu:

$$E_{1,ef} = E_{cm} x \left(\frac{gd}{1 + \varphi(\infty, t_0)} + \frac{qd}{1 + \varphi(t, t_0)} \right) = 11199 \text{ MPa}$$

$$E_{1,efI} = 3,82E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$E_{1,efA} = 7,17E+08 \text{ N}$$

pro stálé zatížení
 $k_{def} = 0,6$
 pro proměnné - střednědobé
 $k_{def} = 0,25$

Modul pružnosti dřeva:

$$E_{2,ef} = E_{0,mean} x \left(\frac{gd}{1 + k_{def}} + \frac{qd}{1 + k_{def}} \right) = 8806,818 \text{ MPa}$$

Průřezové hodnoty v konečném stavu přetvoření:

Beton:		Dřevo:	
A1=	6,40E+04 mm ²	A2=	5,60E+04 mm ²
I1=	3,41E+07 mm ⁴	I2=	3,66E+08 mm ⁴
γ_1 =	0,29	γ_2 =	1
a1=	127,10 mm	a2=	52,90 mm

Efektivní modul pružnosti po dotvarování:

$$EI_{ef} = 8,30E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$K_u = 4380,80 \text{ MPa}$$

Posouzení MSÚ - Normálová napětí

dřevěný trám

$$\sigma_{c,2} = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 9,06 \text{ MPa}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\sigma_m = \sigma_{c,2} + \sigma_{m,2} = 12,48 < f_{md} = 17,92 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,1}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1}}{f_{md}} = 0,74 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

betonová deska

$$\sigma_{c,1} = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,b} = \sigma_{c,1} + \sigma_{m,1} = 6,29 < f_{cd} = 16,67 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{t,b} = \sigma_{m,1} - \sigma_{c,1} = 0,30 < f_{ctm,d} = 1,47 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení průhybu

Tuhost nespřažené stropnice $EI = 4,60 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2$

Tuhost spřažené stropnice v t_0 $EI_1 = 1,33 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$

Tuhost spřažené stropnice v t_{00} $EI_2 = 8,30 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$

poměr tuhosti

$$n = EI_1/EI = 1,33 \times 10^{13} / 4,60 \times 10^{12} = 2,89$$

$$n = EI_2/EI = 8,30 \times 10^{12} / 4,60 \times 10^{12} = 1,80$$

svislý průhyb $w_{lim} = l/300 = 7200/300 = 24,0 > (27,9 + 16,9) / 2,89 = 15,4 \text{ mm}$

Vyhovuje

průhyb po dotvarování

$$u_{fin} = u_{z1} \times (1 + k_{def}) + u_{z2} \times (1 + \psi_2 k_{def}) = 27,9 \times (1 + 0,6) + 16,9 \times (1 + 0,6 \times 0,6) =$$

$$46,9 / 1,80 = 26,0 \text{ mm}$$

$$l/200 > 7200 / 200 = 36 \text{ mm} > u_{fin} = 26,0 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Zbývající stropnice jsou posouzeny v příložené tabulce.

Dřevo: **GL28h**
 kmod= 0,8
 $Y_M = 1,25$

ohyb tak

$f_m, k = 28$ Mpa	$f_t, 0, k = 22,4$ Mpa	$f_{v, 0, k} = 3,5$ Mpa
$f_m, d = 17,9$ Mpa	$f_t, 0, d = 14,3$ Mpa	$f_{v, 0, d} = 2,2$ Mpa

Betón: **C20/25**

ohyb tak

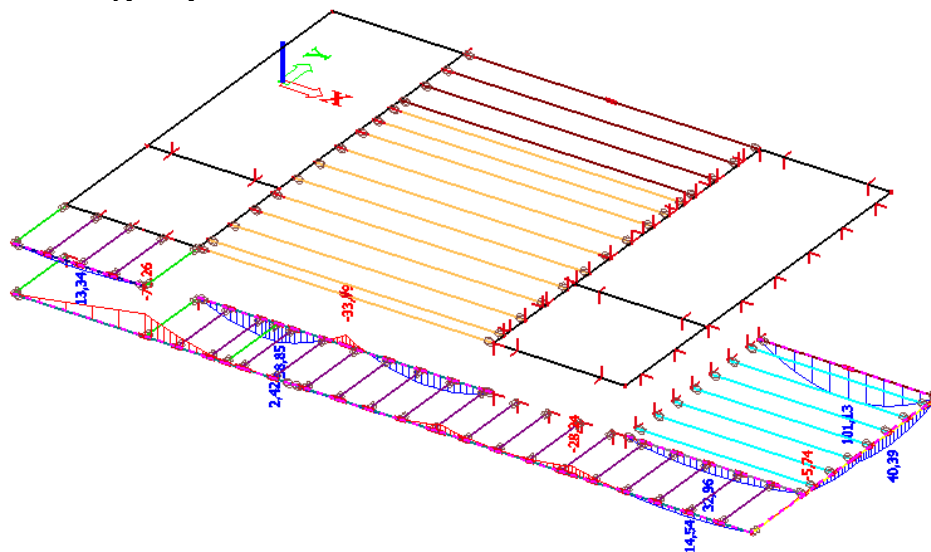
$f_c, k = 25$ Mpa	$f_{cm, k} = 2,6$ Mpa
$f_c, d = 16,7$ Mpa	$f_{cm, d} = 1,5$ Mpa

spřáhovací prvky VB 48: 7,5/160
 $F_{Rd} = 6,15$ kN

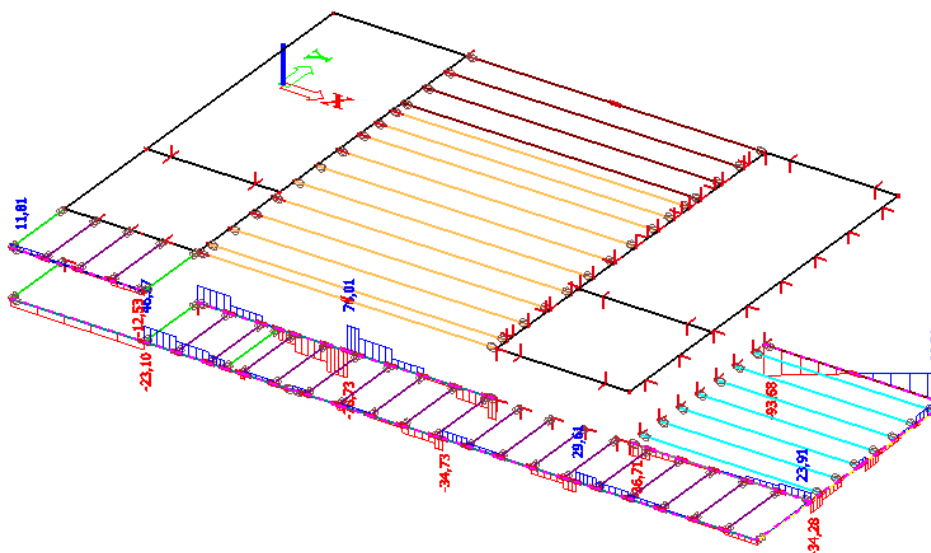
popis prvku	Průřezové charakteristiky:				Posouzení napětí:						spřáhovací prvky		Posouzení průhybu									
	Vnitřní síly [My][kNm]	bet. deska [h1][mm]	Průřez [b][mm]	plocha [A][mm²]	délka ef. ohybová prutu [L][mm]	E_{ef} [kNm/mm²]	ef. tuhost, t=0 [I][mm⁴]	beton σ_c [MPa]	posouze ní v ohyb oc + om	posouze ní v tahu om - oc	dřevo σ_t [MPa]	pos. v ohyb om + oc	tah + ohyb om; oc	smyk rd	vzdálenost prvků s [mm]	počet řad n	u z [mm]	L/300 [mm]				
zesílená stropnice pole 1	165	75	80	200	450	90000	7200	4,60E+13	5,66	4,45	0,61	-0,82	3,89	10,17	0,78	0,84	0,83	80	4	0,67	8,78	24,0
běžná stropnice pole 2	10	27	80	140	200	28000	1850	2,90E+12	0,33	4,28	0,28	2,68	0,91	4,34	0,29	0,31	0,96	120	2	0,70	1,01	6,2
zesílená stropnice pole 2	15	35	80	180	200	36000	1850	7,46E+12	0,17	2,49	0,16	1,57	0,83	2,53	0,19	0,20	0,97	120	2	0,32	0,61	6,2
běžná stropnice pole 3	22	32	80	160	220	35200	4400	6,45E+12	1,39	4,23	0,34	1,93	3,03	4,73	0,43	0,47	0,91	100	4	0,66	6,55	14,7
zesílená stropnice pole 3	105	95	80	220	450	99000	4400	3,23E+13	5,38	4,03	0,56	-0,91	2,11	9,22	0,63	0,66	0,96	60	4	0,95	5,93	14,7

ef. ohybová tuhost, t=0 E_{ef} [kNm/mm²]	beton				posouzení po dotvarování v čase t=00		průhyb	
	σ_c [MPa]	σ_t [MPa]	oc + om	om - oc	pos. ohyb om + oc	tah + ohyb om; oc	u z [mm]	L/200 [mm]
2,90E+13	4,29	2,16	0,39	-1,44	0,63	0,66	32,41	36,00
1,59E+12	0,41	2,67	0,18	1,53	0,29	0,30	3,08	9,25
2,81E+12	0,40	2,22	0,16	1,23	0,20	0,19	2,58	9,25
3,77E+12	1,06	2,47	0,21	0,96	0,40	0,44	17,92	22,00
1,93E+13	4,97	2,19	0,43	-1,89	0,56	0,58	11,52	22,00

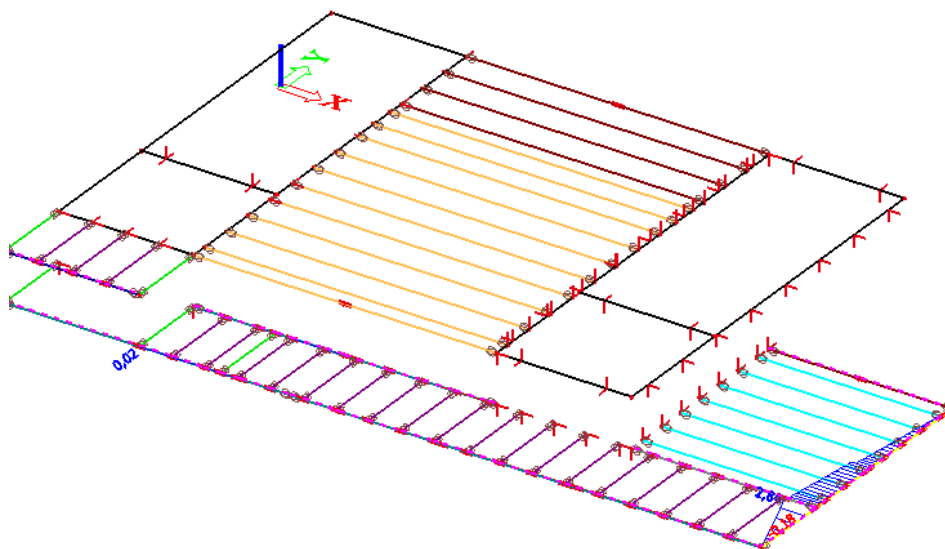
Průvlaky stropu nad 4.NP
Vnitřní síly dle MSÚ
My[kNm]



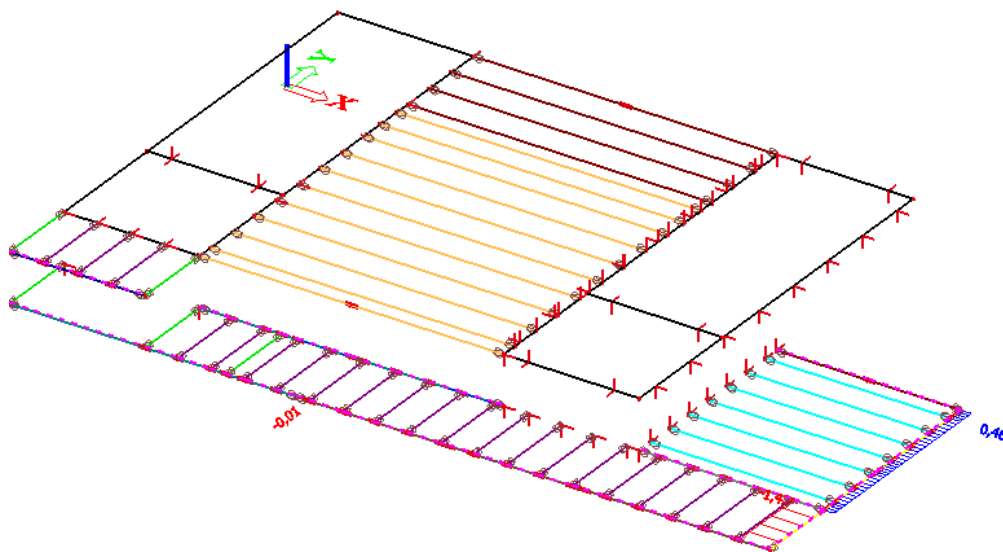
Vz[kN]



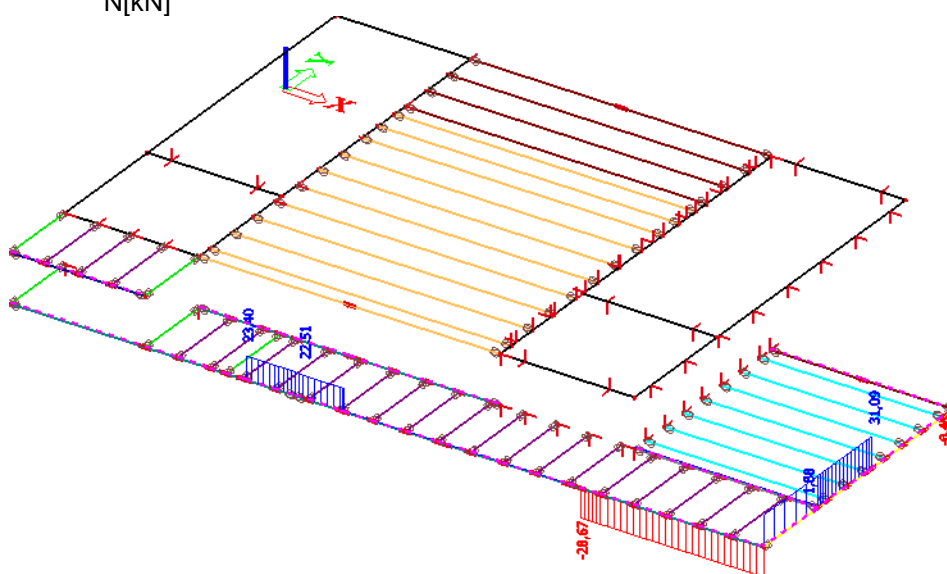
Mz[kNm]



Vy[kN]



N[kN]

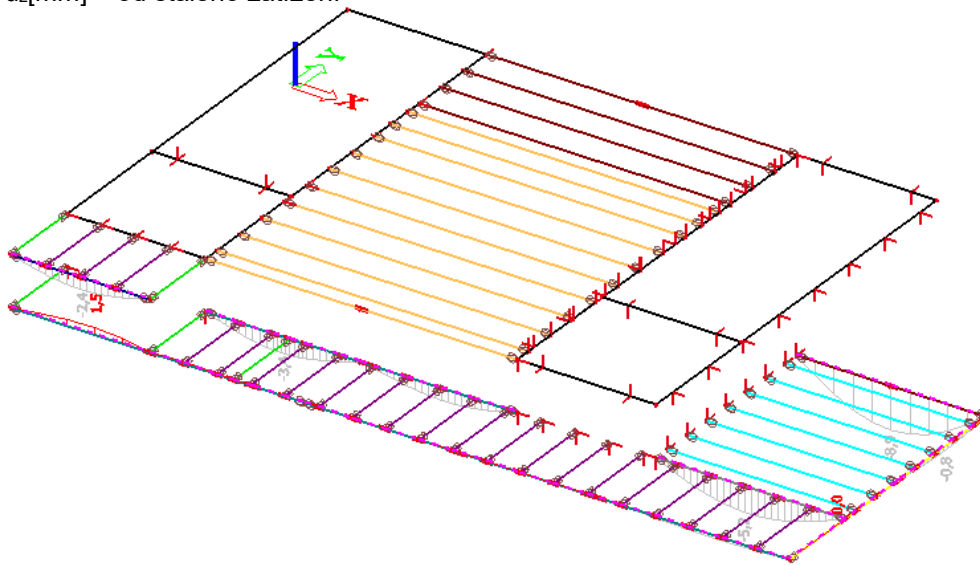


Návrh prvků

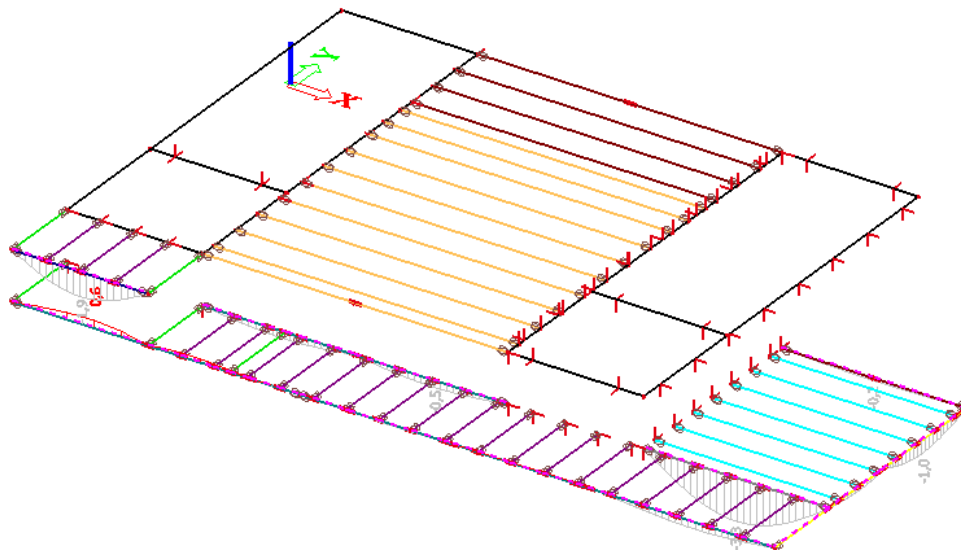
průvlak P1 je navržen z průřezu 220 x 400 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h
průvlak P2 je navržen z průřezu 200 x 400 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h
průvlak P3 je navržen z průřezu 140 x 240 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h
průvlak P4 je navržen z průřezu 200 x 400 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h
průvlak P5 je navržen z průřezu 200 x 260 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h
průvlak P6 je navržen z průřezu 200 x 350 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h

Deformace dle MSP

u_z [mm] – od stálého zatížení



u_z [mm] – od užitečného zatížení



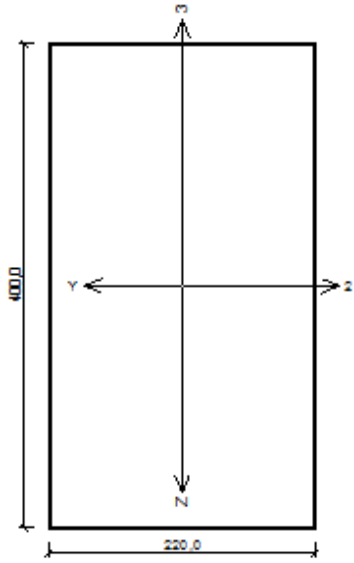
Posouzení průhybu

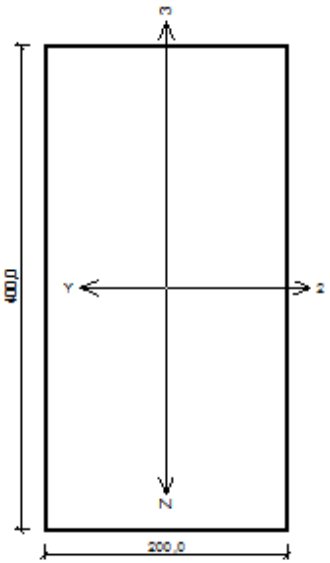
uvažované hodnoty $k_{def}=0,6$, $\psi_2=0,6$ (pro užité zat. kategorie C)

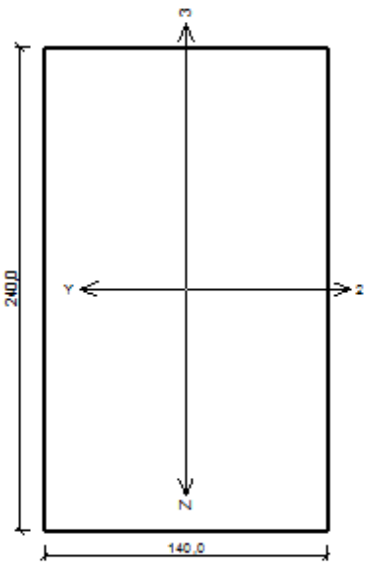
Číslo průvlaku	délka prutu L[mm]	okamžitý průhyb			průhyb po dotvarování		
		od stálého zatížení u_{z1} [mm]	od užitečného zatížení u_{z1} [mm]	celkový průhyb[mm]	wlim= L/300	průhyb po dotvarování [mm]	wlim= L/200
P1	3600	3,8	0,6	4,4	12,0	6,9	18,0
P2	3600	2,6	0,5	3,1	12,0	4,8	18,0
P3	5000	3,0	2,3	5,3	16,7	7,9	25,0
P4	4500	1,0	0,8	1,8	15,0	2,7	22,5
P5	4500	6,9	4,3	11,2	15,0	16,9	22,5
P6	5000	1,7	1,7	3,4	16,7	5,0	25,0

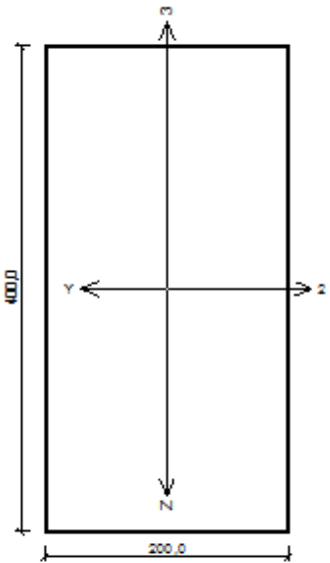
Posouzení

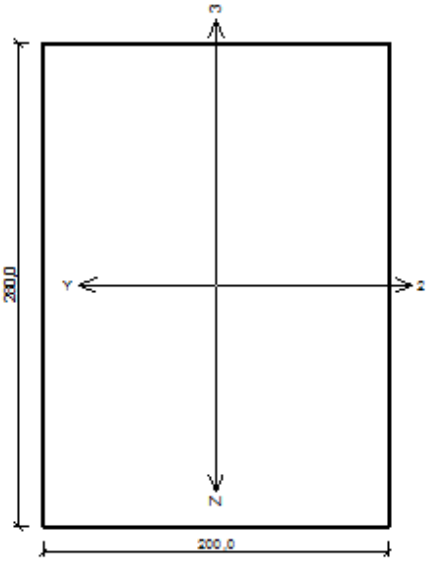
Prvky jsou zajištěny proti klopení a vzpěru po celé délce. Posouzení prvků provedeno v programu FINE v5. Dřevěné prvky průvlaku jsou navrženy z dřeva GL28h.

průvlak P1																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 220x400 Rozměry: Výška průřezu $h = 400,0$ mm Šířka průřezu $b = 220,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení $N = 0,000$ kN $M_y = 60,000$ kNm $M_z = 0,000$ kNm $V_z = 80,000$ kN $V_y = 0,000$ kN</p>																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 7,200$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán Délka úseku pro vzpěr $L_y = 7,200$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = 0,000$ kN; $M_y = 60,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 80,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek ohybu: Únosnost: $M_{y,R} = 109,481$ kNm $0,548 + 0,000 = 0,548 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_R = 88,047$ kN $0,909 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 113,4</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

průvlak P2																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x400 Rozměry: Výška průřezu $h = 400,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení $N = 25,000$ kN $M_y = -75,000$ kNm $M_z = 0,000$ kNm $V_z = 50,000$ kN $V_y = 2,000$ kN</p>																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 7,000$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán Délka úseku pro vzpěr $L_y = 7,000$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = 25,000$ kN; $M_y = -75,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 50,000$ kN; $V_y = 2,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tahu a ohybu: Únosnost: $N_{R} = 1194,336$ kN; $M_{y,R} = -99,528$ kNm $0,021 + 0,754 + 0,000 = 0,774 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{R} = 80,043$ kN $0,625 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 121,2</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

průvlak P3																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 140x240</p> <p>Rozměry: Výška průřezu $h = 240,0$ mm Šířka průřezu $b = 140,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení $N = 0,000$ kN $M_y = 15,000$ kNm $M_z = 0,000$ kNm $V_z = 15,000$ kN $V_y = 0,000$ kN</p>																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 3,700$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán Délka úseku pro vzpěr $L_y = 3,700$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = 0,000$ kN; $M_y = 15,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 15,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek ohybu: Únosnost: $M_{y,R} = 26,396$ kNm $0,568 + 0,000 = 0,568 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{R} = 33,618$ kN $0,446 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 91,6</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

průvlak P4																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x400 Rozměry: Výška průřezu $h = 400,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL32h - lepené Druh dřeva: roslé Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 25,6 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 14200 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 11800 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 440,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_H pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení $N = 25,000$ kN $M_y = 25,000$ kNm $M_z = 0,000$ kNm $V_z = 35,000$ kN $V_y = 0,000$ kN</p>																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 11,500$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán Délka úseku pro vzpěr $L_y = 11,500$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = 25,000$ kN; $M_y = 25,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 35,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tahu a ohybu: Únosnost: $N_{R} = 1364,957$ kN; $M_{y,R} = 113,746$ kNm $0,018 + 0,220 + 0,000 = 0,238 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{R} = 80,043$ kN $0,437 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 199,2 Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

průvlak P5																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x280 Rozměry: Výška průřezu $h = 280,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení $N = -3,000$ kN $M_y = 35,000$ kNm $M_z = 0,000$ kNm $V_z = 40,000$ kN $V_y = 0,000$ kN</p>																															
<p>Vzpěr: Se vzpěrem se nepočítá</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -3,000$ kN; $M_y = 35,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 40,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_{R} = 335684,130$ kN; $M_{y,R} = -50,540$ kNm $0,000 + -0,693 + 0,000 = -0,693 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{R} = 56,030$ kN $0,714 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 77,9</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

průvlak P6																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x350 Rozměry: Výška průřezu $h = 350,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_{tr} pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table> <tr><td>N</td><td>= 27,000 kN</td><td>M_z</td><td>= -5,000 kNm</td></tr> <tr><td>M_y</td><td>= 50,000 kNm</td><td>V_z</td><td>= 2,000 kN</td></tr> <tr><td>V_y</td><td>= 45,000 kN</td><td></td><td></td></tr> </table>		N	= 27,000 kN	M_z	= -5,000 kNm	M_y	= 50,000 kNm	V_z	= 2,000 kN	V_y	= 45,000 kN																				
N	= 27,000 kN	M_z	= -5,000 kNm																												
M_y	= 50,000 kNm	V_z	= 2,000 kN																												
V_y	= 45,000 kN																														
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 7,000$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán Délka úseku pro vzpěr $L_y = 7,000$ m Vzpěr kolmo k ose z není zadán</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = 27,000$ kN; $M_y = 50,000$ kNm; $M_z = -5,000$ kNm; $V_z = 45,000$ kN; $V_y = 2,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tahu a ohybu: Únosnost: $N_{Ed} = 1059,094$ kN; $M_{y,R} = 77,226$ kNm; $M_{z,R} = -65,707$ kNm $0,026 + 0,647 + 0,076 = 0,749 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{Rd} = 70,037$ kN $0,643 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 121,2 Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

Betonová deska

Spřažená dřevo-betonová deska je navržena tl. 80 mm, z betonu C25/30 XC1. Betonová deska funguje mezi stropnicemi jako prostý nosník, protože deska není vyztužena na záporné momenty nad stropnicemi. Po vzniku trhlin při horním povrchu dojde k redistribuci záporných momentů do pole. Pro omezení smršťovacích trhlin je deska vyztužena konstrukčně při horním povrchu KARI sítí 200/200/6 mm. V kontaktu desky s betonovým jádrem je provedena dilatace tl. 10 mm. Nad průvlaky je provedena dilatační spára šířky 8 mm na výšku 1/3 tloušťky desky. Spára je vyplněna trvale pružným tmelem. Zatížení a geometrie níže. Výpočet desky proveden na osovou vzdálenost stropnic 0,8 m a 1bm šířky desky.

Zatížení

ostatní stálé zatížení

$$g_k = 1,95 \times 1,0 = 1,95 \text{ kN/m}$$

regál

$$g_k = 55,0 \times 0,4 = 22,0 \text{ kN/m}$$

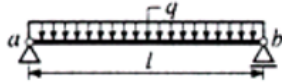
užitné zatížení

$$\gamma = 1,36$$

$$q_k = 3,0 \times 1,0 = 3,0 \text{ kN/m}$$

Prostý nosník - spojitě zatížení

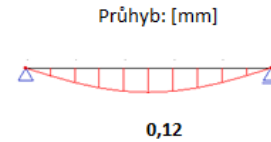
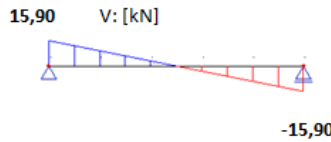
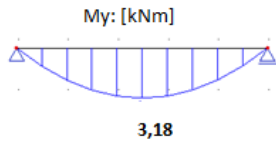
Délka nosníku	L =	0,80 m	Vlastní tíha	$g_k =$	2,00 kN/m	$\gamma_g =$	1,35
Materiál: C20/25	E =	31,00 Gpa	Zatížení stálé	$g_k =$	1,95 kN/m	$\gamma_g =$	1,35
Průřez: 80x1000	$I_y =$	4,27E-05 m ⁴	Zatížení proměnné	$q_k =$	3,00 kN/m	$\gamma_q =$	1,50
			Jiná zatížení	$r_k =$	22,00 kN/m	$\gamma_r =$	1,36



$$V_{Ed} = 1/2 \cdot f_g \cdot l = 15,90 \text{ kN} \quad R_k = 11,58 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1/8 \cdot f_g \cdot l^2 = 3,18 \text{ kNm} \quad M_{y,k(CHAR.)} = 2,32 \text{ kNm}$$

$$w = 5/384 \cdot (f_k \cdot l^4 / E \cdot I_y) = 0,12 \text{ mm}$$



vliv dotvarování $k = 5$

průhyb $w_{lim} = 800/300 = 2,66 \text{ mm} > 5 \times 0,12 = 0,6 \text{ mm}$

Vyhovuje

Návrh

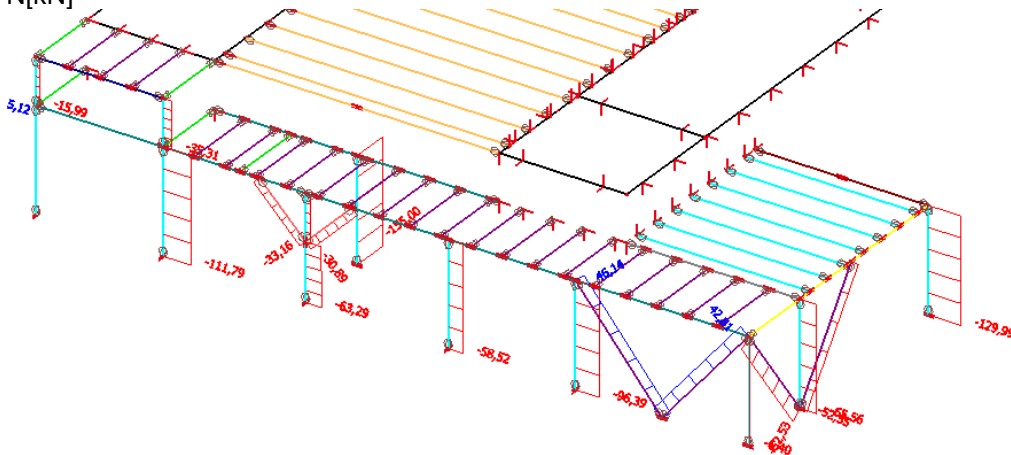
Betonová deska navržena tloušťky 80 mm, z betonu C25/30 XC1. Betonová deska vyztužena při spodním povrchu KARI sítí 150/150/6 mm, při horním povrchu KARI sítí 200/200/6 mm. Krytí výztuže 20 mm.

betonová deska								Typ prvku: deska Prostředí: XC1
								Beton: C 25/30 $f_{tk} = 25,0 \text{ MPa}$; $f_{cm} = 2,6 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$ Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$) Ocel příčná: B500 ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$) Vzpěr Vzpěr není uvažován S tlačenou výztuží je počítáno.
Posouzení min. a max. stupně vyztužení Deska (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum): $\rho_{s,t} = 0,00331 \geq \rho_{s,min} = 0,00135$ $\rho_{s,t,CSN} = 0,00236 \geq \rho_{s,min,CSN} = 0,0018 \Rightarrow$ Vyhovuje $\rho_s = 0,00236 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ Vyhovuje								
Posouzení mezního stavu únosnosti								
č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Posouzení
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	3,50	4,65	16,00	28,21	Vyhovuje
Mezní stav únosnosti VYHOVUJE								
Posouzení mezního stavu použitelnosti								
Mezní stav omezení napětí								
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Posouzení	
2	Zat. případ 2	0,00	2,50	8,81	248,08	-248,08	Vyhovuje	
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{tk}$					400,00			
Mezní stav omezení šířky trhlin								
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	Δc [-]	$s_{r,max}$ [m]	w [mm]	Posouzení	
3	Zat. případ 3	0,00	2,50	$744 \cdot 10^{-6}$	0,282	0,210	Vyhovuje	
Maximální povolená šířka w_{max}						0,300		
Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE								

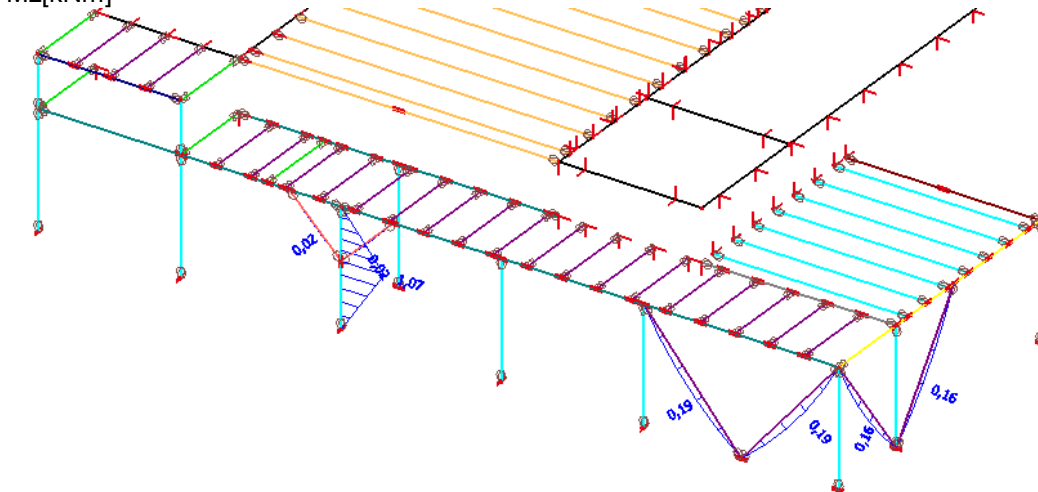
Sloupy a diagonály

Sloupy jsou na vršeny vždy na výšku 1 patra, v patě a v čele jsou uloženy kloubově.
Vnitřní síly dle MSÚ

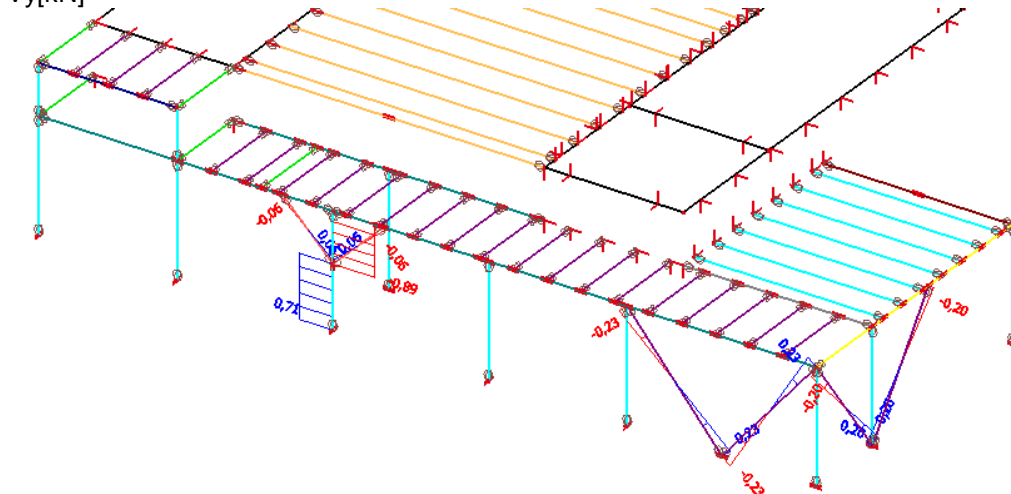
N[kN]



Mz[kNm]



Vy[kN]



Návrh prvků

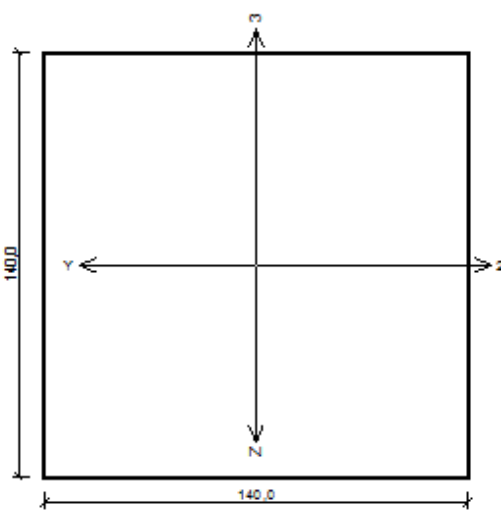
sloupy mezi 3.NP a 4.NP jsou navrženy průřezu 140 x 140 mm z dřeva GL24h

diagonály jsou navrženy průřezu 140 x 140 mm z dřeva GL24h

pásky jsou navrženy průřezu 120 x 120 mm z dřeva GL24h

Posouzení

Sloupy a diagonály nejsou zajištěny proti vybočení. Vzpěrná délka pro sloupy je 3,15 m, pro diagonály 3,9 m a pásky 1,7 m. Třída prostředí je 1, doba trvání zatížení je střednědobá.

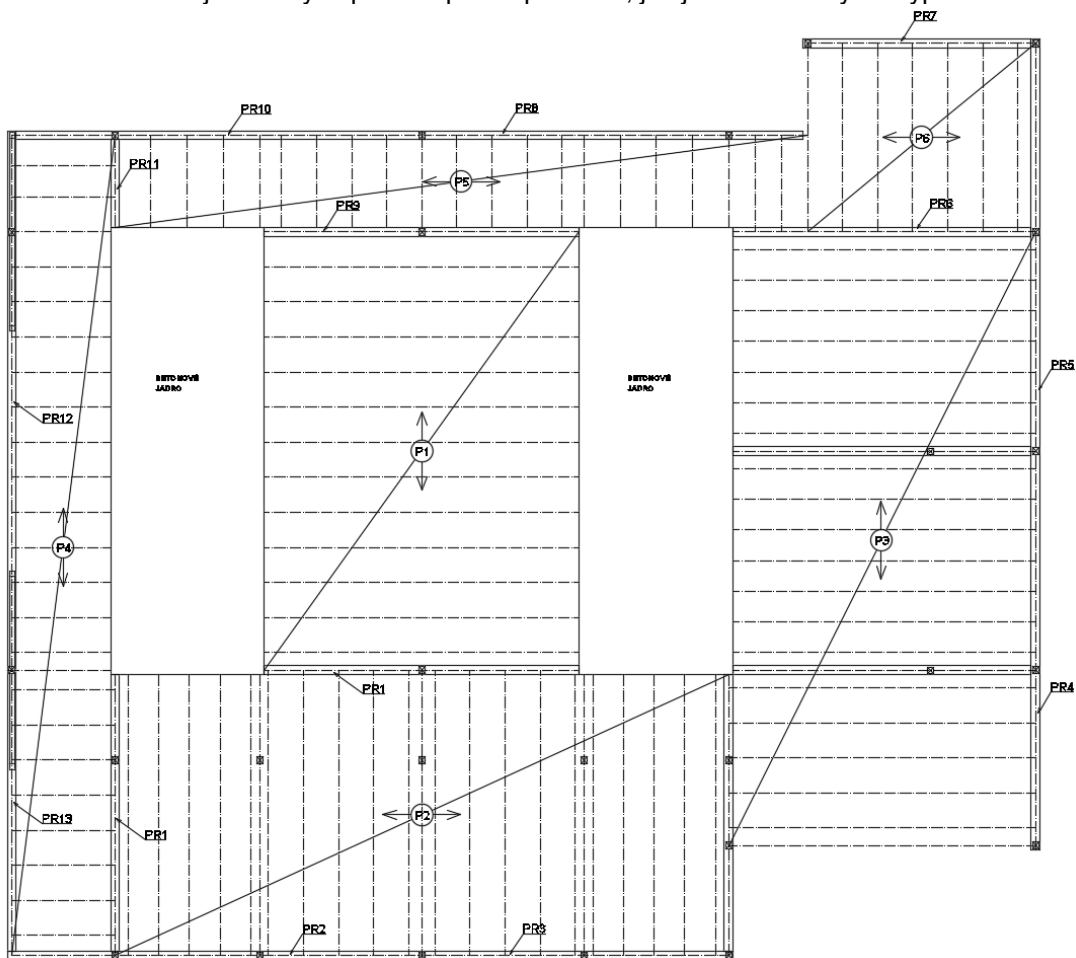
sloup																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 140x140 Rozměry: Výška průřezu $h = 140,0$ mm Šířka průřezu $b = 140,0$ mm</p> <p>Materiál: GL24h - lepené Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 19,2 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11500 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 9600 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 385,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 19,2 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 24,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11500 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 9600 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 385,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 19,2 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11500 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 9600 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 385,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>$N = -150,000$ kN</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td><td></td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td>$V_y = 0,000$ kN</td><td></td></tr> </table>		$N = -150,000$ kN			$M_y = 0,000$ kNm	$M_z = 0,000$ kNm		$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																						
$N = -150,000$ kN																															
$M_y = 0,000$ kNm	$M_z = 0,000$ kNm																														
$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																														
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 2,700$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 2,700$ m Délka úseku pro vzpěr $L_y = 2,700$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 2,700$ m</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -150,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_R = 215,279$ kN $-0,697 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 66,8</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

pásky																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 120x120 Rozměry: Výška průřezu $h = 120,0$ mm Šířka průřezu $b = 120,0$ mm</p> <p>Materiál: C24 - Jehličnaté Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table border="0"> <tr> <td>Pevnost v ohybu</td> <td>$f_{m,k}$</td> <td>: 24,0 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td> <td>$f_{t,0,k}$</td> <td>: 14,0 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td> <td>$f_{c,0,k}$</td> <td>: 21,0 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost ve smyku</td> <td>$f_{v,k}$</td> <td>: 4,0 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td> <td>$f_{c,90,k}$</td> <td>: 2,5 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td> <td>$f_{t,90,k}$</td> <td>: 0,4 MPa</td> </tr> <tr> <td>Modul pružnosti</td> <td>$E_{0,mean}$</td> <td>: 11000 MPa</td> </tr> <tr> <td>5% kvantil modulu pružnosti</td> <td>$E_{0,05}$</td> <td>: 7400 MPa</td> </tr> <tr> <td>Modul pružnosti ve smyku</td> <td>G_{mean}</td> <td>: 690 MPa</td> </tr> <tr> <td>Charakteristická hodnota hustoty</td> <td>ρ_k</td> <td>: 350,0 kg/m³</td> </tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2 Střednědobé zatížení $N = -35,000$ kN $M_y = 0,000$ kNm $M_z = 0,000$ kNm $V_z = 0,000$ kN $V_y = 0,000$ kN</p>																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 1,700$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 1,700$ m Délka úseku pro vzpěr $L_y = 1,700$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 1,700$ m</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2 Vnitřní síly: $N = -35,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_R = 149,974$ kN $-0,233 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 49,1 Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

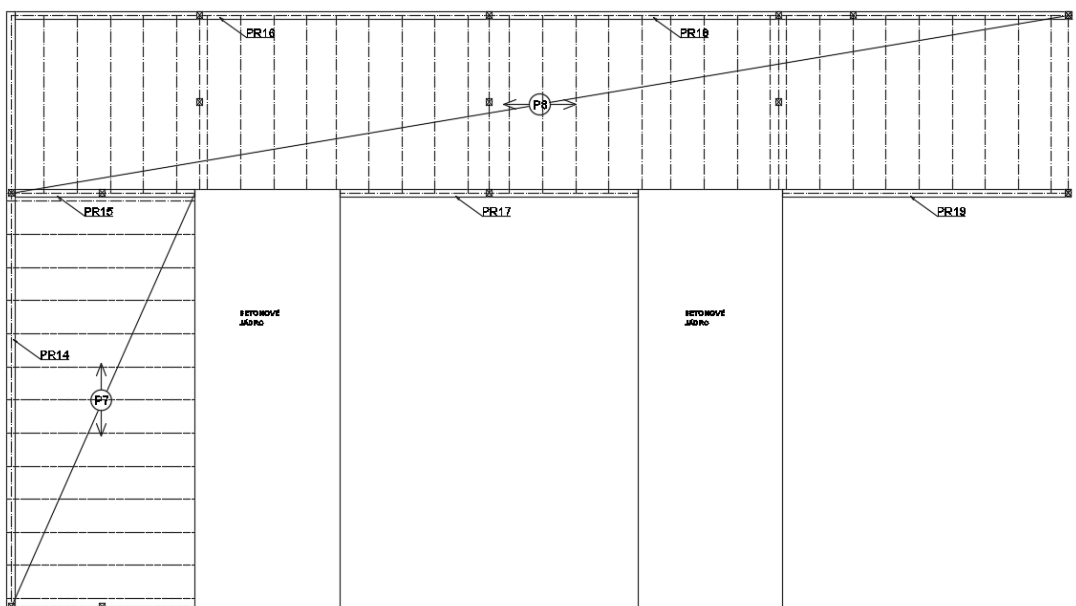
diagonala																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 140x140 Rozměry: Výška průřezu $h = 140,0$ mm Šířka průřezu $b = 140,0$ mm</p> <p>Materiál: C24 - jehličnaté Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 350,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_H pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 3 Střednědobé zatížení $N = -60,000$ kN $M_y = 0,000$ kNm $M_z = 0,000$ kNm $V_z = 0,000$ kN $V_y = 0,000$ kN</p>																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 3,400$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 3,400$ m Délka úseku pro vzpěr $L_y = 3,400$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 3,400$ m</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 3 Vnitřní síly: $N = -60,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_R = 104,705$ kN $-0,573 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 84,1</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

6.6. Stropní konstrukce nad 3.NP

Označení jednotlivých polí stropnic a průvlaků, jak jsou označeny ve výpočtu

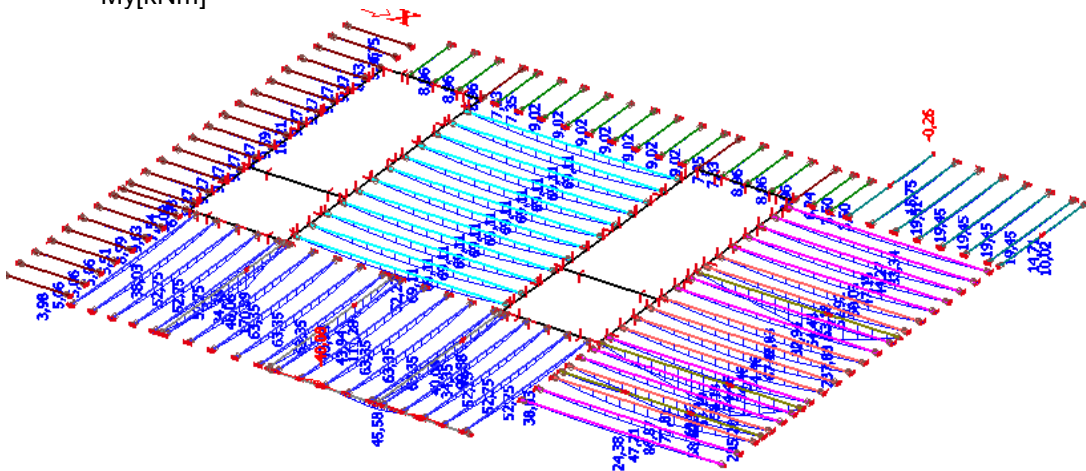


strop nad 3.NP

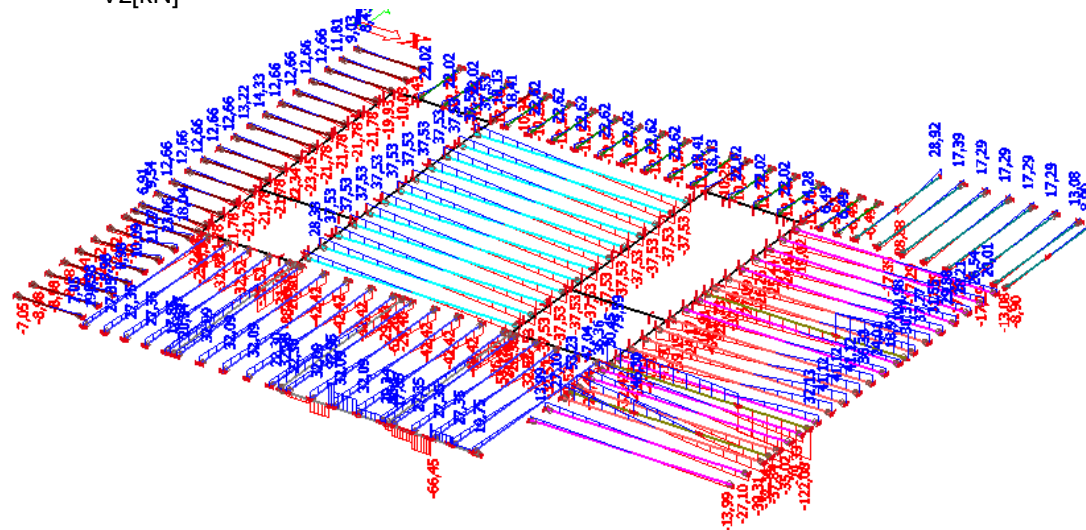


mezistrop nad 3.NP

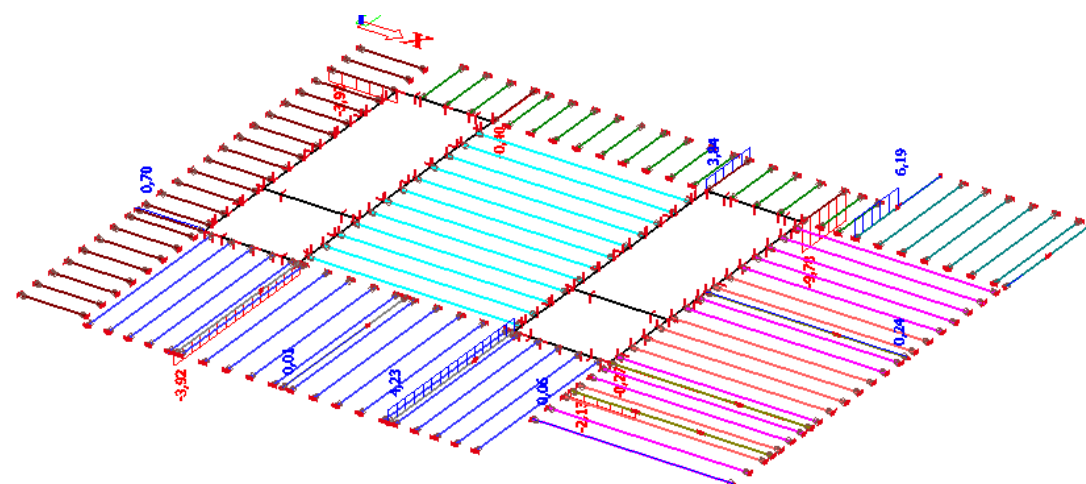
Globální vnitřní síly dle MSÚ
My[kNm]



Vz[kN]

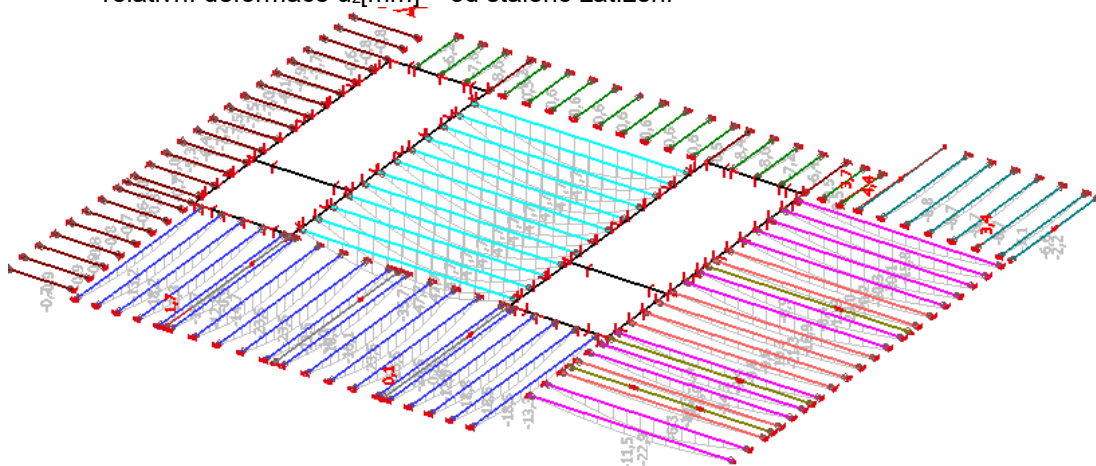


N[kN]

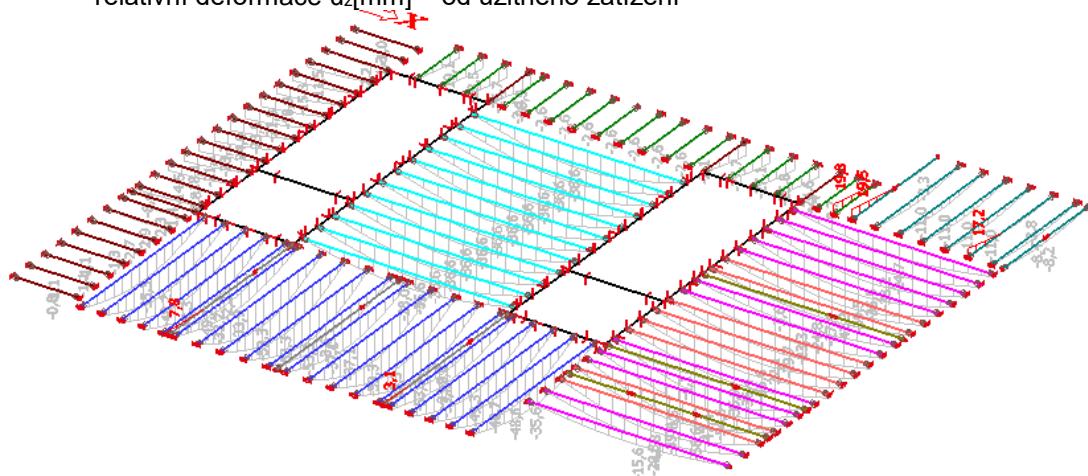


Globální průhyb dle MSP
hodnoty deformací stropnic budou nižší v důsledku sprážení s betonovou deskou, kdy výsledná tuhost průřezu je přibližně 2,5 až 4,0 vyšší.

relativní deformace u_z [mm] – od stálého zatížení



relativní deformace u_z [mm] – od užitečného zatížení



Návrh stropnic stropu nad 3.NP

Pole 1 – běžná stropnice navržena průřezu 200x 260 mm z dřeva GL 28h, délky 7200 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 4 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů 80 mm.

Pole 2 – běžná stropnice navržena průřezu 200x 260 mm z dřeva GL 28h, délky 6500 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 4 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 80 mm.

Pole 3 – běžná stropnice navržena průřezu 180x 260 mm z dřeva GL 28h, délky 7000 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 4 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 80 mm. Zesílené stropnice v místě regálů navržena průřezu 240x 300 mm z dřeva GL 28h, délka 7000 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 4 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 80 mm. Zesílená stropnice v místě sloupů je navržena průřezu 200x 600 mm z dřeva GL 32h, délka 7000 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 3 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 80 mm. Stropnice má spolupůsobící šířku 200 mm – stropnice posouzena bez vlivu spřažení betonové desky.

Pole 4 – běžná stropnice navržena průřezu 160x 200 mm z dřeva GL 28h, délky 2150 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 2 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů 140 mm.

Pole 5 – běžná stropnice navržena průřezu 160x 300 mm z dřeva GL 28h, délky 2000 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 2 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů 80 mm.

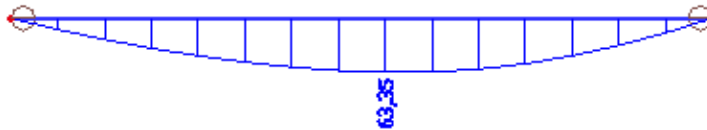
Pole 6 – běžná stropnice navržena průřezu 160x 200 mm z dřeva GL 28h, délky 4100 mm, stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160, vruty budou provedeny ve 2 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů 80 mm.

Posouzení

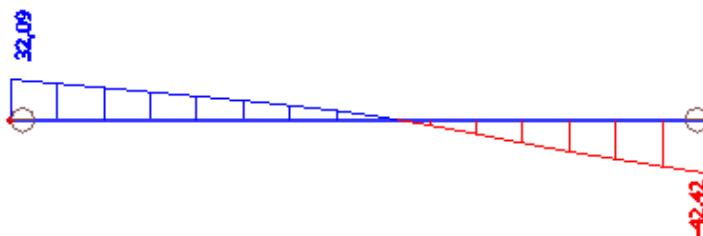
Posouzení běžné stropnice je provedeno detailně, ostatní stropnice jsou posouzeny v tabulce. Třída prostředí 1, doba trvání zatížení – střednědobé, $k_{mod}=0,8$. Prvky stropnic jsou zajištěny proti klopení a vzpěru po celé své délce

Vnitřní síly na běžné stropnici v poli 2

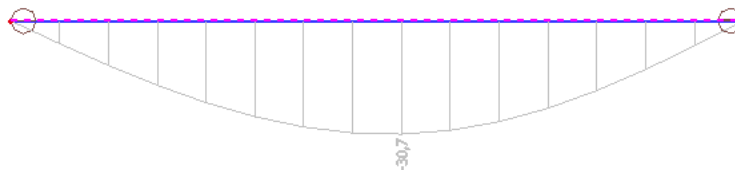
M_y [kNm]



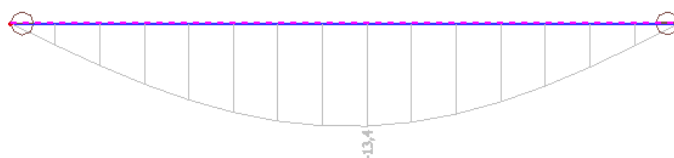
V_z [kN]



deformace uz [mm] - stálé zatížení



deformace uz [mm] - užitého zatížení



Posouzení

Posouzení stropnic je provedeno v tabulce. Stropnice z dřeva GL 28h, třída provozu 1, doba trvání zatížení střednědobá. Prvky jsou zajištěny proti klopení po celé své délce. Napětí od normálových sil dosahují řádů procent napětí od ohybu a jsou pokryty rezervou v únosnosti prvků.

Vstupní údaje

Zatížení:

g _k =	4,00 kN/m ²	(stálé zatížení)
q _k =	3,00 kN/m ²	(užitné zatížení)
I.MS g _{ks} =	$\frac{b_1 + b_2}{2} \times (\gamma q_k + \gamma g_k) =$	8,04 kN/m
II.MS g _{ks} =	$\frac{b_1 + b_2}{2} \times (q_k + g_k) =$	5,60 kN/m
M _{ED} =	65,00 kNm	
V _{ED} =	45,00 kN	
l ₀ =	6500 mm	(světlní rozpon nosníků)
b ₁ =	800 mm	(osová vzdálenost mezi trámy)
b ₂ =	800 mm	(osová vzdálenost mezi trámy)
t=	0 mm	(tloušťka bednění)

Geometrie spáženého průřezu

dřevěný prvek:

b ₂ =	200 mm
h ₂ =	260 mm

Spolupůsobící šířka betonová deska dle EN 1992 -1-1

b _{eff} =	800 mm	(spolupůsobící šířka)
b _{eff,1} =	770 mm	
b _{eff,2} =	770 mm	
h ₁ =	80 mm	(výška betové desky)

Materiálové charakteristiky

uvažované hodnoty do výpočtu

dřevo: GL28h

třída provozu: 1

k _{mod} =	0,8	střednědobé zatížení
k _{def} =	0,6	(třída trvání zatížení - stálé)
k _{def} =	0,25	(třída trvání zatížení - střednědobé)
γ _M =	1,25	
E _{o,mean} =	12500 MPa	
ρ _k =	425 kg/m ³	

charakteristické hodnoty dřeva

návrhové hodnoty dřeva

f _{mk} =	28 MPa	f _{md} =	17,92 MPa
f _{t,0,k} =	22,4 MPa	f _{t,0,d} =	14,34 MPa
f _{vk} =	3,5 MPa	f _{vd} =	2,24 MPa

beton: C25/30

γ _M =	1,5
E _{cm} =	31000 MPa

charakteristické hodnoty betonu

návrhové hodnoty betonu

f _{ck} =	25 MPa	f _{cd} =	16,67 MPa
f _{ck,cube} =	30 MPa	f _{cd,cube} =	14,11 MPa
f _{ctm,k} =	2,6 MPa	f _{ctm,d} =	1,47 MPa

spojovací prostředky:

VB 48 - 7,5/160 vruty

f _{uk} =	600 MPa	
d=	7,5 mm	
M _{y,rk} =	33918,12 N/mm	
K _{ser} =	6571,20 MPa	(modul prokluzu)
K _u =	4380,80 MPa	(=2/3 K _{ser})

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff},i} = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0$$

$$b_{\text{eff},i} \leq b_i$$

pro svorníky $M_{y,k} = 0,8 f_{u,k} d^3 / 6$
 pro hřebíky $M_{y,k} = 180 d^{2,6}$

K_{ser}= $\rho_k^{1,5} d^{0,8} / 25$ svorníky, kolíky
 $\rho_k^{1,5} d / 20$ pro hřebíky
 $\rho_k^{1,5} d^{0,8} / 60$

$$\gamma_i = \left[1 + \frac{\pi^2 E A_i x_i s}{K_{ser} x_i^2 l_0^2} \right]^{-1}$$

Stanovení účinné ohybové tuhosti spráženého průřezu

průřezové hodnoty betonu:

A1=	6,40E+04 mm ²
I1=	3,41E+07 mm ⁴
EA ₁ =	1,98E+09 N
EI ₁ =	1,06E+12 Nmm ²
s=	100 mm
γ ₁ =	0,124
φ _{00,t} =	2,250 (třída trvání zatížení stálé)
φ _{t,10} =	1,350 (třída trvání zatížení střednědobé)

průřezové hodnoty dřeva:

A2=	5,20E+04 mm ²
I2=	2,93E+08 mm ⁴
EA ₂ =	6,50E+08 N
EI ₂ =	3,66E+12 Nmm ²
s=	100 mm (osová vzdálenost spráhovacích prvků)
γ ₂ =	1

$$a_2 = \frac{\gamma_2 E A_2 (h_1 + h_2)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E A_i} = 46,72 \text{ mm} \quad (\text{k těžišti dřevěného prvku})$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2 = 123,28 \text{ mm} \quad (\text{k těžišti betonové desky})$$

účinná ohybová tuhost:

$$EI_{ef} = \sum_{i=1}^2 E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2 = 9,88E+12 \text{ Nmm}^2$$

Posouzení MSÚ - Normálová napětí

napětí od ohybového momentu M_{y,d} = 65,00 kNm
 dřevěný trám

$$\sigma_{c,2} = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 10,69 \text{ MPa}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\sigma_m = \sigma_{c,2} + \sigma_{m,2} = 14,53 < f_{md} = 17,92 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,2}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,2}}{f_{m,d}} = 0,86 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

betonová deska

$$\sigma_{c,1} = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 8,16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,b} = \sigma_{c,1} + \sigma_{m,1} = 11,28 < f_{cd} = 16,67 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{t,b} = \sigma_{m,1} - \sigma_{c,1} = 5,03 < f_{ctm,d} = 1,47 \text{ MPa} \quad \text{Nevyhovuje - desku vyztužit}$$

Smykové napětí

$$\tau_{2,max} = \frac{1,5}{k_{cr,b_2} h_2} V_{ED} = 1,94 < f_{vd} = 2,24 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Zatížení na 1 spojovací prostředek

pro 0 - 1 m od podpory

$$s_1 = 100 \text{ mm}$$

$$V_{ED} = 45,00 \text{ kN}$$

$$F_1 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_1 V_{ED}}{EI_{ef}} = 13,83 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

pro 1 - 2 m od podpory

$$s_2 = 140 \text{ mm}$$

$$V_{ED} = 31,2 \text{ kN}$$

$$F_2 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_2 V_{ED}}{EI_{ef}} = 13,40 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

pro 2 m - střed od podpory

$$s_3 = 140 \text{ mm}$$

$$V_{ED} = 17,3 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{\gamma_1 E A_1 a_1 s_3 V_{ED}}{EI_{ef}} = 7,45 \text{ kN} < 15,76 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

kcr = 0,66

Posouzení spřahovacích prvků

Únosnost spřahovacího prvku v betonu

$$P_{RD,1} = 0,23 d^2 \sqrt{\frac{f_{ck} E_2}{\gamma_v}} = 9,30 \text{ kN}$$

$$P_{RD,2} = 0,8 \pi \frac{f_{st} d^2}{4 \gamma_v} = 10,8 \text{ kN}$$

Únosnost spřahovacího prvku ve dřevě

$$f_{hk} = 0,0082 \rho_k d^{0,3} = 6,38 \text{ MPa}$$

$$t_1 = 160 \text{ mm} \quad (\text{hloubka vniku vrutu})$$

$$n = 4 \quad (\text{počet řad vrutů})$$

$$F_{ax,Rk} = 12,9 \text{ kN} \quad (\text{únosnost roti vytažení ze dřeva})$$

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

Únosnost spřahovacího prostředku v případě použití bedni:

$$F_{v,Rk} = f_{nt} d \left[\sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta} \frac{2M_{y,Rk}}{f_{nt} d} + \frac{\beta}{1+\beta} \frac{t^2}{2}} - \frac{\beta}{1+\beta} t \right] = 24,9 \text{ kN}$$

$$f_{nc} = 132 \text{ MPa}$$

$$\beta = 20,69$$

$$26,76 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \quad 24,62 \text{ kN} = 24,62 \text{ kN}$$

$$30,62 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{Rk}}{\gamma_M} = 15,76 \text{ kN}$$

β - poměr otláčení betonu ke dřevu
 hodnota otláčení betonu se uvažuje jako čtyřnásobek průměrné válcové pevnosti betonu v tlaku

pro stálé zatížení
 $k_{def} = 0,6$
 pro proměnné - střednědobé
 $k_{def} = 0,25$

Konečné stav po dotvarování

vliv dotvarování a smrštění na tuhost spřahovaného prvku
 poměr stálého zatížení ku proměnnému 0,54545 : 0,454545

Modul pružnosti betonu:

$$E_{1,ef} = E_{cm} \times \left(\frac{gd}{1 + \varphi(\infty, t_0)} + \frac{qd}{1 + \varphi(t, t_0)} \right) = 11199 \text{ MPa}$$

$$E_{1,ef} I = 3,82E+11 \text{ Nmm}^2$$

$$E_{1,ef} A = 7,17E+08 \text{ N}$$

Modul pružnosti dřeva:

$$E_{2,ef} = E_{0,mean} \times \left(\frac{gd}{1 + k_{def}} + \frac{qd}{1 + k_{def}} \right) = 8806,818 \text{ MPa}$$

Průřezové hodnoty v konečném stavu přetvoření:

Beton:	Dřevo:
A1= 6,40E+04 mm ²	A2= 5,20E+04 mm ²
I1= 3,41E+07 mm ⁴	I2= 2,93E+08 mm ⁴
$\gamma_1 = 0,21$	$\gamma_2 = 1$
a1= 128,34 mm	a2= 41,66 mm

Efektivní modul pružnosti po dotvarování:

$$EI_{ef} = 6,21E+12 \text{ Nmm}^2$$

$$K_{ij} = 4380,80 \text{ MPa}$$

Posouzení MSÚ - Normálová napětí

dřevěný trám

$$\sigma_{c,2} = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h_2 M_{ED}}{EI_{ef}} = 11,99 \text{ MPa}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\sigma_m = \sigma_{c,2} + \sigma_{m,2} = 15,84 < f_{md} = 17,92 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,1}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1}}{f_{md}} = 0,94 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

betonová deska

$$\sigma_{c,1} = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 3,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h_1 M_{ED}}{EI_{ef}} = 4,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,b} = \sigma_{c,1} + \sigma_{m,1} = 7,81 < f_{cd} = 16,67 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{t,b} = \sigma_{m,1} - \sigma_{c,1} = 1,57 < f_{ctm,d} = 1,47 \text{ MPa} \quad \text{Nevyhovuje}$$

Posouzení průhybu

Tuhost nespřážené stropnice $EI = 3,69 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2$

Tuhost spřážené stropnice v t_0 $EI_1 = 1,54 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$

Tuhost spřážené stropnice v t_{00} $EI_2 = 9,48 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2$

poměr tuhosti

$$n = EI_1/EI = 1,54 \times 10^{13} / 3,69 \times 10^{12} = 3,34$$

$$n = EI_2/EI = 1,03 \times 10^{13} / 3,69 \times 10^{12} = 2,24$$

Posouzení průhybu

$$\text{svislý průhyb } w_{\text{lim}} = l/300 = 6500/300 = 21,6 > (30,7 + 13,4) / 3,34 = 13,2 \text{ mm}$$

Vyhovuje

průhyb po dotvarování

$$u_{\text{fin}} = u_{z1} \times (1 + k_{\text{def}}) + u_{z2} \times (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) = 30,7 (1 + 0,6) + 13,4 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = 67,3 / 2,24 = 30,0 \text{ mm}$$

$$l/200 > 6500/200 = 32,5 \text{ mm} > u_{\text{fin}} = 30,0 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Zbývající stropnice jsou posouzeny v příložené tabulce.

popis prvku	Průřezové charakteristiky:					Posouzení napětí:					spřáhovací prvky			Posouzení průhybu					
	Vnitřní síly $M_y [kNm]$	bet. deska $V_z [kN]$	bet. deska $h_1 [mm]$	průřez $b [mm]$	průřez $h_2 [mm]$	plocha $A [mm^2]$	délka prutu $L [mm]$	ef. ohybová tuhost, $t=0$ $EI_{ef} [KNmm^2]$	beton $\sigma_c [MPa]$	posouzení ní v ohybu $\sigma_c + \sigma_m$	posouzení ní v tahu $\sigma_m - \sigma_c$	dřevo $\sigma_d [MPa]$	pos. v ohybu $\sigma_m + \sigma_c$	pos. tah + ohyb $\sigma_m; \sigma_c$	smyk τ_d	vzdálenost prvků $s [mm]$	počet řad n	ú z [mm]	L/300 [mm]
stropnice pole 1	70	40	80	180	260	46800	7200	1,23E+13	4,39	0,69	1,81	7,28	0,93	1,03	0,85	80	4	22,85	24,0
stropnice pole 2	65	42	80	180	240	43200	6500	1,00E+13	4,29	0,74	2,56	7,65	0,98	1,08	0,97	80	4	19,65	21,7
běžná stropnice pole 3	75	41	80	180	260	46800	7000	1,30E+13	4,52	0,70	1,79	6,96	0,92	1,01	0,88	80	4	11,88	23,3
stropnice pole 4	11	25	80	160	200	32000	2350	3,17E+12	0,38	0,28	2,66	0,92	0,30	0,31	0,78	140	2	1,53	7,8
stropnice pole 5	10	25	80	160	200	32000	2250	3,10E+12	0,36	0,26	2,47	0,80	0,27	0,28	0,78	140	2	1,34	7,5
stropnice pole 6	20	20	80	160	200	32000	4500	5,22E+12	1,25	0,36	2,37	3,12	0,44	0,49	0,62	100	2	3,12	15,0

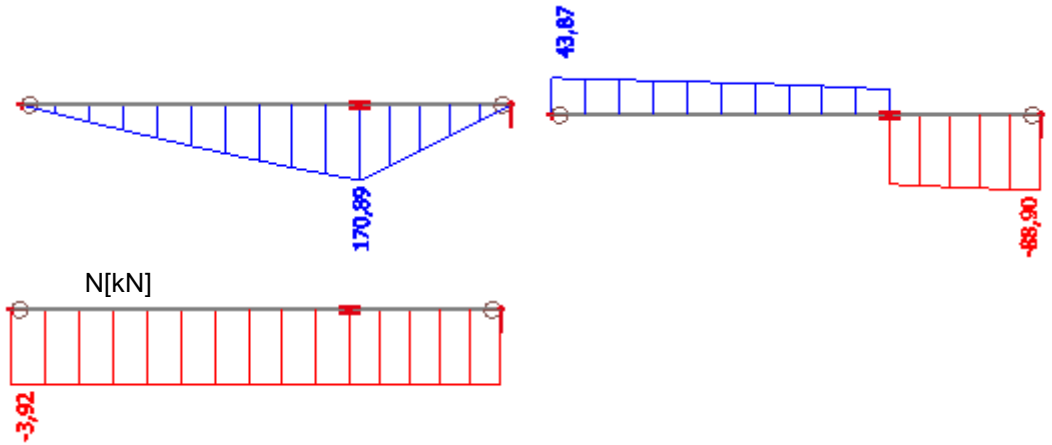
ef. ohybová tuhost, $t=0$ $EI_{ef} [KNmm^2]$	posouzení po dotvarování v čase $t=0$					průhyb				
	beton $\sigma_c [MPa]$	posouzení ní v ohybu $\sigma_c + \sigma_m$	posouzení ní v tahu $\sigma_m - \sigma_c$	dřevo $\sigma_d [MPa]$	pos. ohyb $\sigma_m + \sigma_c$	tah + ohyb $\sigma_m; \sigma_c$	ú z [mm]	L/200 [mm]	posouzení	
6,89E+12	11,46	0,96	-4,69	5,37	0,84	0,92	35,2722	36,00	Vyhovuje	
6,10E+12	4,39	0,55	0,26	6,45	0,89	0,98	31,9029	32,50	Vyhovuje	
7,98E+12	4,53	0,52	-0,22	5,72	0,82	0,90	29,32	35,00	Vyhovuje	
1,82E+12	0,41	0,19	1,56	0,88	0,30	0,31	5,95	11,75	Vyhovuje	
1,78E+12	0,38	0,17	1,45	0,76	0,27	0,29	3,32	11,25	Vyhovuje	
3,12E+12	1,40	0,26	1,00	2,78	0,42	0,46	7,48	22,50	Vyhovuje	

Stropnice v místě sloupů

V poli 2 je stropnice nutné pod sloupy zesílit. Spolupůsobící šířka betonové desky je pouze 200 mm, proto vliv spolupůsobení není zohledněn při posouzení. Stropnice je po celé délce zajištěna proti vzpěru a klopení. Délka prvku je 6500 mm.

Vnitřní síly dle MSÚ
 M_y [kNm]

V_z [kN]



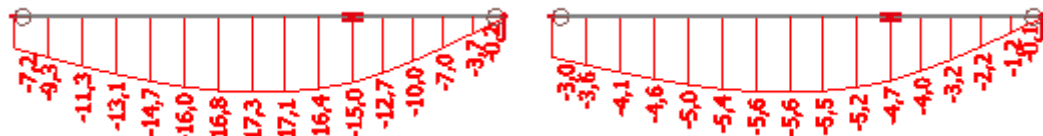
Návrh

stropnice pod sloupy v poli 2 je navržena průřezu 200x 550 mm z dřeva GL32h. S betonovou deskou je stropnice spřažena vruty VB 48 – 7,5/160 provedeny ve 2 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 30 mm.

deformace dle MSP

u_{z1} [mm] – od stálého zatížení

u_{z2} [mm] – od užitého zatížení



průhyb samotného prvku

$$u_{z1} = 17,3 - 7,2 = 10,1 \text{ mm}$$

$$u_{z2} = 5,6 - 3,0 = 2,6 \text{ mm}$$

Posouzení průhybu

svislý průhyb $w_{lim} = l/300 = 6500/300 = 21,6 > (10,1 + 2,6) = 12,7 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

průhyb po dotvarování – $k_{def} = 0,6$, součinitel ψ_2 pro užité zatížení 0,6.

průhyb po dotvarování

$$u_{fin} = u_{z1} \cdot (1 + k_{def}) + u_{z2} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) = 10,6 \cdot (1 + 0,6) + 2,6 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,6) = 20,5 \text{ mm}$$

$$u_{fin} < l/200 = 6500/200 = 32,5 > 20,5 \text{ mm} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

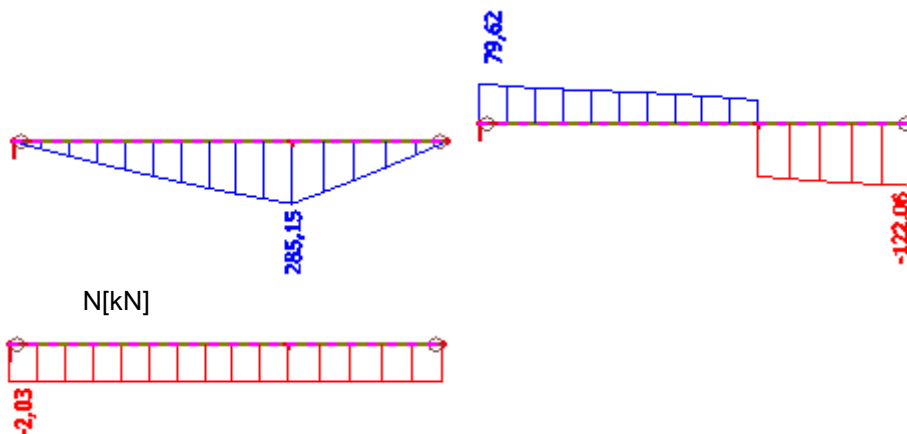
stropnice v místě sloupu pole 2																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $Y_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $Y_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x550</p> <p>Rozměry: Výška průřezu $h = 550,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table border="0"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table border="0"> <tr><td>$N = -5,000$ kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 175,000$ kNm</td><td>$V_y = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 90,000$ kN</td><td></td></tr> </table>		$N = -5,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 175,000$ kNm	$V_y = 0,000$ kN	$V_z = 90,000$ kN																									
$N = -5,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 175,000$ kNm	$V_y = 0,000$ kN																														
$V_z = 90,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Se vzpěrem se nepočítá</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -5,000$ kN; $M_y = 175,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 90,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_{Rd} = 777125,888$ kN; $M_{y,Rd} = -182,272$ kNm $0,000 + -0,960 + 0,000 = -0,960 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{Rd} = 110,059$ kN $0,818 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 109,1</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

V poli 3 je stropnice pod sloupy zvětšena na rozměr 200x 600 mm, z lepeného lamelového dřeva GL28h. Spolupůsobící šířka betonové desky je pouze 200 mm, proto vliv spolupůsobení není zohledněn při posouzení. Stropnice je po celé délce zajištěna proti vzpěru a klopení. Délka prvku je 7000 mm.

Vnitřní síly dle MSÚ

M_y [kNm]

V_z [kN]



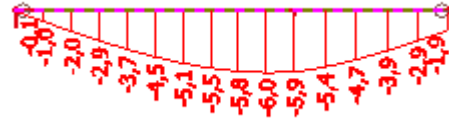
Návrh

stropnice pod sloupy v poli 2 je navržena průřezu 240x 600 mm z dřeva GL32h. S betonovou deskou je stropnice sprážena vruty VB 48 – 7,5/160 provedeny ve 3 řadách zašroubovány pod úhlem 45°, rozteč vrutů je 30 mm.

deformace dle MSP

uz1[mm] – od stálého zatížení

uz2[mm] – od užitého zatížení



průhyb samotného prvku
 $u_{z1} = 15,8 - 5,2 = 10,6 \text{ mm}$

$u_{z2} = 6,0 - 1,9 = 4,1 \text{ mm}$

Posouzení průhybu

svislý průhyb $w_{lim} = l/300 = 7000/300 = 23 > (10,6 + 4,1) = 14,7 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

průhyb po dotvarování – $k_{def} = 0,6$, součinitel ψ_2 pro užité zatížení 0,6.

průhyb po dotvarování

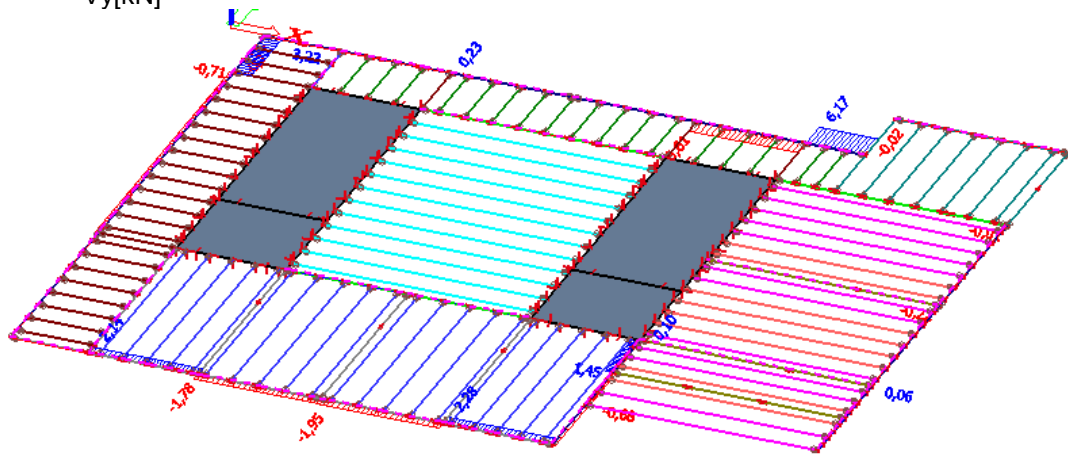
$u_{fin} = u_{z1} \cdot (1 + k_{def}) + u_{z2} \cdot (1 + \psi_2 k_{def}) = 10,6 \cdot (1 + 0,6) + 4,1 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,6) = 22,6 \text{ mm}$

$u_{fin} < l/200 = 7000/200 = 35,0 > 22,6 \text{ mm}$

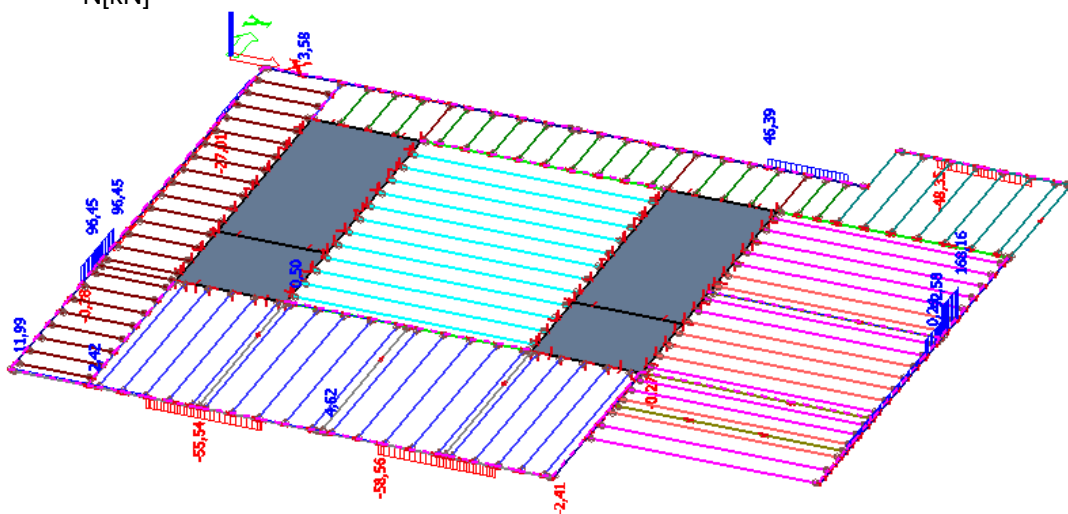
Vyhovuje

stropnice v místě sloupu pole 3																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 240x640 Rozměry: Výška průřezu $h = 640,0 \text{ mm}$ Šířka průřezu $b = 240,0 \text{ mm}$</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table border="0"> <tr> <td>Pevnost v ohybu</td> <td>$f_{m,k}$</td> <td>: 28,0 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td> <td>$f_{t,0,k}$</td> <td>: 22,4 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td> <td>$f_{c,0,k}$</td> <td>: 28,0 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost ve smyku</td> <td>$f_{v,k}$</td> <td>: 3,5 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td> <td>$f_{t,90,k}$</td> <td>: 2,5 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td> <td>$f_{c,90,k}$</td> <td>: 0,5 MPa</td> </tr> <tr> <td>Modul pružnosti</td> <td>$E_{0,mean}$</td> <td>: 12600 MPa</td> </tr> <tr> <td>5% kvantil modulu pružnosti</td> <td>$E_{0,05}$</td> <td>: 10500 MPa</td> </tr> <tr> <td>Modul pružnosti ve smyku</td> <td>G_{mean}</td> <td>: 650 MPa</td> </tr> <tr> <td>Charakteristická hodnota hustoty</td> <td>ρ_k</td> <td>: 425,0 kg/m³</td> </tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table border="0"> <tr> <td>$N = -2,000 \text{ kN}$</td> <td>$M_z = 0,000 \text{ kNm}$</td> </tr> <tr> <td>$M_y = 290,000 \text{ kNm}$</td> <td>$V_y = 0,500 \text{ kN}$</td> </tr> <tr> <td>$V_z = 125,000 \text{ kN}$</td> <td></td> </tr> </table>	$N = -2,000 \text{ kN}$	$M_z = 0,000 \text{ kNm}$	$M_y = 290,000 \text{ kNm}$	$V_y = 0,500 \text{ kN}$	$V_z = 125,000 \text{ kN}$		<p>Vzpěr: Se vzpěrem se nepočítá</p> <p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																								
$N = -2,000 \text{ kN}$	$M_z = 0,000 \text{ kNm}$																														
$M_y = 290,000 \text{ kNm}$	$V_y = 0,500 \text{ kN}$																														
$V_z = 125,000 \text{ kN}$																															
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -2,000 \text{ kN}$; $M_y = 290,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$; $V_z = 125,000 \text{ kN}$; $V_y = 0,500 \text{ kN}$</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_{Rk} = 3788161,155 \text{ kN}$; $M_{y,Rk} = -293,601 \text{ kNm}$ $0,000 + -0,988 + 0,000 = -0,988 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{Rk} = 153,682 \text{ kN}$ $0,813 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 98,1</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

Vy[kN]



N[kN]



Návrh prvků

Průvlaky jsou číslovány dle obrázku výše.

průvlek P1 je navržen z průřezu 240 x 550 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h

průvlek P2, P3 je navržen z průřezu 240 x 450 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h

průvlek P4, P5, P6 je navržen z průřezu 240 x 650 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h

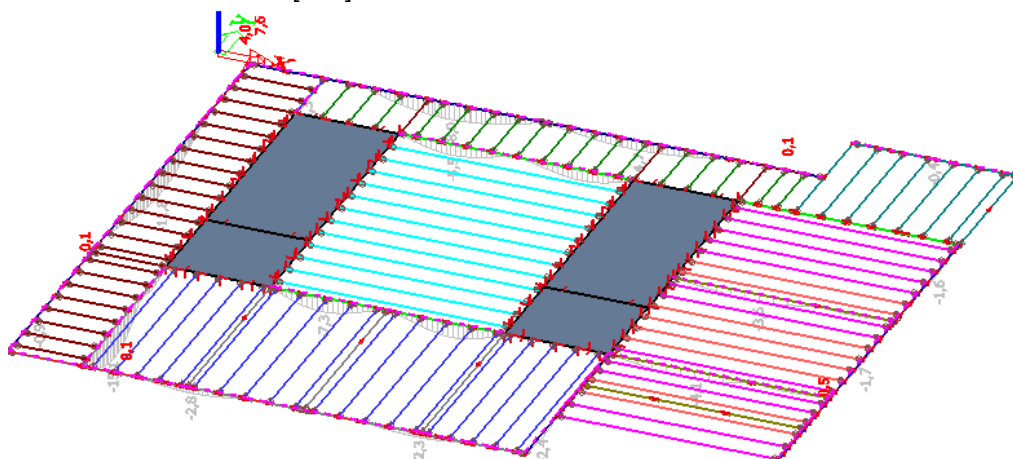
průvlek P7 je navržen z průřezu 200 x 260 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h

průvlek P9, P10 je navržen z průřezu 200 x 440 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h

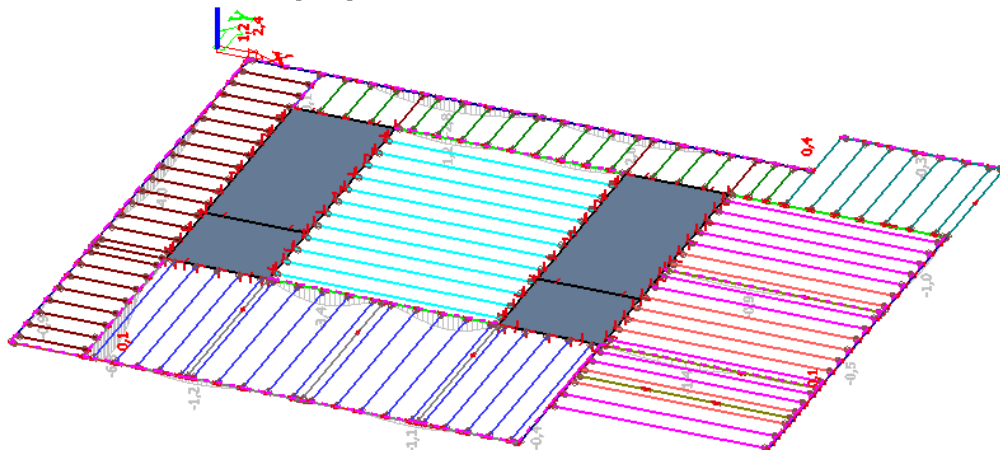
průvlek P1, P12, P13 je navržen z průřezu 200 x 400 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h

průvlek P14 je navržen z průřezu 200 x 450 mm z lepeného lamelového dřeva GL28h

deformace dle MSP
 u_z – od stálého zatížení [mm]



u_z – od užitého zatížení [mm]



Posouzení průhybu
uvažované hodnoty $k_{def}=0,6$, $\psi_2=0,6$ (pro užité zat. kategorie C), posouzení je součástí tabulky

Posouzení vnitřních sil
Posouzení prvků je provedeno v tabulce níže. Třída provozu 1, trvání zatížení je střednědobé. Prvky jsou zajištěny proti klopení a vzpěru. Průvlak 8 je posouzen zvlášť.

Dřevor:	GL28h	$\beta =$	0,1	$l_{ef}/l_{a} =$	0,9	$k_{cr} =$	0,67	$k_{m} =$	0,7
$k_{mod} =$	0,8	$\gamma_x =$	1,25						

tlak			ohyb			tah			smyk				
$f_c, 0,k =$	28 Mpa	$f_{m,k} =$	28 Mpa	$f_{t,0,k} =$	22,4 Mpa	$f_{v,0,k} =$	3,5 Mpa	$f_{c,0,d} =$	17,9 Mpa	$f_{t,0,d} =$	14,3 Mpa	$f_{v,0,d} =$	2,2 Mpa

Průřezové charakteristiky:

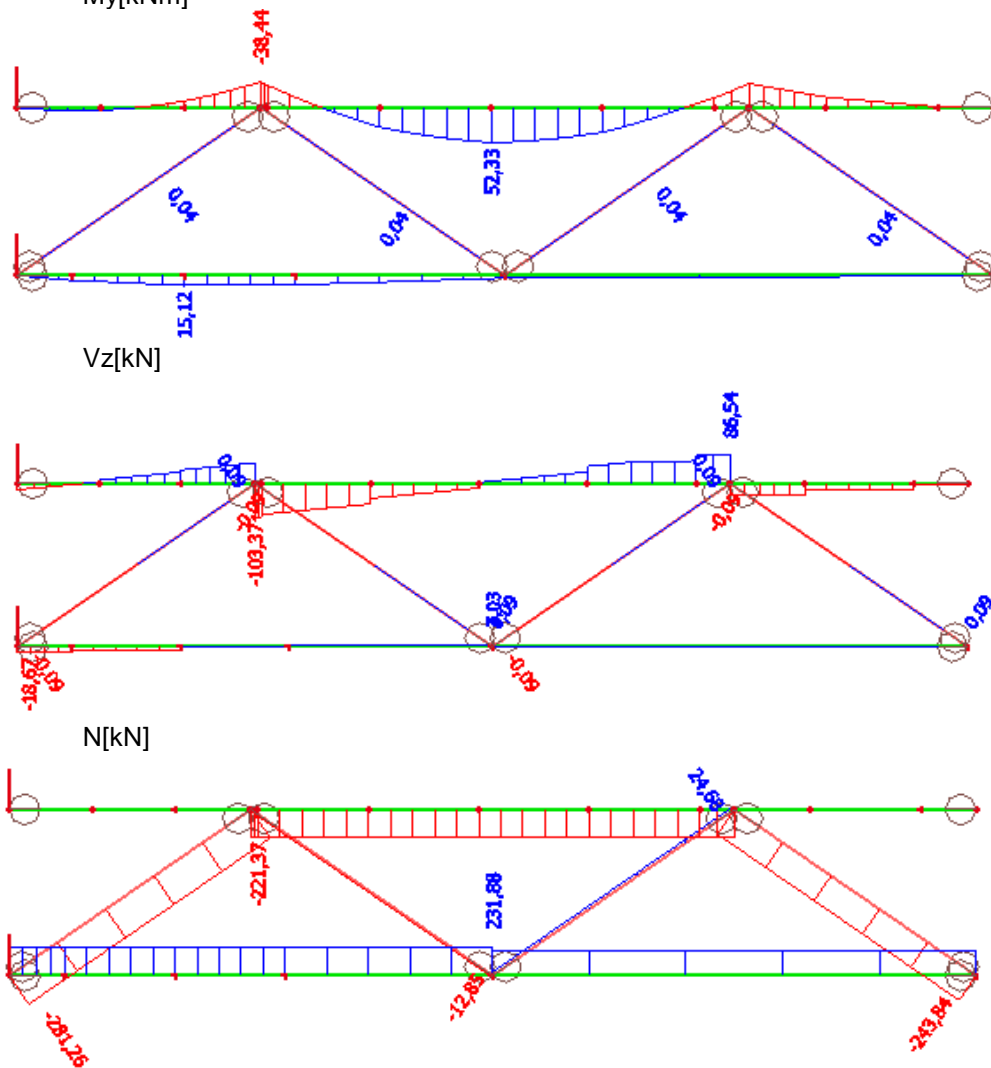
Průřez	plocha $A[mm^2]$	moment setrvačnosti $I_y[mm^4]$	průřezový modul $W_y[mm^3]$	vzpěrná délka		štitlost prutu		kritická napětí $\sigma_{c,crs}[MPa]$	relativní štitlost $\lambda_{rel,y}$	součinitel vzpěru		Klopná délka [mm]	krit. napětí v štitlost $\sigma_{m,crs}[Mpa]$	součinitel klopení krit								
				$l_z[mm]$	$l_y[mm]$	λ_y	λ_z			kz	ky											
překlad P1	240	50	132000	3,33E+09	6,34E+08	1,21E+07	5,28E+06	3700	800	23,30	11,55	190,8	777,2	0,38	0,19	0,58	1,00	800	1191,27	0,15	1,00	
překlad P2	240	450	108000	1,82E+09	5,18E+08	8,10E+06	4,32E+06	2000	800	15,40	11,55	437,2	777,2	0,25	0,19	0,53	1,00	800	1331,20	0,15	1,00	
překlad P3	240	450	108000	1,82E+09	5,18E+08	8,10E+06	4,32E+06	2000	800	15,40	11,55	437,2	777,2	0,25	0,19	0,53	1,00	800	1331,20	0,15	1,00	
překlad P4	240	650	156000	5,49E+09	7,49E+08	1,69E+07	6,24E+06	2000	800	10,66	11,55	912,2	777,2	0,18	0,19	0,51	1,00	800	921,60	0,17	1,00	
překlad P5	240	650	156000	5,49E+09	7,49E+08	1,69E+07	6,24E+06	2000	800	10,66	11,55	912,2	777,2	0,18	0,19	0,51	1,00	800	921,60	0,17	1,00	
překlad P6	240	650	156000	5,49E+09	7,49E+08	1,69E+07	6,24E+06	2000	800	10,66	11,55	912,2	777,2	0,18	0,19	0,51	1,00	800	921,60	0,17	1,00	
překlad P7	200	260	52000	2,93E+08	1,73E+08	2,25E+06	1,73E+06	5200	800	69,28	13,86	21,6	539,7	1,14	0,23	1,19	0,52	1,00	800	1600,00	0,13	1,00
překlad P9	240	440	105600	1,70E+09	5,07E+08	7,74E+06	4,22E+06	5000	800	39,36	11,55	66,9	777,2	0,65	0,19	0,73	1,00	800	1361,45	0,14	1,00	
překlad P10	240	440	105600	1,70E+09	5,07E+08	7,74E+06	4,22E+06	3700	800	29,13	11,55	122,1	777,2	0,48	0,19	0,62	1,00	800	1361,45	0,14	1,00	
překlad P11	200	400	80000	1,07E+09	2,67E+08	5,33E+06	2,67E+06	5000	800	43,30	13,86	55,3	539,7	0,71	0,23	0,77	1,00	800	1040,00	0,16	1,00	
překlad P12	200	400	80000	1,07E+09	2,67E+08	5,33E+06	2,67E+06	6500	800	56,29	13,86	32,7	539,7	0,93	0,23	0,96	1,00	800	1040,00	0,16	1,00	
překlad P13	200	400	80000	1,07E+09	2,67E+08	5,33E+06	2,67E+06	6500	800	56,29	13,86	32,7	539,7	0,93	0,23	0,96	1,00	800	1040,00	0,16	1,00	
překlad P14	200	450	90000	1,52E+09	3,00E+08	6,75E+06	3,00E+06	6500	800	50,04	13,86	41,4	539,7	0,82	0,23	0,86	1,00	800	924,44	0,17	1,00	

Posouzení průřezu na vnitřní síly:

Kombinace	tah		normálové síly		tlak		smyk		ohyb		smyk		ohyb		kombinace tahu s ohybem		kombinace tlaku s ohybem		kombinace tlaku s ohybem		Průhyb		
	$N_{ed}[kN]$	$\sigma_{c,ed}[Mpa]$	$N_{ed}[kN]$	$\sigma_{c,ed}[Mpa]$	$N_{ed}[kN]$	$\sigma_{c,ed}[Mpa]$	$V_{ed}[kN]$	$\tau_{ed}[kN]$	$f_{v,d}[MPa]$	$M_y[kNm]$	$\sigma_{m,y}[Mpa]$	$M_z[kNm]$	$\sigma_{m,z}[Mpa]$	M_y,M_z	M_y,M_z	okamžitý průhyb[mm]	vyhovuje	kombinace tlaku s ohybem My,Mz	vyhovuje	okamžitý průhyb[mm]	vyhovuje	w/lm L/300	w/lm L/200
překlad P1	0	0,000	0	0,000	0	0,000	125	2,12	2,2	0,95	90,00	7,4	0,0	0,0	0,29	0,29	0,17	Vyhovuje	10,7	12,3	16,3	18,5	7,3
překlad P2	15	0,139	-60	0,556	95	1,97	2,2	0,88	50,00	6,2	1,6	0,34	7	1,6	0,34	0,36	0,15	Vyhovuje	3,7	6,7	5,7	10,0	2,6
překlad P3	0	0,000	-60	0,556	95	1,97	2,2	0,88	50,00	6,2	1,9	0,34	8	1,9	0,34	0,38	0,15	Vyhovuje	3,5	6,7	5,3	10,0	2,4
překlad P4	0	0,000	-5	0,032	155	2,22	2,2	0,99	200,00	11,8	5	0,8	0,51	0,8	0,51	0,44	0,44	Vyhovuje	2,7	6,7	4,2	10,0	2,3
překlad P5	120	0,769	0	0,000	130	1,87	2,2	0,83	120,00	7,1	5	0,8	0,32	0,8	0,32	0,16	0,16	Vyhovuje	2,7	16,7	4,2	25,0	2,1
překlad P6	150	0,962	0	0,000	20	0,29	2,2	0,13	60,00	3,6	0	0,0	0,21	0,0	0,21	0,14	0,04	Vyhovuje	3	16,7	4,5	25,0	1,9
překlad P7	0	0,000	55	1,058	35	1,51	2,2	0,67	20,00	8,9	0	0,0	0,35	0,0	0,35	0,41	0,30	Vyhovuje	1,6	17,3	2,4	26,0	0,9
překlad P9	45	0,426	0	0,000	50	1,06	2,2	0,47	65,00	8,4	2	0,5	0,38	0,5	0,38	0,35	0,22	Vyhovuje	6,9	16,7	10,6	25,0	4,9
překlad P10	0	0,000	-10	0,095	60	1,27	2,2	0,57	120,00	15,5	0	0,0	0,61	0,0	0,61	0,75	0,75	Vyhovuje	12	12,3	18,5	18,5	9
překlad P11	0	0,000	0	0,000	70	1,96	2,2	0,87	55,00	10,3	0	0,0	0,40	0,0	0,40	0,33	0,33	Vyhovuje	6,7	16,7	10,4	25,0	5,5
překlad P12	95	1,188	-25	0,313	60	1,68	2,2	0,75	90,00	16,9	3	1,1	0,80	0,0	0,80	0,74	0,90	Vyhovuje	14,8	21,7	22,8	32,5	11,1
překlad P13	94	1,175	0	0,000	50	1,40	2,2	0,62	50,00	9,4	0	0,0	0,45	0,0	0,45	0,37	0,27	Vyhovuje	1,8	21,7	2,7	32,5	0,9
překlad P14	0	0,000	0	0,000	85	2,11	2,2	0,94	110,00	16,3	0	0,0	0,64	0,0	0,64	0,83	0,83	Vyhovuje	11,7	21,7	17,9	32,5	8,1

Vnitřní síly dle MSÚ – na průvlaku P8

Průvlak P8 je navržen kvůli úspoře dřeva jako příhradový. V případě použití obdélníkového průřezu by musel mít prvek rozměry 200x 900 mm, z dřeva GL28h. My[kNm]

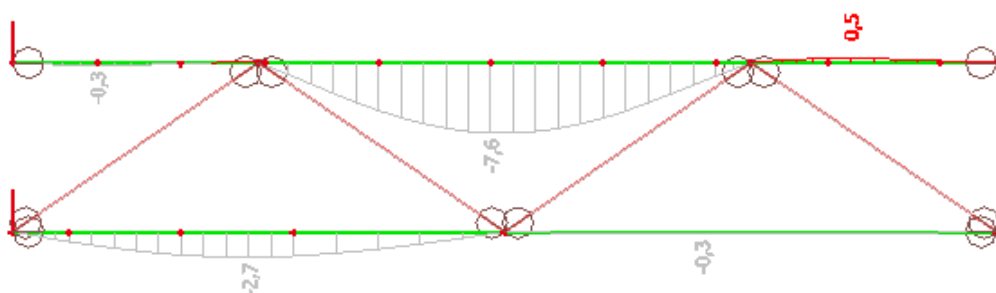


Návrh

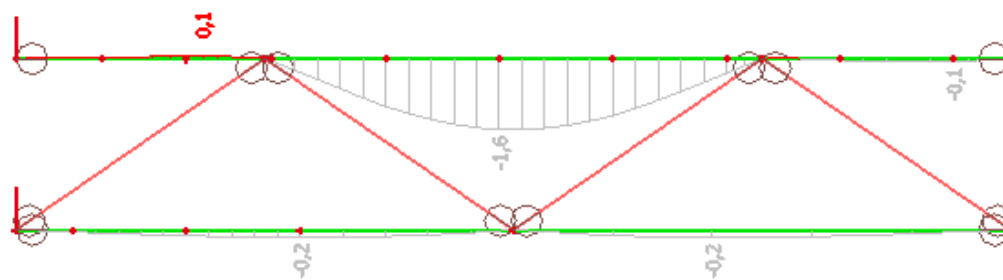
průvlak P8 je navržen jako příhradový nosník. Všechny části jsou nosníku z lepeného lamelového dřeva GL 28h. Horní pás je z průřezu 200x 400 mm, spodní pás je z průřezu 200x 300 mm Diagonály dělí nosník na dvě shodná pole. Průřez diagonál je 160x160 mm. Nosník je uložen na spodní pás.

deformace dle MSP

u_z – od stálého zatížení [mm]



u_z – od užitého zatížení [mm]



Posouzení průhybu

horní pás

$$w_{lim} = l/300 = 3500/300 = 11,6 > (7,6+1,6) = 9,2 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

průhyb po dotvarování – $k_{def} = 0,6$, součinitel ψ_2 pro užité zatížení 0,6.

průhyb po dotvarování

$$u_{fin} = u_{z,1} \times (1 + k_{def}) + u_{z,2} \times (1 + \psi_2 k_{def}) = 7,6 \times (1 + 0,6) + 1,6 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = 14,3 \text{ mm}$$

$$u_{fin} < l/200 = 3500/200 = 17,5 > 14,3 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Dřevoc:	GL28h	$\beta =$	0,1	$l_{ef}/l_a =$	0,9	$k_{cr} =$	0,67	$k_{m} =$	0,7
$k_{mod} =$	0,8	$\gamma_w =$	1,25						

		tlak		ohyb		tah		smyk	
$f_c,0,k =$	28 Mpa	$f_m,k =$	28 Mpa	$f_t,0,k =$	22,4 Mpa	$f_v,0,k =$	3,5 Mpa	$f_{v,0,d} =$	2,2 Mpa
$f_{c,0,d} =$	17,9 Mpa	$f_{m,d} =$	17,9 Mpa	$f_{t,0,d} =$	14,3 Mpa				

Průřezové charakteristiky:

Průřez	plocha $A [mm^2]$	moment setrvačnosti $I_y [mm^4]$	průřezový modul $W_y [mm^3]$	vzpěrná délka $L_z [mm]$	štíhlost prutu		kritické napětí $\sigma_{c,cr,t,y} [MPa]$	relativní štíhlost		soudčinitel vzpěru kc,z	klopná délka mm	krit. napětí v štíhlost $\sigma_{m,cr,t} [MPa]$	soudčinitel klopení kcr,t	
					λ_y	λ_z		$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,z}$					ky
horní pás	400	$1,07E+09$	$2,67E+08$	3500	7000	30,31	121,24	7,0	0,50	1,99	0,24	800	1137,50	0,16
diagonála	160	25600	$5,46E+07$	2150	2150	46,55	46,55	47,8	0,77	0,82	0,91	800	1664,00	0,13
spodní pás	200	60000	$4,50E+08$	3500	7000	40,41	121,24	7,0	0,66	1,99	0,24	800	1386,67	0,14

Posouzení průřezu na vnitřní síly:

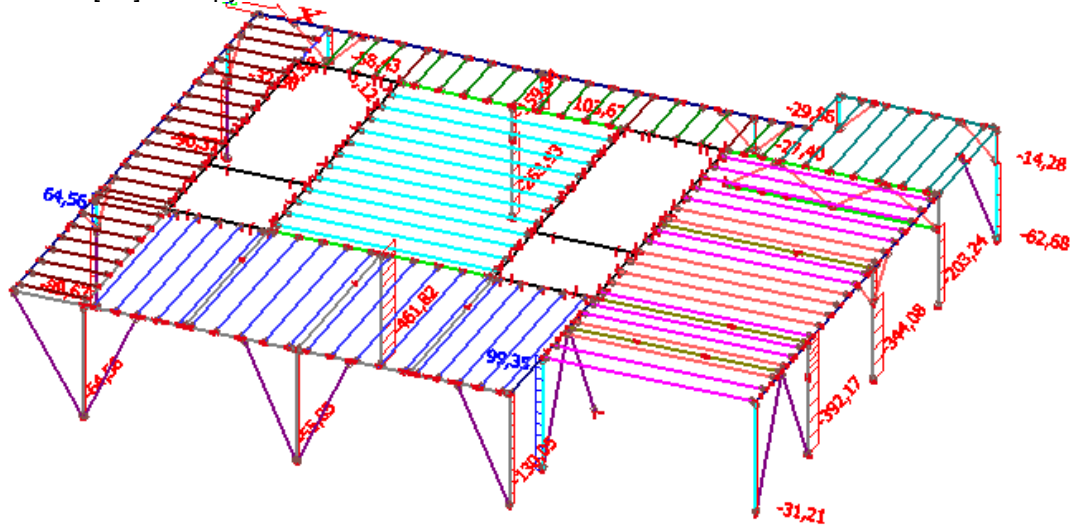
Kombinace	normálové síly										smyk		ohyb		soudčinitel		
	tah		tlak		smyk		ohyb		smyk		ohyb		Průhyb		us		
	$N_{ed} [kN]$	$\sigma_{s,ed} [MPa]$	$N_{ed} [kN]$	$\sigma_{c,0,d} [MPa]$	$V_{ed} [kN]$	$\tau_{ed} [kN]$	$V_{ed} [kN]$	$M_z [kNm]$	$\sigma_{m,1} [MPa]$	$M_y [kNm]$	$\sigma_{m,2} [MPa]$	$M_z [kNm]$	okamžitý průhyb [mm]	dlouhodobý průhyb [mm]	wlim L/300	wlim L/200	
MSÚ	0	0,000	-225	2,813	110	1,87	2,2	0,83	55,00	0	0,0	0	7,3	11,7	11,7	17,5	7,3
diagonála	0	0,000	-285	11,133	0	0,00	2,2	0,00	0,00	0	0,0	0	2,6	7,2	4,2	10,8	2,6
spodní pás	240	4,000	0	0,000	20	0,75	2,2	0,33	20,00	8	4,0	6,7	2,4	11,7	3,8	17,5	2,4

Sloupy a diagonály

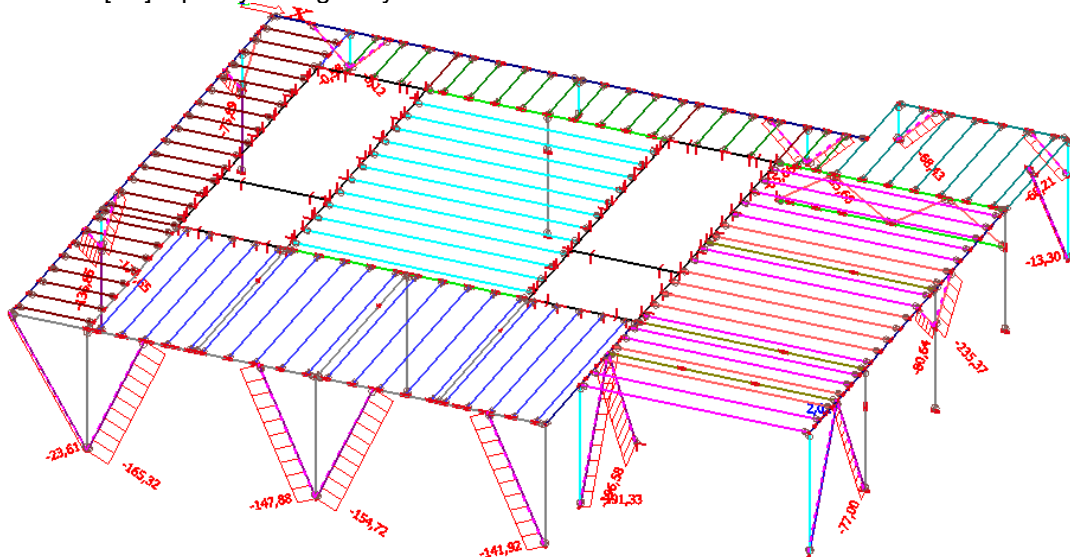
Sloupy jsou na vršeny vždy na výšku 1 patra, v patě a v čele jsou uloženy kloubově.

Vnitřní síly dle MSÚ

N[kN] - sloupy



N[kN] – pásy a diagonály



Návrh prvků

sloupy mezi 2.NP a 3.NP jsou navrženy průřezu 200 x 400 mm z dřeva GL24h

sloupy podpírající mezipatro jsou navrženy průřezu 140 x 140 mm z dřeva GL24h

diagonály jsou navrženy průřezu 200 x 200 mm z dřeva GL24h

pásy jsou navrženy průřezu 140 x 140 mm z dřeva GL24h

Požární posouzení sloupu

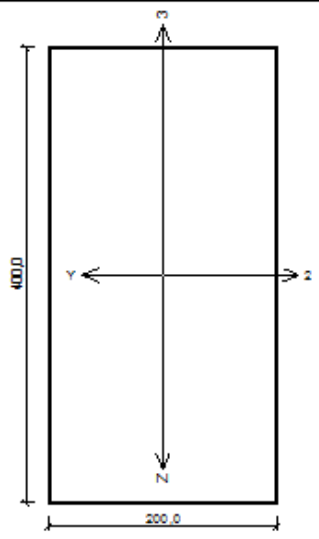
Sloupy jsou jediná část nosné konstrukce, která je přímo vystavena požáru. Ostatní konstrukce jsou zakryty konstrukcemi, které zajistí požadovanou požární odolnost 60 minut. Zatížení sloupu při požáru je určeno v čase $t=0$, kdy je použit redukční součinitel účinku zatížení η . Hodnota součinitel η je určena dle normy EN 1991-1-2:2002. Norma pro zjednodušení doporučuje hodnotu pro prostory citlivé na hromadění zboží nebo lidí $\eta=0,7$. Uvažované hodnoty zatížení při požáru:

$$N = 0,7 \times -475 = -333 \text{ kN}$$

Účinky požáru spočteny metodou redukovaného průřezu. Výpočet proveden v programu FINE v5.

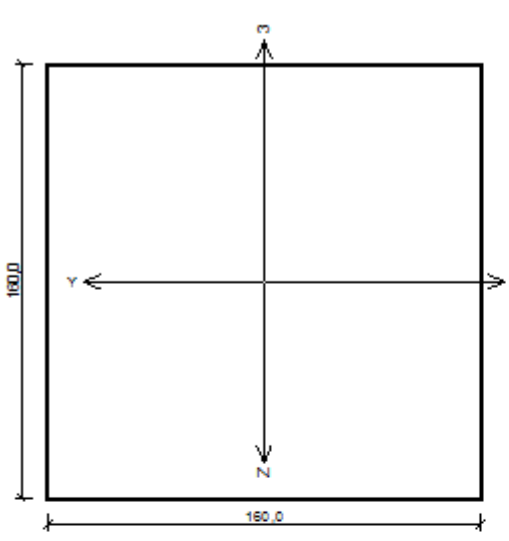
Posouzení

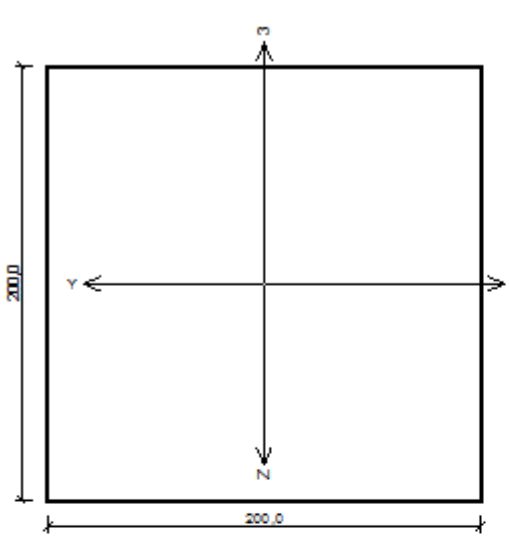
Sloupy a diagonály nejsou zajištěny proti vybočení. Vzpěrná délka pro sloupy je 4,0 m, sloupy vedlejší osy 4,0 m, diagonály 4,3 m a pásy 1,7 m. Třída prostředí je 1, doba trvání zatížení je střednědobá. Prvky posouzeny v programu FINE v5.

sloup 2.NP-3.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x400 Rozměry: Výška průřezu $h = 400,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL24h - lepené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="font-size: small;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 19,2 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11500 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 9600 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 385,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 19,2 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 24,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11500 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 9600 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 385,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 19,2 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11500 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 9600 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 385,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table style="font-size: small; width: 100%;"> <tr><td>$N = -475,000$ kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$V_z = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_y = 0,000$ kN</td><td></td></tr> </table>		$N = -475,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																									
$N = -475,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN																														
$V_y = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_{cr,z} = 4,000$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 4,000$ m Délka úseku pro vzpěr $L_{cr,y} = 4,000$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,000$ m</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -475,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_{cr} = 837,212$ kN $-0,567 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 69,3 Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

sloupy na účinky požáru jsou navrženy průřezu 220x 500 mm z dřeva GL24h
 Průřez není chráněn proti účinkům žádným materiálem, průřez je vystaven přímo požáru ze všech stran.

sloup 2.NP - 3.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-2/Česko</p> <p>Spolehlivost dřeva při požáru : $\gamma_{M,fi} = 1,000$</p> <p>Průřez: obdélník 220x500 Rozměry: Výška průřezu $h = 500,0$ mm Šířka průřezu $b = 220,0$ mm</p> <p>Materiál: GL24h - lepené Materiálové charakteristiky:</p> <table border="0"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 19,2 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11500 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 9600 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 385,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_{11} pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 19,2 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 24,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11500 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 9600 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 385,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 19,2 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11500 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 9600 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 385,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Mimořádné zatížení</p> <table border="0"> <tr><td>$N = -335,000$ kN</td><td></td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td></td><td>$V_z = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td></td><td></td></tr> </table>	$N = -335,000$ kN		$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm		$V_z = 0,000$ kN	$V_z = 0,000$ kN			<p>Požární detail: Nechráněný průřez, vystavený žáru ze všech stran</p>																					
$N = -335,000$ kN		$M_z = 0,000$ kNm																													
$M_y = 0,000$ kNm		$V_z = 0,000$ kN																													
$V_z = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 4,000$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 4,000$ m Délka úseku pro vzpěr $L_y = 4,000$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,000$ m</p>																															
<p>Výsledky posouzení Posouzení v čase požadované požární odolnosti $t = 60,0$ min: Metoda redukovaného průřezu Hloubka zuhelnatění $d_{char,fi} = 42,0$ mm Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -335,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_{R,t,fi} = 389,068$ kN $-0,861 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

sloup mezipatro 2.NP-3.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 160x160 Rozměry: Výška průřezu $h = 160,0$ mm Šířka průřezu $b = 160,0$ mm</p> <p>Materiál: C24 - jehličnaté Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 350,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_H pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>$N = -85,000$ kN</td><td>$M_x = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td>$V_y = 0,000$ kN</td></tr> </table>		$N = -85,000$ kN	$M_x = 0,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$M_z = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																								
$N = -85,000$ kN	$M_x = 0,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$M_z = 0,000$ kNm																														
$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																														
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $l_z = 4,000$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Délka úseku pro vzpěr $l_y = 4,000$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení</p> <p>Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -85,000$ kN; $M_x = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_R = 130,157$ kN $-0,653 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 86,6</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

diagonála 2.NP-3.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x200 Rozměry: Výška průřezu $h = 200,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: C24 - jehličnaté Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 350,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>$N = -200,000$ kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$V_z = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td>$V_y = 0,000$ kN</td></tr> </table>		$N = -200,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN	$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																								
$N = -200,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$V_z = 0,000$ kN																														
$V_z = 0,000$ kN	$V_y = 0,000$ kN																														
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $l_{cr,z} = 4,300$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Délka úseku pro vzpěr $l_{cr,y} = 4,300$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$</p> <p style="text-align: right;">Vzpěrná délka $l_{cr,z} = 4,300$ m Vzpěrná délka $l_{cr,y} = 4,300$ m</p>	<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -200,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_R = 260,629$ kN $-0,767 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 74,5</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

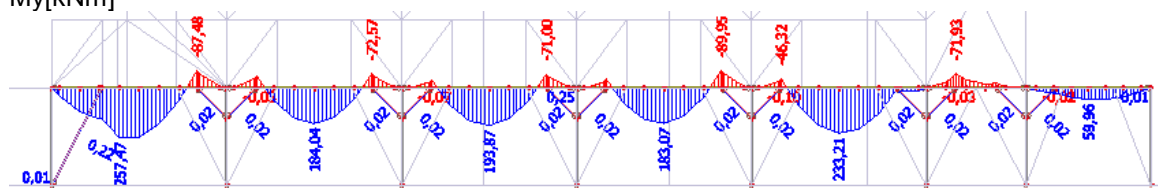
pásky 2.NP-3.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,300$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 140x140 Rozměry: Výška průřezu $h = 140,0$ mm Šířka průřezu $b = 140,0$ mm</p> <p>Materiál: C24 - Jehličnaté Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 350,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení N = -165,000 kN M_y = 0,000 kNm M_z = 0,000 kNm V_z = 0,000 kN V_y = 0,000 kN</p>																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr L_z = 1,700 m Součinitel vzpěrné délky k_z = 1,000 Vzpěrná délka L_{cr,z} = 1,700 m Délka úseku pro vzpěr L_y = 1,700 m Součinitel vzpěrné délky k_y = 1,000 Vzpěrná délka L_{cr,y} = 1,700 m</p>																															
<p>Klopení: S klopením se nepočítá</p>																															
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: N = -165,000 kN; M_y = 0,000 kNm; M_z = 0,000 kNm; V_z = 0,000 kN; V_y = 0,000 kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: N_{Rt} = 220,562 kN -0,748 < 1 Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 42,1</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

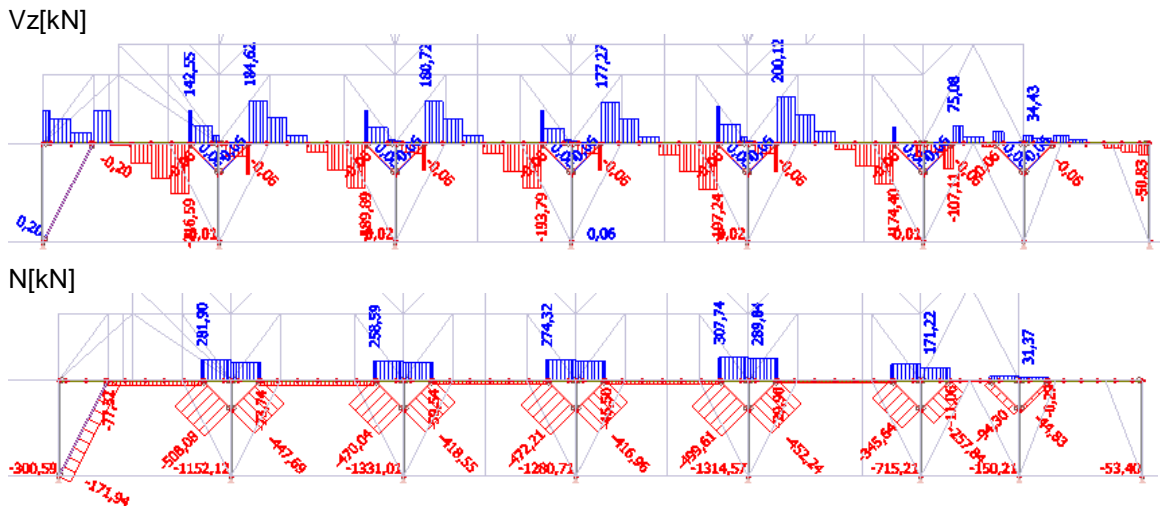
Průvlak stropu nad 1.NP

Posouzen je nejvíce namáhaný průvlak stropu nad 1.NP. Průvlaky s pásy popřípadě diagonály jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva. Průvlaky jsou uloženy mezi sloupy jako prosté nosníky podporovány diagonálami nebo pásy, které snižují rozpon průvlaku.. Průvlaky jsou po celé délce zajištěny proti klopení a vzpěru. Geometrie a vnitřní síly jsou zobrazeny níže. Posouzení má za úkol ověřit hodnoty z předběžného výpočtu.

Vnitřní síly dle MSÚ

M_y[kNm]



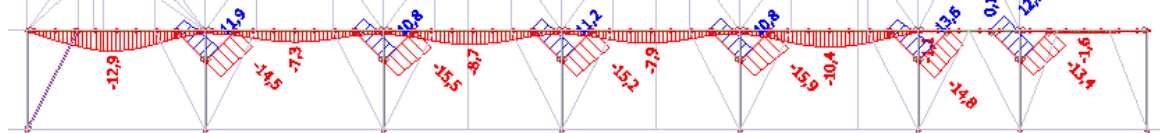


Návrh

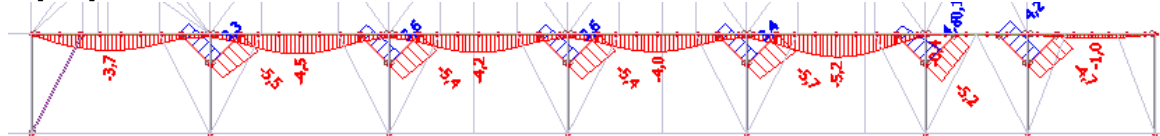
průvlak navržen průřezu 2x 180 x 700 mm z lepeného lamelového dřeva GL28 h
 pásy a diagonály navrženy průřezu 200x 180 mm z lepeného lamelového dřeva
 GL28h

Průhyb dle MSP

uz[mm] – od stálého zatížení



uz[mm] – od užitého zatížení



Posouzení průhybu

svislý průhyb $w_{lim} = l/300 = 7000/300 = 23,3 > (12,9 + 3,7) = 16,6 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

průhyb po dotvarování

$u_{fin} = u_{z1} \times (1 + k_{def}) + u_{z2} \times (1 + \psi_2 k_{def}) = 12,9 \times (1 + 0,6) + 3,7 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = 46,9/1,80 = 25,6 \text{ mm}$

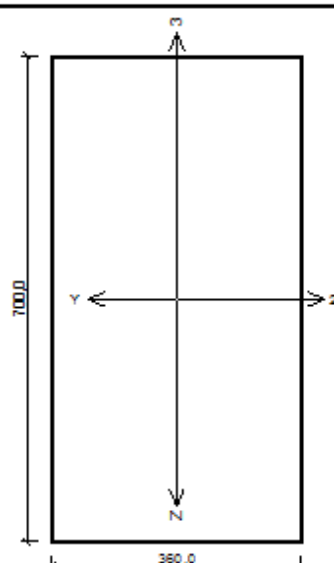
$l/200 > 7200/200 = 35,0 \text{ mm} > u_{fin} = 25,6 \text{ mm}$

Vyhovuje

Posouzení

průvlak je posouzen na kombinaci vnitřních sil $M_y = 260 \text{ kNm}$ (v poli), $M_y = -90 \text{ kNm}$ (nad podporou); $V_z = -220 \text{ kN}$; $N = 285 \text{ kN}$ (mezi páskami), $N = -80 \text{ kN}$ (v poli). Průvlak je zajištěn proti klopení od kladného momentu po celé délce, délka klopení od záporného momentu je 1,5 m.

pásy navrženy na sílu $N = -510 \text{ kN}$. Vzpěrná délka $L_y = L_z = 1,7 \text{ m}$. Prvky jsou osazeny v třídě prostředí 1, délka trvání zatížení je střednědobá.

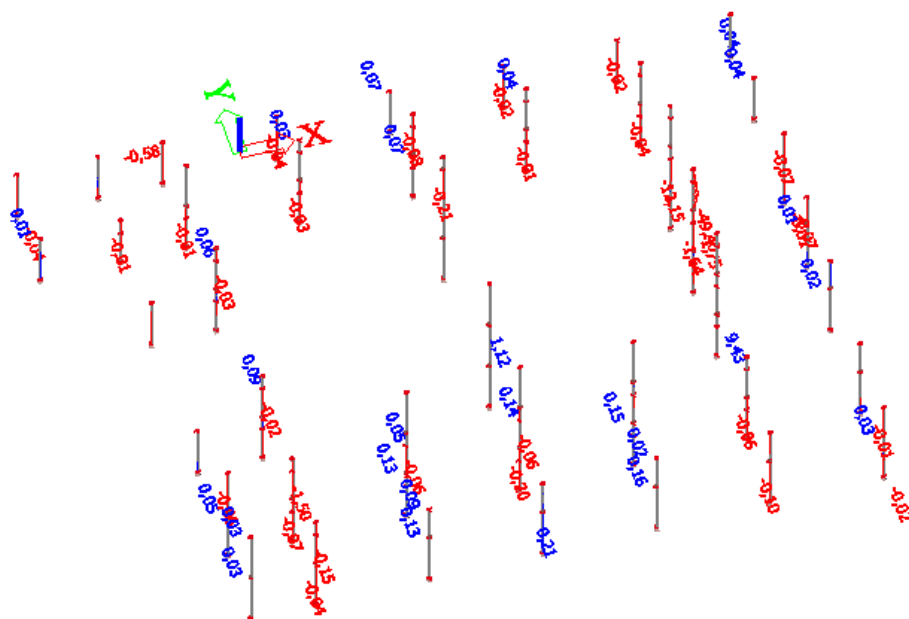
průvlak 1.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 360x700 Rozměry: Výška průřezu $h = 700,0$ mm Šířka průřezu $b = 360,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2 Střednědobé zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>$N = 258,000$ kN</td><td></td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = -90,000$ kNm</td><td></td><td>$V_y = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 220,000$ kN</td><td></td><td></td></tr> </table>		$N = 258,000$ kN		$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = -90,000$ kNm		$V_y = 0,000$ kN	$V_z = 220,000$ kN																							
$N = 258,000$ kN		$M_z = 0,000$ kNm																													
$M_y = -90,000$ kNm		$V_y = 0,000$ kN																													
$V_z = 220,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Se vzpěrem se nepočítá</p>	<p>Klopení: Klopení M_y: $l_{z1} = 1,500$ m Typ nosníku a zatížení: Nosník se spojitým zatížením Poloha zatížení: Uprostřed výšky Klopení M_z: $l_{y1} =$ Nezadáno Typ nosníku a zatížení: Nezadáno</p>																														
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2 Vnitřní síly: $N = 258,000$ kN; $M_y = -90,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 220,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tahu a ohybu: Únosnost: $N_R = 3612,672$ kN; $M_{y,R} = -526,848$ kNm $0,071 + 0,171 + 0,000 = 0,242 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_R = 252,134$ kN $0,873 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 67,4</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

pásy 1.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 160x200 Rozměry: Výška průřezu $h = 200,0$ mm Šířka průřezu $b = 160,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé Materiálové charakteristiky:</p> <table border="0"> <tr> <td>Pevnost v ohybu</td> <td>$f_{m,k}$</td> <td>: 28,0 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td> <td>$f_{t,0,k}$</td> <td>: 22,4 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td> <td>$f_{c,0,k}$</td> <td>: 28,0 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost ve smyku</td> <td>$f_{v,k}$</td> <td>: 3,5 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td> <td>$f_{c,90,k}$</td> <td>: 2,5 MPa</td> </tr> <tr> <td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td> <td>$f_{t,90,k}$</td> <td>: 0,5 MPa</td> </tr> <tr> <td>Modul pružnosti</td> <td>$E_{0,mean}$</td> <td>: 12600 MPa</td> </tr> <tr> <td>5% kvantil modulu pružnosti</td> <td>$E_{0,05}$</td> <td>: 10500 MPa</td> </tr> <tr> <td>Modul pružnosti ve smyku</td> <td>G_{mean}</td> <td>: 650 MPa</td> </tr> <tr> <td>Charakteristická hodnota hustoty</td> <td>ρ_k</td> <td>: 425,0 kg/m³</td> </tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_H pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table border="0"> <tr> <td>$N = -510,000$ kN</td> <td>$M_z = 0,000$ kNm</td> </tr> <tr> <td>$M_y = 0,000$ kNm</td> <td>$V_y = 0,000$ kN</td> </tr> <tr> <td>$V_z = 0,000$ kN</td> <td></td> </tr> </table>		$N = -510,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$V_y = 0,000$ kN	$V_z = 0,000$ kN																									
$N = -510,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$V_y = 0,000$ kN																														
$V_z = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr:</p> <p>Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_{cr,z} = 1,700$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 1,700$ m Délka úseku pro vzpěr $L_{cr,y} = 1,700$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 1,700$ m</p>																															
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -510,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_R = 547,753$ kN $-0,931 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 36,8</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

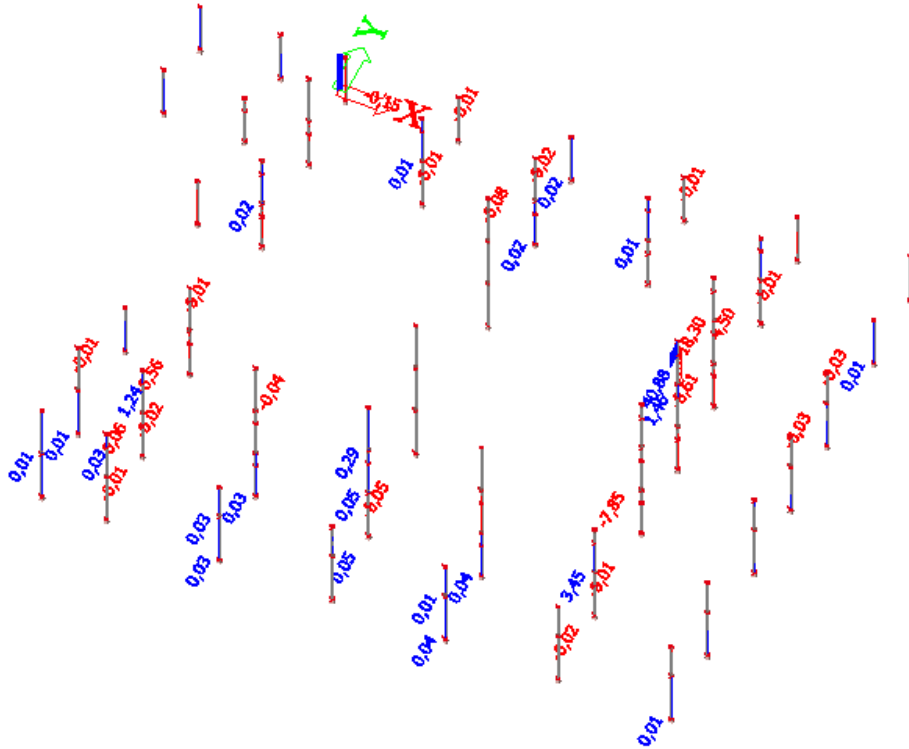
6.7. Návrh sloupu skeletu

Sloupy skeletu jsou celistvé, obdélníkového průřezu a jsou provedeny vždy na výšku jednoho patra. Vzpěrná délka ve směru měkčí osy je zmenšena pásy na 3,22 m, ve směru tužší osy je vzpěrná délka 4,42 m. Uložení sloupů je vždy uvažováno kloub x kloub. Nejprve jsou zobrazeny globální vnitřní síly a podrobně pak síly v posuzovaném prvku.

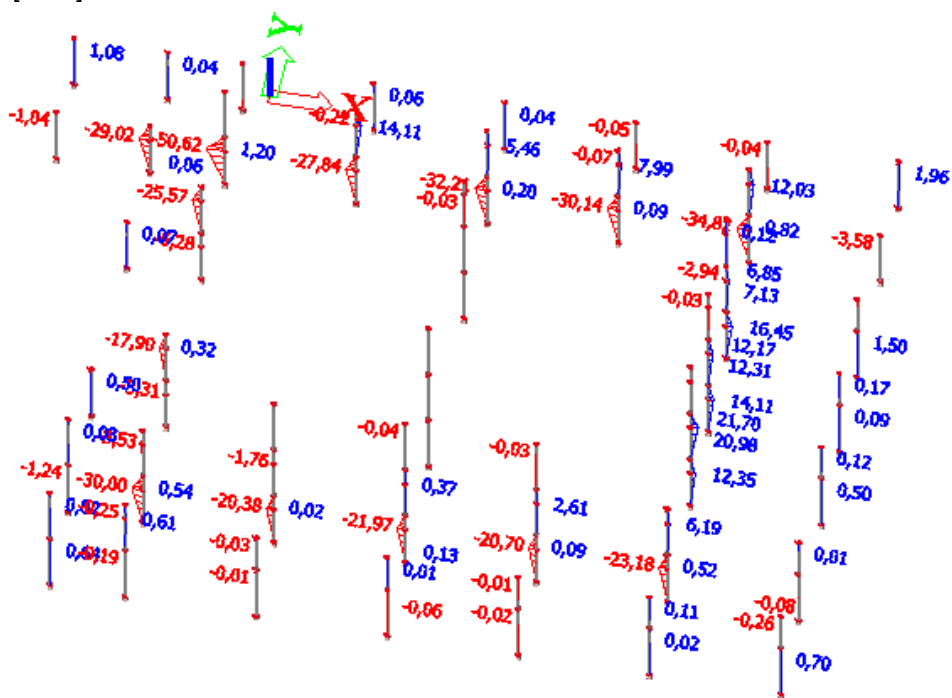
Vnitřní síly
My[kNm]



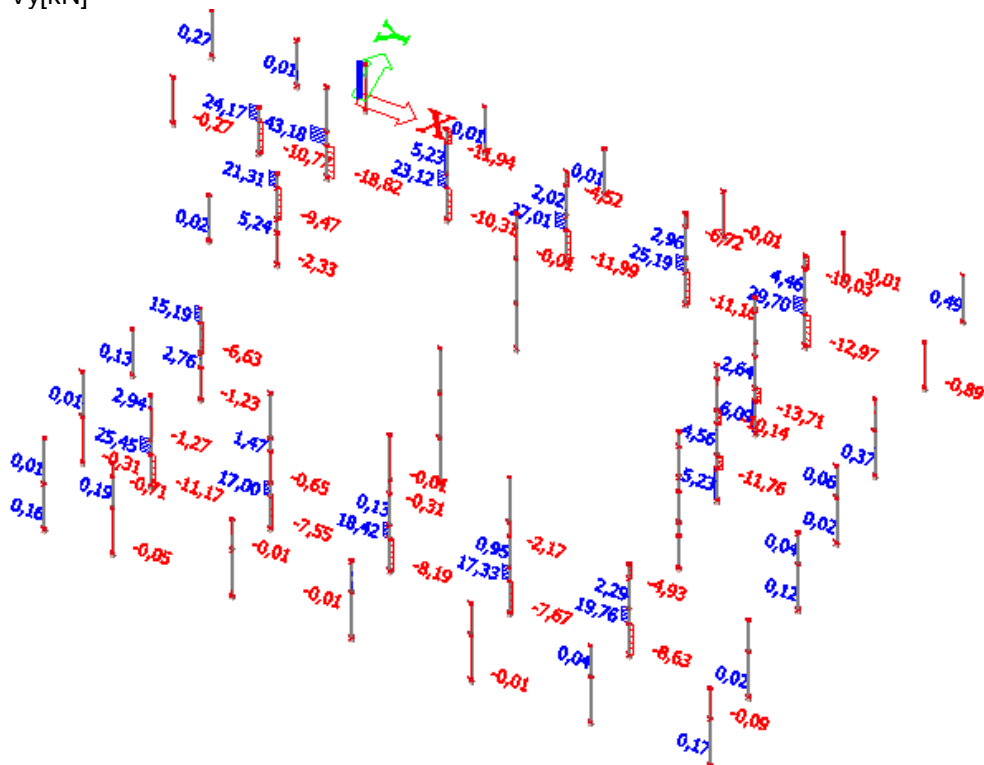
Vz[kN]



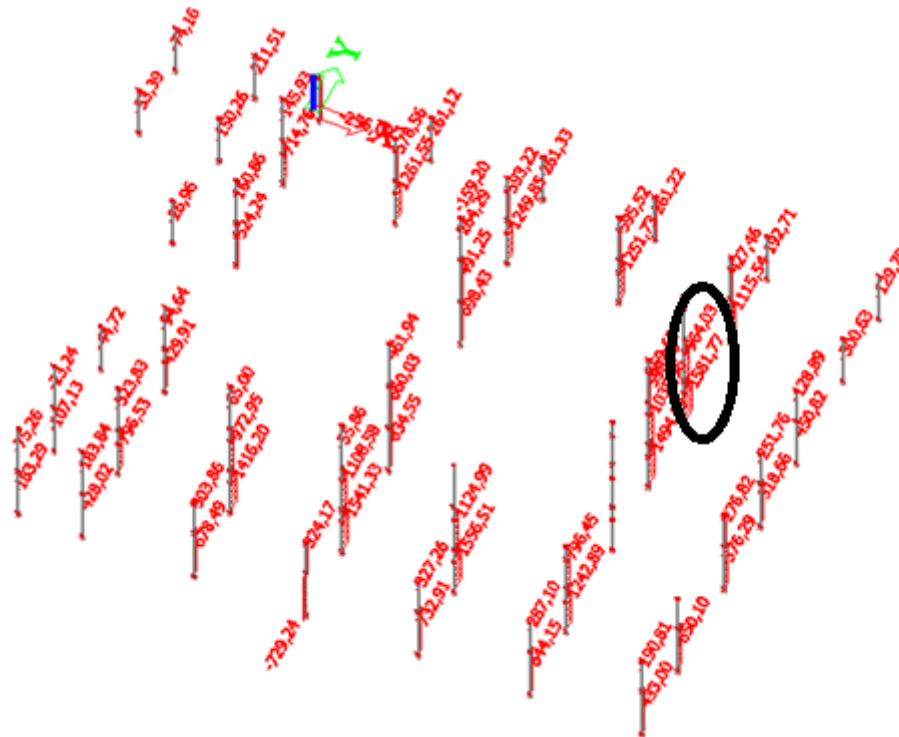
Mz[kNm]



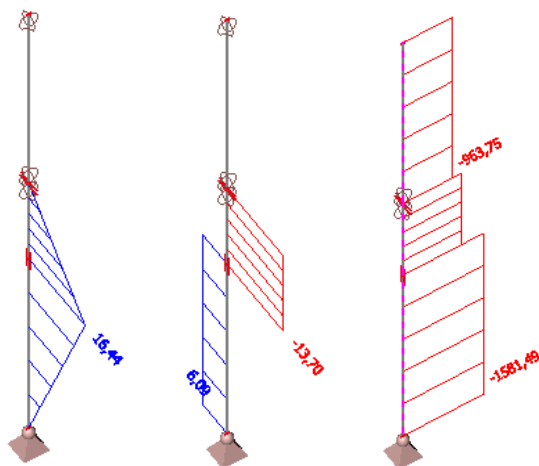
Vy[kN]



N[kN]
označený prvek s maximální hodnotou normálové síly



Vnitřní síly vybraného prvku
Mz[kN] Vy[kN] N[kN]



Návrh

Sloup navržen rozměru 200x 700 mm z lepeného lamelového dřeva GL32h

Posouzení

vzpěrná délka sloupu ve směru tužší osy je 4,42 m, ve směru měkčí osy je vzpěrná délka zkrácena pásky na délku 3,22 m. Prvek je osazen v třídě prostředí 1, délka trvání zatížení je střednědobá.

sloup 1.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 200x700</p> <p>Rozměry: Výška průřezu $h = 700,0$ mm Šířka průřezu $b = 200,0$ mm</p> <p>Materiál: GL32h - lepené Druh dřeva: roslé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 25,6 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 14200 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 11800 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 440,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_H pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 25,6 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Střednědobé zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>$N = -1585,000$ kN</td><td>$M_z = -17,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$V_y = 15,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td></td></tr> </table>		$N = -1585,000$ kN	$M_z = -17,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$V_y = 15,000$ kN	$V_z = 0,000$ kN																									
$N = -1585,000$ kN	$M_z = -17,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$V_y = 15,000$ kN																														
$V_z = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 3,220$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 3,220$ m Délka úseku pro vzpěr $L_y = 4,420$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,420$ m</p>																															
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -1585,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = -17,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 15,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_R = 2365,927$ kN; $M_{z,R} = 105,131$ kNm $-0,670 + 0,000 + -0,162 = -0,832 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_R = 140,075$ kN $0,107 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 55,8 Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

Požární posouzení sloupu

Sloupy jsou jediná část nosné konstrukce, která je přímo vystavena požáru. Ostatní části konstrukce jsou zakryty pomocnými konstrukcemi, které zajistí požadovanou požární odolnost 60 minut. Zatížení sloupu při požáru je určeno v čase $t=0$ a je použit redukční součinitel účinku zatížení η . Hodnota součinitele η je určena dle normy EN 1991-1-2:2002. Norma pro zjednodušení doporučuje hodnotu pro prostory citlivé na hromadění zboží, nebo lidí $\eta = 0,7$.

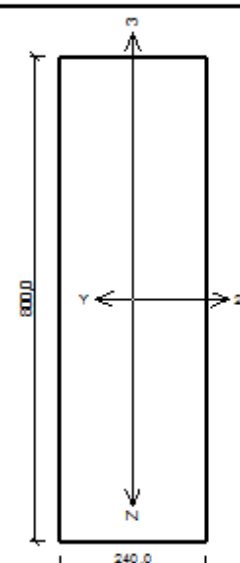
Uvažované hodnoty zatížení při požáru:

$$M_z = 0,7 \times 17,0 = 12,0 \text{ kNm}; \quad V_y = 0,7 \times 15 = 11,0 \text{ kN}, \quad N = 0,7 \times -1585,0 = -1110 \text{ kN}$$

Účinky požáru spočteny metodou redukovaného průřezu. Výpočet proveden v programu FINE v5.

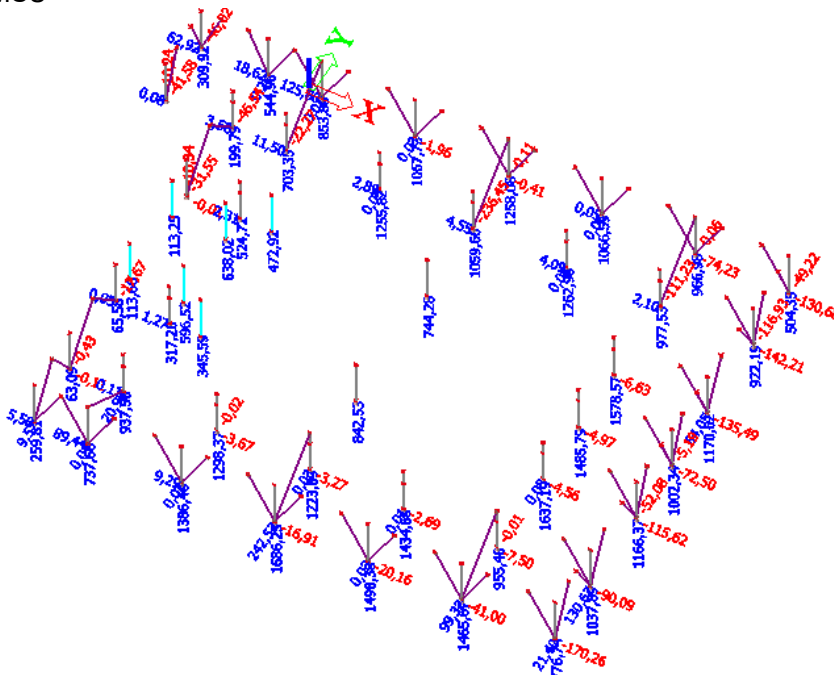
Návrh

Sloup navržený na účinky požáru má rozměry 240 x 800 mm z dřeva GL32h, prvek je navržen s požární odolností R60. Průřez není chráněn proti účinkům žádným materiálem, průřez je vystaven požáru ze všech stran.

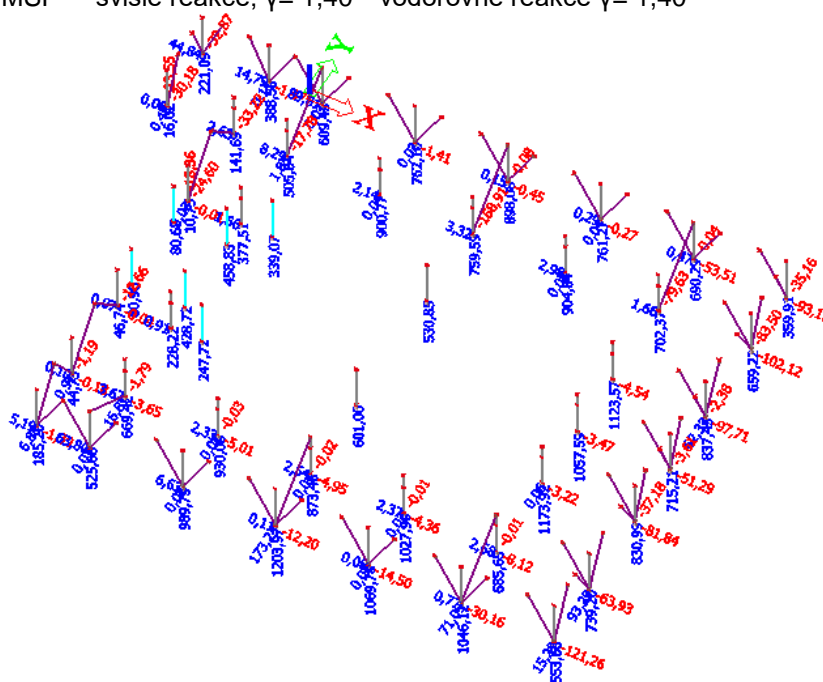
sloup 1.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-2/Česko.</p> <p>Spolehlivost dřeva při požáru : $\gamma_{M,fi} = 1,000$</p> <p>Průřez: obdélník 240x800</p> <p>Rozměry: Výška průřezu $h = 800,0$ mm Šířka průřezu $b = 240,0$ mm</p> <p>Materiál: GL32h - lepené</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{t,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{0,k}$</td><td>: 25,6 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{0,k}$</td><td>: 32,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 14200 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 11800 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 440,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_{11} pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{t,k}$: 32,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{0,k}$: 25,6 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{0,k}$: 32,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{t,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{0,k}$: 25,6 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{0,k}$: 32,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 14200 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 11800 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 440,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1 Mimořádné zatížení</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>$N = -1110,000$ kN</td><td>$M_z = -12,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$V_y = 11,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td></td></tr> </table>	$N = -1110,000$ kN	$M_z = -12,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$V_y = 11,000$ kN	$V_z = 0,000$ kN		<p>Požární detail: Nechráněný průřez, vystavený žáru ze všech stran</p>																								
$N = -1110,000$ kN	$M_z = -12,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$V_y = 11,000$ kN																														
$V_z = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_{z2} = 3,220$ m Součinitel vzpěrné délky $k_{z2} = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 3,220$ m Délka úseku pro vzpěr $L_{y2} = 4,420$ m Součinitel vzpěrné délky $k_{y2} = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,420$ m</p>																															
<p>Výsledky posouzení Posouzení v čase požadované požární odolnosti $t = 60,0$ min: Metoda redukovaného průřezu Hloubka zuhelnatění $d_{char,t} = 42,0$ mm</p> <p>Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -1110,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = -12,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 11,000$ kN</p> <p>Posudek kombinace tlaku a ohybu: Únosnost: $N_{R,t,fi} = 1924,406$ kN; $M_{z,R,t,fi} = 95,149$ kNm $-0,577 + 0,000 + -0,126 = -0,703 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvajících sil: Únosnost: $V_{R,t,fi} = 179,215$ kN $0,061 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

Reakce sloupů

Hodnoty reakcí od sloupů jsou použity při návrhu založení.
MSÚ



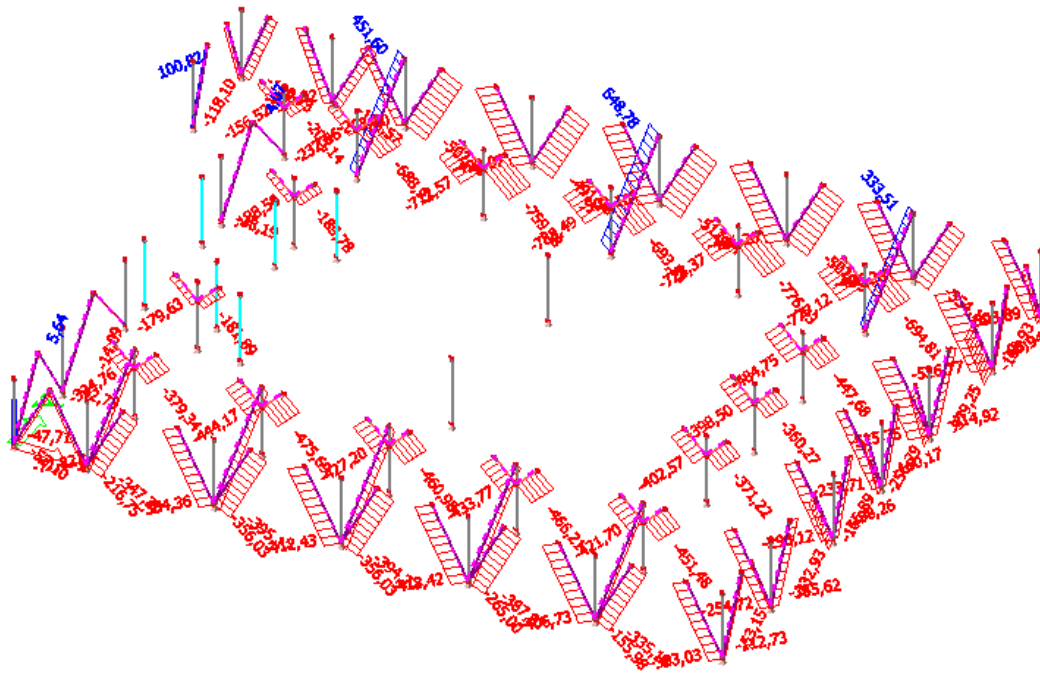
MSP svislé reakce; $\gamma = 1,40$ vodorovné reakce $\gamma = 1,40$



6.8. Ztužující diagonály v 1.NP

Vodorovné síly v konstrukci jsou zachyceny pomocí diagonál a pásků. Pásky i diagonály jsou osazeny 1,2 m od osy sloupu. Pásky na rozdíl od diagonál jsou kryty protoipožárním obkladem.

Vnitřní síly dle MSÚ



Návrh

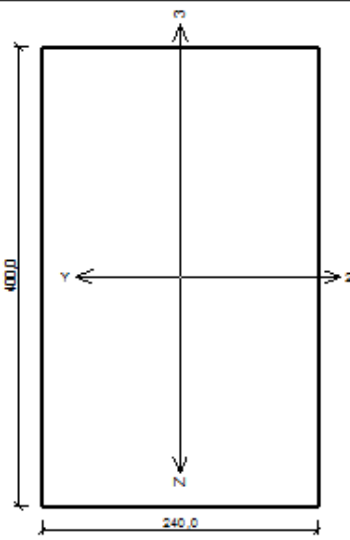
diagonály jsou navrženy průřezu 240x 400 mm z dřeva GL24h, diagonály jsou navrženy s požární odolností R60.

Posouzení

vzpěrná délka pásků je 1,7 m, diagonály mají vzpěrnou délku 4,6 m. Prvek je osazen v třídě prostředí 1, délka trvání zatížení je střednědobá. Zatížení diagonál při požáru je určeno v čase $t=0$. Je použit redukční součinitel účinku zatížení η . Hodnota součinitel η je určena dle normy EN 1991-1-2:2002. Norma pro zjednodušení doporučuje hodnotu pro prostory citlivé na hromadění zboží nebo lidí $\eta=0,7$.

diagonály 1.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Lepené lamelové dřevo, základní kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,250$ Mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_M = 1,000$</p> <p>Třída provozu: 1</p> <p>Průřez: obdélník 240x240</p> <p>Rozměry: Výška průřezu $h = 240,0$ mm Šířka průřezu $b = 240,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Druh dřeva: rostlé</p> <p>Materiálové charakteristiky:</p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_1 pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 2 Střednědobé zatížení</p> <p>$N = -530,000$ kN $M_y = 0,000$ kNm $M_z = 0,000$ kNm $V_z = 0,000$ kN $V_y = 0,000$ kN</p>																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 4,600$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 4,600$ m Délka úseku pro vzpěr $L_y = 4,600$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,600$ m</p>																															
<p>Výsledky posouzení Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 2 Vnitřní síly: $N = -530,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_{cr} = 713,239$ kN $-0,743 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 66,4 Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

požární posuzení diagonály

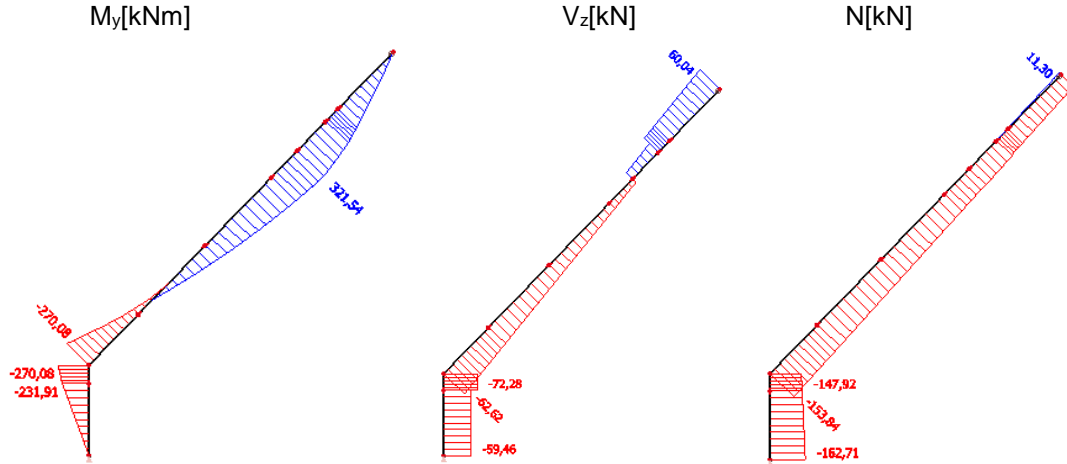
diagonály 1.NP																															
	<p>Norma EN 1995-1-2/Česko. Spolehlivost dřeva při požáru : $\gamma_{M,fi} = 1,000$</p> <p>Průřez: obdélník 240x400 Rozměry: Výška průřezu $h = 400,0$ mm Šířka průřezu $b = 240,0$ mm</p> <p>Materiál: GL28h - lepené Materiálové charakteristiky:</p> <table style="font-size: small;"> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td>$f_{m,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td>$f_{t,0,k}$</td><td>: 22,4 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td>$f_{c,0,k}$</td><td>: 28,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td>$f_{v,k}$</td><td>: 3,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td>$f_{c,90,k}$</td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td>$f_{t,90,k}$</td><td>: 0,5 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td>$E_{0,mean}$</td><td>: 12600 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td>$E_{0,05}$</td><td>: 10500 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td>G_{mean}</td><td>: 650 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td>ρ_k</td><td>: 425,0 kg/m³</td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_p pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa	Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 22,4 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 28,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 3,5 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,5 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 12600 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 10500 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 650 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 425,0 kg/m ³																													
<p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu: Zatěžovací případ s největším využitím Zat. případ 1</p> <table style="font-size: small;"> <tr><td>$N = -375,000$ kN</td><td>$M_z = 0,000$ kNm</td></tr> <tr><td>$M_y = 0,000$ kNm</td><td>$V_y = 0,000$ kN</td></tr> <tr><td>$V_z = 0,000$ kN</td><td></td></tr> </table>	$N = -375,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 0,000$ kNm	$V_y = 0,000$ kN	$V_z = 0,000$ kN		<p>Požární detail: Nechráněný průřez, vystavený žáru ze všech stran</p>																								
$N = -375,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 0,000$ kNm	$V_y = 0,000$ kN																														
$V_z = 0,000$ kN																															
<p>Vzpěr: Počítá se se vzpěrem Délka úseku pro vzpěr $L_z = 4,600$ m Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 4,600$ m Délka úseku pro vzpěr $L_y = 4,600$ m Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$ Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 4,600$ m</p>																															
<p>Výsledky posouzení Posouzení v čase požadované požární odolnosti $t = 60,0$ min: Metoda redukovaného průřezu Hloubka zuhelnatění $d_{char,fi} = 42,0$ mm Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1 Vnitřní síly: $N = -375,000$ kN; $M_y = 0,000$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,000$ kN; $V_y = 0,000$ kN</p> <p>Posudek vzpěrného tlaku: Únosnost: $N_{d,fi} = 381,884$ kN $-0,982 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Průřez vyhovuje</p>																															
VYHOVUJE																															

7. Spoje konstrukce

7.1. Spoje střešní konstrukce

Jsou navrženy následující spoje konstrukce střechy: přípoj příčle k vrcholové vaznici, montážní spoj příčle, rámový roh a uložení sloupu. Všechny spoje jsou klasifikovány jako spoje s tlustou deskou, kdy $t_p > 0,5 \varphi$ svorníku.

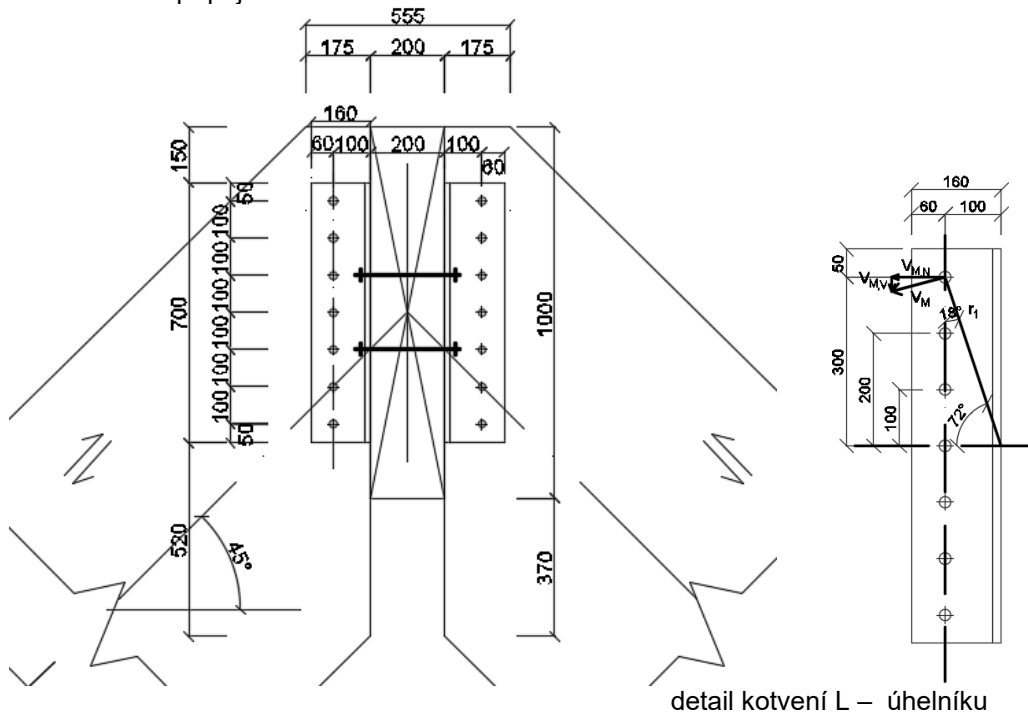
Vnitřní síly, na které jsou navrženy spoje:



Přípoj příčle k vrcholové vaznici

Přípoj je navrženy kolíkového typu, s dvojicí plechů přiložených z vnější strany příčle. Plech tloušťky 12 mm má tvar L, z oceli S 235. Dřevo příčle a vrcholové vaznice je navrženo z dřeva GL 28h. Spoj je zajištěn svorníky. Spoj musí přenést následující síly: $V_{ED} = 61$ kN, normálová síla může ve vrcholu dosáhnout dvou extrémů $N_{ED,tah} = 12$ kN, $N_{ED,tlak} = 107$ kN. Spoj je navrženy vlivem střídavé síly na hodnotu $N_{ED} = (107 + 0,5 \cdot 12) = 113$ kN. Sklon příčle je $\alpha = 45^\circ$. Třída použití 1, délka trvání zatížení krátkodobé.

Skica přípoje:



Rozklad sil:

výsledná normálová síla $N_c = V_{ED} \cdot \sin \alpha + N_{ED} \cdot \cos \alpha = 61 \cdot \sin 45 + 113 \cdot \cos 45 = 123,1 \text{ kN}$
 výsledná posouvající síla $V_c = V_{ED} \cdot \cos \alpha - N_{ED} \cdot \sin \alpha = 61 \cdot \cos 45 - 113 \cdot \sin 45 = -36,8 \text{ kN}$
 síla příslušná na 1 svorník

$$V_{c,s} = 36,8 / 7 = 5,3 \text{ kN}$$

$$N_{c,s} = 123,1 / 7 = 17,6 \text{ kN}$$

Vliv excentricity uložení příčle: excentricita spoje $e = 0,10 \text{ m}$

$$M_{ED} = V_c \cdot e = -36,8 \cdot 0,10 = 3,7 \text{ kNm}$$

předpokládaný kloub ve středu plechu

$$r_1 = \sqrt{0,3^2 + 0,08^2} = 0,31 \text{ m}$$

$$\alpha = \arctg(0,08/0,3) = 15^\circ$$

$$r_2 = \sqrt{0,2^2 + 0,08^2} = 0,22 \text{ m}$$

$$r_3 = \sqrt{0,1^2 + 0,08^2} = 0,12 \text{ m}$$

$$r_4 = 0,08 \text{ m}$$

Síla ve spoji od ohybového momentu

$$V_M = \frac{M_{ED}}{nr_1^2 + nr_2^2 + nr_3^2 + nr_4^2} = \frac{3,7}{2 \cdot 0,31^2 + 2 \cdot 0,22^2 + 2 \cdot 0,12^2 + 1 \cdot 0,08^2} = 9,3 \text{ kN}$$

Rozklad sil V_M :

výsledná posouvající síla $V_{M,V} = V_M \cdot \sin \alpha = 9,3 \cdot \sin 15 = 2,3 \text{ kN}$

výsledná normálová síla $V_{M,N} = V_M \cdot \cos \alpha = 9,3 \cdot \cos 15 = 9,0 \text{ kN}$

Celková síla včetně vlivu ohybového momentu

$$V_{ED} = V_{c,s} + V_{M,V} = 5,3 + 2,3 = 7,6 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = N_{c,s} + V_{M,N} = 17,6 + 9,0 = 26,6 \text{ kN}$$

Návrh

spoj příčle úhelník je zajištěn svorníky 7x M24 8.8, úhelník L 160x 160x 10 mm z oceli S235

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 26,60 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 7,60 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 27,66 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 15,95^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M24 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,5} = 930594 \text{ Nmm (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)}$$

Materiálové charakteristiky: GL28h

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

$$\rho_k = 420,00 \text{ kg/m}^3 \text{ charakteristická hustota dřeva}$$

$$f_{h,o,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 26,17 \text{ MPa}$$

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,o,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 25,19 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,71$$

$$k_{90} = 1,71 \text{ jehličnaté dřevo}$$

$$k_{90} = 1,66 \text{ LVL}$$

$$k_{90} = 0,324 \text{ listnaté dřevo}$$

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvojstřížného spoje)

$t_1 = 200 \text{ mm}$ (tloušťka dřevěného prvku)

$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN}$ (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

únosnost jedné střížné roviny

$F_{v,Rk} = \min \quad \begin{array}{l} 60,44 \text{ kN} \\ 54,55 \text{ kN} \end{array}$

návrhová únosnost svorníku

charakteristická únosnost pro jednu stříhovou roviny $F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 33,57 \text{ kN}$

$F_{v,Rk} = 54,55 \text{ kN}$

$k_{mod} = 0,8 \quad \gamma_M = 1,3$

Posouzení spoje:

$n = 1$ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)

$k = 2$ (počet řad svorníků ve směru vláken)

$a_1 = 80 \text{ mm}$ (rozteč ve směru vláken)

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 1 \\ 0,71 \end{array}$$

Posouzení spoje:

$F_{v,Rd} > F_{ED}$
 $67,14 > 27,66 \text{ kN}$

Vyhovuje

Minimální rozteče svorníků:

Rozteče a vzdálenosti od konců a okrajů	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	minimální rozteče
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$	102,68 mm
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 \cdot d$	96,00 mm
a_{3a} (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	168,00 mm
a_{3c} (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$	96,00 mm
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 \cdot d$	96,00 mm
	$210^\circ \leq \alpha < 270^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$	72,00 mm
a_{4a} (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\}$	72,00 mm
a_{4c} (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$	72,00 mm

Posouzení smyky v místě oslabeného průřezu otvory

$A_{eff} = A - n \cdot A_0 = 10 \cdot 700 - 7 \cdot 26 \cdot 10 = 5180 \text{ mm}^2$

$V_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} = 5180 \cdot 235 / \sqrt{3} = 702 \text{ kN} > V_{ED} = 36,8 / 2 = 18,4 \text{ kN}$

Vyhovuje

plechy jsou dva, proto je síla V_{ED} na jeden plech poloviční

Přípoj k vrcholové vaznici

Svorníky připojující úhelník k vrcholové vaznici musí přenést posouvající sílu $V_{ED} = 36,8 \text{ kN}$, normálová síla $N_{ED} = 123,1 \text{ kN}$ je přenesena dotykem. Musí být splněna podmínka napětí tlaku kolmo k vláknům.

Návrh:

přípoj úhelníku k vrcholové vaznici je zajištěn 2x dvojicí svorníky M20 8.8

Posouzení

tlak kolmo k vláknům, $N_{ED} = 123,1 \text{ kN}$

materiálové charakteristiky dřeva GL 28h

tlak kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$

$f_{c,90,d} = 2,5 \cdot 0,8 / 1,25 = 1,6 \text{ MPa}$

napětí kolmo k vláknům: $\sigma_{c,90} = N_{ED} / A = 123 \cdot 100 / (200 \times 1000) = 0,62 \text{ MPa} > f_{c,90,d} = 1,6 \text{ MPa}$

Vyhovuje

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 19,00 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 19,00 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 90,00^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M20 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 579281 \text{ Nmm (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)}$$

Materiálové charakteristiky: GL28h

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

$$\rho_k = 420,00 \text{ kg/m}^3 \text{ charakteristická hustota dřeva}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 27,55 \text{ MPa}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 18,13 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,65$$

$$k_{90} = 1,6 \text{ LVL}$$

1,65 jehličnaté dřevo

0,27 listnaté dřevo

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvoustřížného spoje)

$$t_2 = 200 \text{ mm (tloušťka dřevěného prvku)}$$

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku)}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

únosnost jedné střížné roviny

$$F_{v,Rk} = \min \quad \begin{array}{l} 36,26 \text{ kN} \\ 33,34 \text{ kN} \end{array}$$

$$F_{v,Rk} = 33,34 \text{ kN}$$

návrhová únosnost svorníku

$$\text{charakteristická únosnost pro jednu stříhovou roviny} \quad F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{Y_M} = 20,51 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = 33,34 \text{ kN}$$

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

$$Y_M = 1,3$$

Posouzení spoje:

$$n = 1 \text{ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)}$$

$$k = 2 \text{ (počet řad svorníků ve směru vláken)}$$

$$a_1 = 80 \text{ mm (rozteč ve směru vláken)}$$

$$n_{ef} = \min \left\{ n, 0,9 \sqrt{\frac{a_1}{13d}} \right\} = 0,74$$

Posouzení spoje:

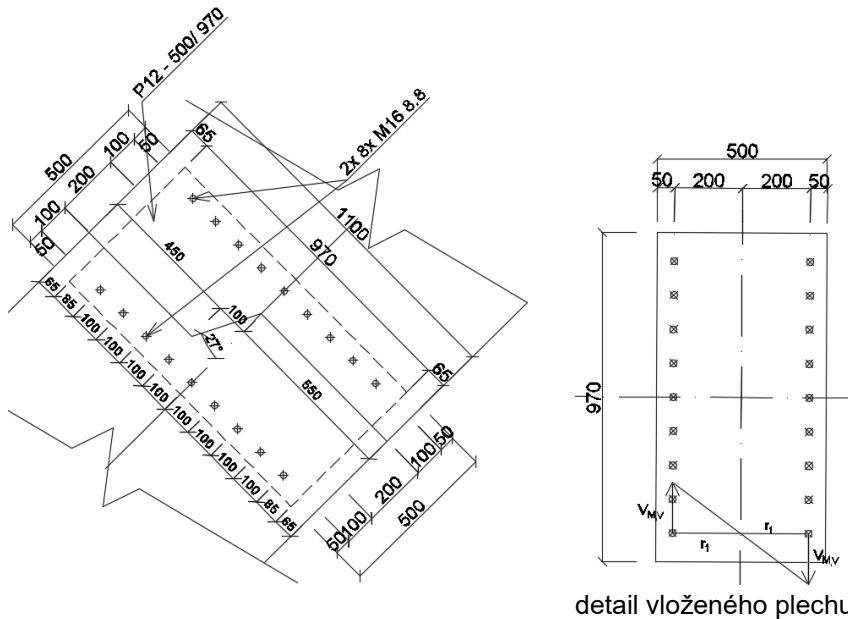
$$F_{v,Rd} > F_{ED} \\ 41,03 > 19,00 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Montážní spoj příčle

Příčle je kvůli dopravě rozdělena na dva dílce, délky 7,85 m a 16,2 m. Spoj je umístěn do míst minimálních momentů. Délka prvků je zvolena, aby je bylo možné dopravit běžnými dopravními prostředky. Spoj je navržen s vloženým plechem na žiletku a zajištěný svorníky. Spoj musí přenést následující síly: $M_{ED} = 25 \text{ kNm}$, $V_{ED} = -50 \text{ kN}$, $N_{ED} = -135 \text{ kN}$. Pro jednodušší montáž je dotyková plocha provedena s ozubem délky 200 mm. Ozub není při posouzení spoje uvažován. Normálová tlaková síla je přenesena kontaktem příčlí. Pokud uvažujeme, že svorníky přenášejí pouze smykové síly, je sice výsledná síla na 1 svorník menší, než v případě, kdy bychom uvažovali výslednou sílu jako vektorový součet N_{ED} a V_{ED} , ale úhel odklonu od vláken je 90° . Při úhlu odklonu 90° od vláken je únosnost spoje nejmenší. Svorníky je přenesen ohybový moment, posouvající sílu a ohybový moment od excentricity posouvající síly. Střed otáčení je uvažován ve středu vloženého plechu v ose příčle.

Skica spoje



Vliv excentricity uložení příčle:

excentricita spoje $e = 0,15 \text{ m}$

$$M_{ED,V} = V_{ED} \cdot e = 50 \cdot 0,2 = 10,0 \text{ kNm}$$

$$M_{ED,C} = M_{ED,V} + M_{ED} = 10,0 + 25 = 35,0 \text{ kNm}$$

předpokládaný kloub ve středu plechu, síly ve spoji jsou rozloženy lineárně

Posouvající síla ve spoji od ohybového momentu

$$V_M = \frac{M_{ED}}{nr_1^2} = \frac{35,0}{9 \cdot 0,2^2} = 97,3 \text{ kN}$$

Celková posouvající síla

$$V_{ED,C} = 50 + 97,3 = 147,3$$

Síla na 1 svorník

$$V_{ED,S} = 147,3 / 9 = \mathbf{16,5 \text{ kN}}$$

Návrh:

spoj je proveden vloženým plechem P12 z oceli S 235 a zajištěn svorníky 9x M16 8.8.

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 16,90 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 16,90 \text{ kN}$$

$$\alpha = \text{arctg}(V_{ED}/N_{ED}) = 90,00^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M16 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,5} = 324282 \text{ Nmm (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)}$$

Materiálové charakteristiky: GL28h

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

$$\rho_k = 425,00 \text{ kg/m}^3 \text{ charakteristická hustota dřeva}$$

$$f_{h,o,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 29,27 \text{ MPa}$$

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,o,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 19,89 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,59$$

1,59 jehličnaté dřev

$$k_{90} = 1,54 \text{ LVL}$$

0,216 listnaté dřev

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvojitřizného spoje)

$t_1 = 94 \text{ mm}$ (tloušťka dřevěného prvku)
 $F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN}$ (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředkem)

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

únosnost jedné střížné roviny

$F_{v,Rk} = \min \begin{array}{l} 17,02 \text{ kN} \\ 23,37 \text{ kN} \\ 29,92 \text{ kN} \end{array}$

počet stříhů $n = 2$

charakteristická únosnost svorníku návrhová únosnost svorníku

$F_{v,Rk} = 34,04 \text{ kN}$ $F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 20,95 \text{ kN}$
 $k_{mod} = 0,8$ $\gamma_M = 1,3$

Posouzení spoje:

$n = 1$ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)
 $k = 1$ (počet řad svorníků ve směru vláken)
 $a_1 = 80 \text{ mm}$ (rozteč ve směru vláken)

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right. = 0,79$$

Posouzení spoje:

$F_{v,Rd} > F_{ED}$
 $20,95 > 16,90 \text{ kN}$ **Vyhovuje**

Minimální rozteče svorníků:

Rozteče a vzdálenosti od konců a okrajů	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	minimální rozteče
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$	89,13 mm
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 \cdot d$	64,00 mm
$a_{3,d}$ (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	112,00 mm
$a_{3,e}$ (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$	97,00 mm
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 \cdot d$	64,00 mm
	$210^\circ \leq \alpha < 270^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$	97,00 mm
$a_{4,d}$ (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\}$	48,00 mm
$a_{4,e}$ (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$	48,00 mm

Posouzení smyku v místě oslabeného průřezu otvory

$A_{eff} = A - n \cdot A_o = 12 \cdot 970 - 9 \cdot 18 \cdot 12 = 9 \text{ 696 mm}^2$

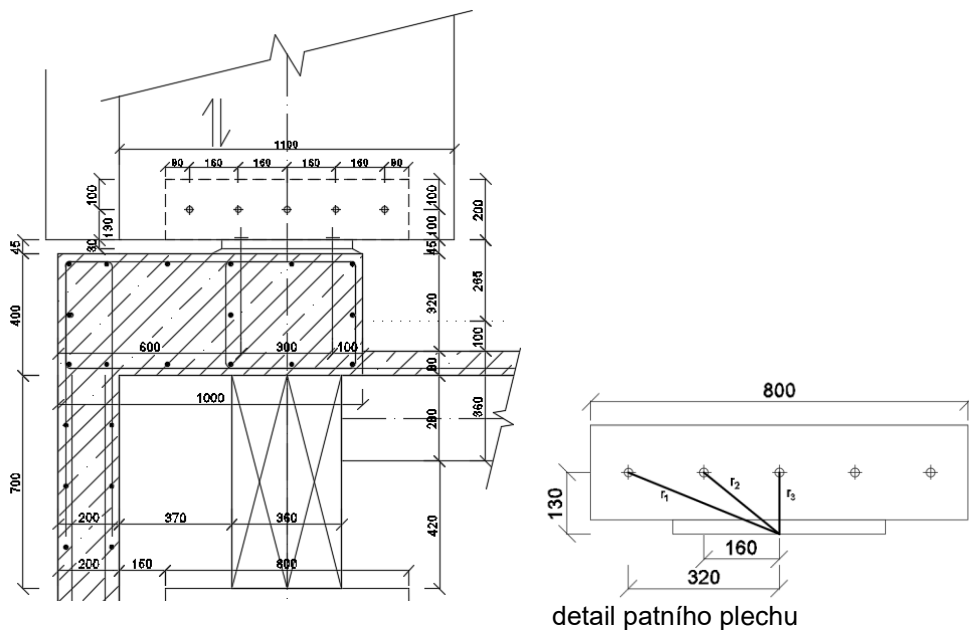
$V_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} = 9 \text{ 696} \cdot 235 / \sqrt{3} = 1 \text{ 315 kN} > V_{ED} = 147,3 \text{ kN}$

Vyhovuje

Uložení sloupu

Uložení sloupu je navrženo kloubově, z nevyztuženého patního plechu. Sloup je k patnímu plechu ukotvený přes vložený plech na žiletku. Kotevní šrouby jsou dodatečně vlepeny na chemickou kotvu. Spoj musí přenést následující síly: $V_{ED} = -60 \text{ kN}$, $N_{ED} = -165 \text{ kN}$. Normálová tlaková síla je přenesena kontaktem přímo do patního plechu. Svorníky přenášejí pouze posouvající sílu a ohybový moment od excentricity posouvající síly. Střed otáčení je uvažován ve při spodní hraně patního plechu.

Skica spoje



detail patního plechu

Vliv excentricity uložení přičle:

excentricita spoje $e = 0,13 \text{ m}$

$$M_{ED,v} = V_{ED} \cdot e = 60 \cdot 0,13 = 7,8 \text{ kNm}$$

předpokládaný kloub při spodní hraně patního plechu, síly ve spoji jsou rozloženy lineárně
 Posouvající síla ve spoji od ohybového momentu

$$r_1 = \sqrt{0,13^2 + 0,32^2} = 0,35 \text{ m}$$

$$\alpha = \arctg(0,13/0,32) = 22^\circ$$

$$r_2 = \sqrt{0,13^2 + 0,16^2} = 0,20 \text{ m}$$

$$r_3 = 0,13 \text{ m}$$

$$V_M = \frac{M_{ED}}{nr_1^2 + nr_2^2 + nr_3^2} = \frac{7,8}{2 \times 0,35^2 + 2 \times 0,2^2 + 0,13^2} = 11,8 \text{ kN}$$

$$V_{M,N} = V_M \cdot \cos \alpha = 11,8 \cdot \cos 22^\circ = 10,9 \text{ kN}$$

$$V_{M,v} = V_M \cdot \sin \alpha = 11,8 \cdot \sin 22^\circ = 4,5 \text{ kN}$$

Celková posouvající síla

$$V_{ED,c} = 60 + 4,5 = 64,5 \text{ kN}$$

Síla na 1 svorník

$$V_{ED,s} = 64,5 / 5 = 12,9 \text{ kN}$$

Celková normálová síla

$$N_{ED,c} = 165 + 10,9 = 175,9 \text{ kN}$$

Návrh patního plechu

Plocha patního plechu musí zajisti bezpečné přenesení normálové síly ze sloupu do konstrukce skeletu. Rozměry patního plechu P25 jsou navrženy 2x 94x 450 mm z oceli S 235.

Návrh patního plechu

materiálové charakteristiky dřeva GL 28h

tlak kolmo k vláknům $f_{c,0,k} = 28 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = 28 \times 0,8 / 1,25 = 17,92 \text{ MPa}$$

$$\text{napětí kolmo k vláknům: } \sigma_{c,90} = N_{ED} / A = 175 \cdot 900 / (2 \times 94 \times 450) = 2,1 \text{ MPa} > f_{c,0,d} = 17,9 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Návrh:

spoj je proveden vloženým plechem P12 z oceli S 235 a zajištěn svorníky 5x M16 8.8. K patnímu plechu je přivařen koutovým svarem výšky 4 mm a délky 150 mm z obou stran.

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Sily ve spoji

$N_{ED} = 0,00 \text{ kN}$
 $V_{ED} = 12,90 \text{ kN}$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 12,90 \text{ kN}$
 $\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 90,00^\circ$

Materiálové charakteristiky svorníku: M16 8.8

$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$
 $f_u = 800 \text{ MPa}$
 $d = 16 \text{ mm}$

$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 324282 \text{ Nmm}$ (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)

Materiálové charakteristiky: GL28h

$k_{mod} = 0,8$
 $\rho_k = 425,00 \text{ kg/m}^3$ charakteristická hustota dřeva
 $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1-0,01d) \cdot \rho_k = 29,27 \text{ MPa}$
 $f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 19,89 \text{ MPa}$
 $k_{90} = 1,59$ 1,59 jehličnaté dřevo
 $k_{90} = 1,54$ LVL
 $k_{90} = 0,216$ listnaté dřevo

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvoustřížného spoje)

$t_1 = 94 \text{ mm}$ (tloušťka dřevěného prvku)

$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN}$ (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku)

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

únosnost jedné střížné roviny

$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 17,02 \text{ kN} \\ 23,37 \text{ kN} \\ 29,92 \text{ kN} \end{array} \right.$

počet stříhů $n = 2$

charakteristická únosnost svorníku

návrhová únosnost svorníku

$F_{v,Rd} = 34,04 \text{ kN}$ $F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 20,95 \text{ kN}$
 $k_{mod} = 0,8$ $\gamma_M = 1,3$

Posouzení spoje:

$n = 1$ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)
 $k = 1$ (počet řad svorníků ve směru vláken)
 $a_1 = 80 \text{ mm}$ (rozteč ve směru vláken)

$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right\} = 0,79$

Posouzení spoje:

$F_{v,Rd} > F_{ED}$
 $20,95 > 12,90 \text{ kN}$

Vyhovuje

Minimální rozteče svorníků:

Rozteče a vzdálenosti od konců a okrajů	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 \cdot d$
a_{3a} (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$
a_{3c} (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 \cdot d$
	$210^\circ \leq \alpha < 270^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$
a_{4a} (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\}$
a_{4c} (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$

minimální rozteče

- 89,13 mm
- 64,00 mm
- 112,00 mm
- 97,00 mm
- 64,00 mm
- 97,00 mm
- 48,00 mm
- 48,00 mm

Posouzení svaru

Koutový svar je navržen účinné výšky 4 mm a délky 200 mm, svar přenáší posouvající sílu $V_{ED} = 60$ kN a ohybový moment $M_{ED} = 7,8$ kNm.

moment setrvačnosti svarového obrazce $I_w = 2 \times 2,66 \cdot 10^6$ mm⁴

Posouzení

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{v,ED}}{2 a l} = \frac{60\,000}{2 \times 4 \times 150} = 50 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{M_{ED}}{\frac{I_w}{z}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{7\,800\,000}{\frac{2 \times 2,66 \cdot 10^6}{75}} = 77,6 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 177,8 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_2} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 77,6 < \frac{0,9 f_u}{\gamma_2} = 259,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Návrh kotvení patního plechu

Patní plech je kotven pomocí dodatečně vlepených šroubů do betonového průvlatku.

Kotvy jsou zatíženy smykovou silou $V_{ED} = 60$ kN a tahovou silou $N_{ED,tah} = M_{ED}/e = 7,8 / 0,3 = 26$ kN

Tabulka doporučených zatížení pro beton pevnosti

Velikost	Beton, $f_{ck,kube} = 25 \text{ N/mm}^2$ (C20/25)									
	Charakteristická únosnost		Návrhová únosnost		Doporučené zatížení		Vzdálenost od okraje		Char. rozteč	
	Tah (N_s)	Střih (V_s)	Tah (N_d)	Střih (V_d)	Tah (N_{ec})	Střih (V_{ec})	Tah ($C_{e,t}$)	Střih ($C_{e,v}$)		
M8	17,2	10,1	6,9	8,1	4,9	5,8	80	100	160	
M10	26,2	15,6	10,5	12,5	7,5	8,9	90	130	180	
M12	37,1	23,1	14,8	18,5	10,6	13,2	110	150	220	
M16	43,1	41,8	17,2	33,5	12,3	23,9	125	170	250	
M20	69,7	66,8	27,9	53,5	19,9	38,2	170	190	340	
M24	95,9	95,7	38,4	76,6	27,4	54,7	210	240	420	
M30	-	-	-	-	-	-	280	350	560	

tabulka únosnosti chemické kotvy DEN Braven PE 300s

Návrh

kotvení patního plechu je navrženo šrouby 4x M24 8.8 vlepených na chemickou kotvu PE 300s.

Posouzení

smyková únosnost pro šrouby M24 $V_{Rd} = 54,7$ kN > $V_{ED} = 60/4 = 15$ kN

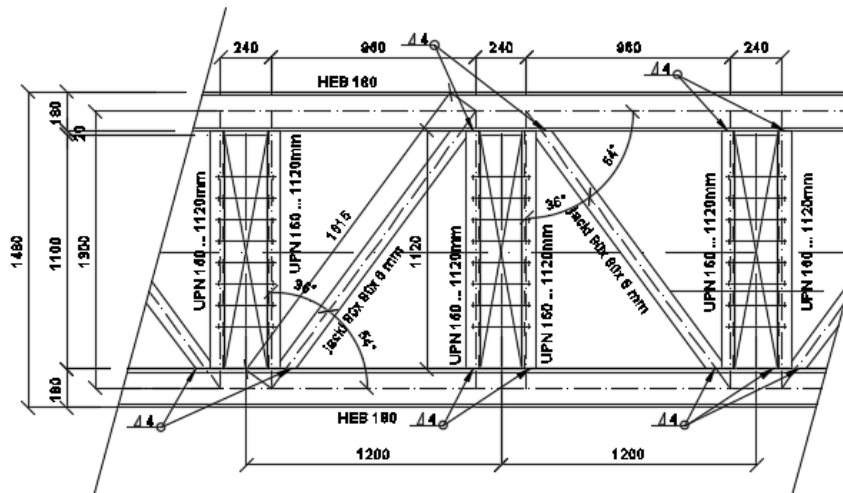
Vyhovuje

tahová únosnost pro šrouby M24 $N_{Rd} = 27,4$ kN > $N_{ED} = 26/4 = 6,5$ kN

Vyhovuje

Kotvení obvodového ztužujícího prstence

Obvodový ztužující prsteneček je kotven přes ocelové svislice z UPN 160 z ocele S 235 ke sloupům svorníky. Svorníky musí přenést posouvající sílu $V_{ED,z} = 50$ kN a $V_{ED,y} = 125$ kN.



skica spoje

Návrh

spoj je proveden svorníky 8x M24 8.8

Výsledná síla na svorník

$$F_{ED} = \sqrt{V_{ED,y}^2 + V_{ED,z}^2} = \sqrt{50^2 + 125^2} = 134,6 \text{ kN}$$

Síla na 1 svorník

$$F_{ED,s} = 134,6 / 8 = 16,9 \text{ kN}$$

Spoj je navržen s tenkou ocelovou deskou jako vnější prvek

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 6,25 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 15,70 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 16,90 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 68,29^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M24 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 930594,5 \text{ Nmm} \quad (\text{char. plastický moment únosnosti spoj. prvku})$$

Materiálové charakteristiky: GL28h

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

$$\rho_k = 420,00 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{charakteristická hustota dřeva})$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 26,17 \text{ MPa}$$

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{\alpha n} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 18,95 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,71$$

$$k_{90} = 1,71 \text{ jehličnaté dřevo}$$

$$k_{90} = 1,66 \text{ LVL}$$

$$k_{90} = 0,324 \text{ listnaté dřevo}$$

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvoustřížného spoje)

$$t_1 = 200 \text{ mm} \quad (\text{tloušťka dřevěného prvku})$$

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN} \quad (\text{charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku})$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

únosnost jedné střížné roviny

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 45,49 \text{ kN} \\ 33,46 \text{ kN} \end{array} \right.$$

návrhová únosnost svorníku

$$\text{charakteristická únosnost pro jednu stříhovou roviny} \quad F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 20,59 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = 33,46 \text{ kN}$$

$$k_{mod} = 0,8 \quad \gamma_M = 1,3$$

Posouzení spoje:

$$n = 1 \quad (\text{počet svorníků v řadě ve směru vláken})$$

$$k = 1 \quad (\text{počet řad svorníků ve směru vláken})$$

$$a1 = 80 \text{ mm} \quad (\text{rozteč ve směru vláken})$$

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right\} = 0,711597$$

Posouzení spoje:

$$F_{v,Rd} > F_{ED} \\ 20,59 > 16,90 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Minimální rozteče svorníků:

Minimální rozteče svorníků:

Rozteče a vzdálenosti od konců a okrajů	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 \cdot d$
$a_{3,i}$ (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$
$a_{3,e}$ (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 \cdot d$
	$210^\circ \leq \alpha < 270^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$
$a_{4,i}$ (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\}$
$a_{4,e}$ (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$

minimální rozteče
 124,61 mm
 mm
 96,00 mm
 mm
 168,00 mm
 134,79 mm
 96,00 mm
 mm
 134,79 mm
 mm
 72,00 mm
 72,00 mm

Posouzení smyku oslabené stojiny UPN profilu

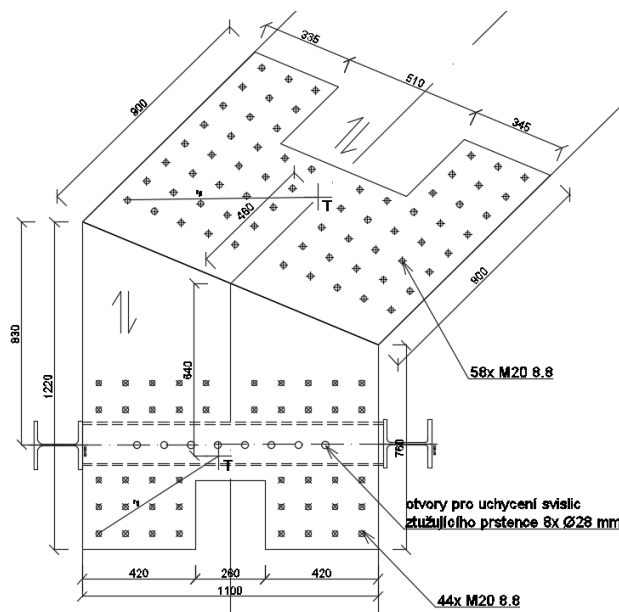
$$A_{\text{eff}} = A_{vz} - A_0 = 1260 - 7,5 \times 26 = 1065 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd} = A_{\text{eff}} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} = 1065 \cdot 235 / \sqrt{3} = 144,5 \text{ kN} > V_{ED,z} = 50,0 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Rámový roh

Rámový roh je provedený pomocí vloženého plechu a zajištěn svorníky. Posouzení je provedeno pro horní a spodní plech samostatně. Střed otáčení je uvažován v těžišti horního respektive spodního plechu. Vzdálenosti svorníků ke středu otáčení je určena graficky. Rozmístění svorníků dle skici níže. Spoj musí přenést následující síly v příčli: $M_{ED} = -270 \text{ kNm}$; $V_{ED} = -65 \text{ kN}$; $N_{ED} = -155 \text{ kN}$, síly ve stojně: $M_{ED} = -270 \text{ kNm}$; $V_{ED} = -75 \text{ kN}$; $N_{ED} = -150 \text{ kN}$.



Návrh plechu příčle

Síly na 1 svorník:

$$V_{ED,s} = V_{ED} / n = 65 / 58 = 1,1 \text{ kN}$$

$$N_{ED,s} = N_{ED} / n = 155 / 58 = 2,6 \text{ kN}$$

Vliv excentricity uložení:

excentricita spoje $e = 0,46 \text{ m}$

$$M_{ED} = V_{ED,c} \cdot e = 65 \cdot 0,46 = 29,9 \text{ kNm}$$

Výsledný moment:

$$M_{ED,c} = 270 + 29,9 = 299,9 \text{ kNm}$$

předpokládaný kloub ve středu plechu

$$F_M = \frac{M_{ED,c}}{nr_1^2 + nr_2^2 + \dots + nr_i^2} = \frac{299,9}{10,81} = 27,76 \text{ kN}; \text{ úhel } \alpha \text{ odklonu síly } 36^\circ$$

Rozklad sil:

$$V_{M,V} = F_M \cdot \cos \alpha = 27,8 \cdot \cos 36^\circ = 22,5 \text{ kN}$$

$$V_{M,N} = F_M \cdot \sin \alpha = 27,8 \cdot \sin 36^\circ = 16,3 \text{ kN}$$

Výsledná síla:

$$V_{ED,c} = V_{ED,s} + V_{M,V} = 1,1 + 22,5 = 23,6 \text{ kN}$$

$$N_{ED,c} = N_{ED,s} + V_{M,N} = 2,6 + 16,3 = 18,9 \text{ kN}$$

Návrh

Spoj rámového rohu je navržen vloženým plechem na žiletku tloušťky 12 mm z oceli S 235. Plech jezajštěn svorníky 58x M 20 8.8, osoá vzdlenost mezi svorníky ve směru vláken je 100 mm, vzdálenost kolmo k vláknům je 100 mm. První svorníky jsou od kraje vzdáleny 150 mm.

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 18,90 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 23,60 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 30,24 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 51,31^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M20 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 579281 \text{ Nmm} \text{ (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)}$$

Materiálové charakteristiky: GL28h

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

$$\rho_k = 425,00 \text{ kg/m}^3 \text{ charakteristická hustota dřeva}$$

$$f_{h,o,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 27,88 \text{ MPa}$$

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,o,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 19,97 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,65$$

1,65 jehličnaté dřevo

$$k_{90} = 1,6 \text{ LVL}$$

0,27 listnaté dřevo

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvojstřížného spoje)

$$t_1 = 94 \text{ mm} \text{ (tloušťka dřevěného prvku)}$$

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN} \text{ (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku)}$$

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

únosnost jedné střížné roviny

$$23,65 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min$$

$$34,99 \text{ kN}$$

$$37,55 \text{ kN}$$

počet stříhů $n = 2$

charakteristická únosnost svorníku

$$F_{v,Rk} = 47,30 \text{ kN}$$

návrhová únosnost svorníku

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 32,75 \text{ kN}$$

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Posouzení spoje:

$n = 1$ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)
 $k = 1$ (počet řad svorníků)
 $a_1 = 140 \text{ mm}$ (rozteč ve směru vláken)

$$n_{ef} = \min \left\{ n, 0,9 \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\} = \frac{1}{0,86}$$

Posouzení spoje:

$$F_{v,Rd} > F_{ED}$$

$$32,75 > 30,24 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Minimální rozteče svorníků:

Rozteče a vzdálenosti od konců a okrajů	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 \cdot d$
$a_{3,t}$ (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$
$a_{3,c}$ (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 \cdot d$
	$210^\circ \leq \alpha < 270^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$
$a_{4,t}$ (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\}$
$a_{4,c}$ (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$

minimální rozteče

97,91 mm

80,00 mm

140,00 mm

94,67 mm

80,00 mm

94,67 mm

60,00 mm

60,00 mm

Návrh plechu stojky

Síly na 1 svorník:

$$V_{ED,s} = V_{ED} / n = 75 / 56 = 1,3 \text{ kN}$$

$$N_{ED,s} = N_{ED} / n = 150 / 56 = 2,7 \text{ kN}$$

Vliv excentricity uložení:

excentricita spoje $e = 0,64 \text{ m}$

$$M_{ED} = V_{ED,c} \cdot e = 75 \cdot 0,64 = 48,0 \text{ kNm}$$

Výsledný moment:

$$M_{ED,c} = 270 + 48,0 = 318,0 \text{ kNm}$$

předpokládaný kloub ve středu plechu

$$F_M = \frac{M_{ED,c}}{nr_1^2 + nr_2^2 + \dots + nr_n^2} = \frac{318}{10,62} = 29,9 \text{ kN}; \text{ úhel } \alpha \text{ odklonu síly } 54^\circ$$

Rozklad sil:

$$V_{M,V} = F_M \cdot \cos \alpha = 29,9 \cdot \cos 54^\circ = 17,6 \text{ kN}$$

$$V_{M,N} = F_M \cdot \sin \alpha = 29,9 \cdot \sin 54^\circ = 24,2 \text{ kN}$$

Výsledná síla:

$$V_{ED,c} = V_{ED,s} + V_{M,V} = 1,3 + 17,6 = 18,9 \text{ kN}$$

$$N_{ED,c} = N_{ED,s} + V_{M,N} = 2,7 + 24,2 = 26,9 \text{ kN}$$

Návrh

Spoj rámového rohu je navržen vloženým plechem na žiletku, tloušťky 12 mm z oceli S 235. Plech jezajištěn svorníky 56x M 20 8.8, osoá vzdlenost mezi svorníky ve směru vláken je 100 mm, vzdálenost kolmo k vláknům je 100 mm. První svorníky jsou od kraje vzdáleny 150 mm.

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 26,90 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 18,90 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 32,88 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 35,09^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M20 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 579281 \text{ Nmm (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)}$$

Materiálové charakteristiky: GL28h

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

$$\rho_k = 425,00 \text{ kg/m}^3 \text{ charakteristická hustota dřeva}$$

$$f_{h,o,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 27,88 \text{ MPa}$$

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,o,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 22,95 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,65 \quad \begin{array}{l} 1,65 \text{ jehličnaté dřevo} \\ 1,6 \text{ LVL} \\ 0,27 \text{ listnaté dřevo} \end{array}$$

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvoustřížného spoje)

$$t_1 = 94 \text{ mm (tloušťka dřevěného prvku)}$$

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku)}$$

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

únosnost jedné střížné roviny

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 26,04 \text{ kN} \\ 37,50 \text{ kN} \\ 43,15 \text{ kN} \end{array} \right.$$

počet stříhů $n = 2$

charakteristická únosnost svorníku návrhová únosnost svorníku

$$F_{v,Rk} = 52,08 \text{ kN} \quad F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 36,06 \text{ kN}$$

$$k_{mod} = 0,9 \quad \gamma_M = 1,3$$

Posouzení spoje:

$$n = 1 \text{ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)}$$

$$k = 1 \text{ (počet řad svorníků)}$$

$$\alpha_1 = 140 \text{ mm (rozteč ve směru vláken)}$$

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n \cdot 0,9 \sqrt{\frac{\alpha_1}{13d}} \end{array} \right. = 0,86$$

Posouzení spoje:

$$F_{v,Rd} > F_{ED}$$

$$36,06 > 32,88 \text{ kN}$$

Vyhovuje

7.2. Spoje těžkého skeletu

Uložení stropnice na krátkou betonovou konzolu

Stropnice jsou v místě jádra uloženy na krátké betonové konzoly, které jsou provedeny v rámci betonáže jádra. Konzola má vyložení 150 mm a výšku 300 mm. Stropnice jsou proti kroucení zajištěny dvojicí nerovnoramenných úhelníků 150x10x9 mm z oceli S235, které jsou ke konzoli přivařeny přes zabetonovanou výztuž ϕ 16 mm. Svar je koutový účinné výšky 3 mm kolem dokola výztuže. Pro lepší provaření jsou hrany otvoru zkoseny pod úhlem 45°. Přecházející výztuž je po přivaření upálena. L úhelník je se stropnicí spojen svorníkem M16 8.8. Mezi stropnicí a betonovou konzolí je položen těžký asfaltový pás. O únosnosti spoje rozhoduje tlakové napětí v kolmo k vláknům $f_{c,90}$. Stropnice jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL28h. Stropnice je uložena v třídě provozu 1, délka trvání zatížení je střednědobé.

Rozměry nosníku:

šířka nosníku $b = 200$ mm

výška nosníku $h = 260$ mm

délka podpory $l_{ef} = 150$ mm (120 mm + 30 mm)

Materiálové charakteristiky dřeva GL 28h

tlak kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,5$ MPa,

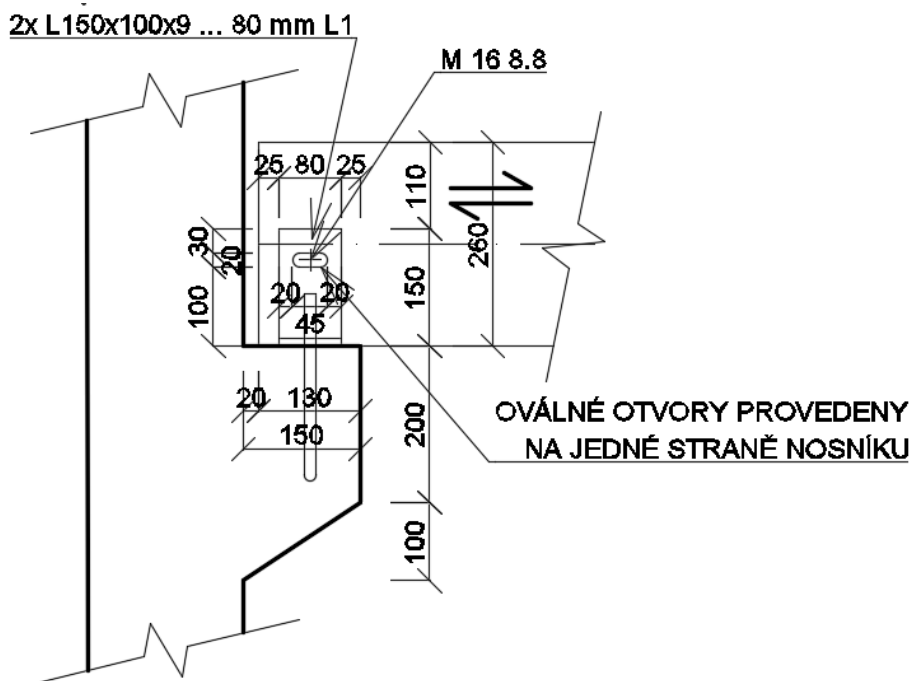
$f_{c,90,d} = 2,5 \times 0,8 / 1,25 = 1,6$ MPa

součinitel $k_{c,90} = 1,5$

Podpоровá reakce $V_{ED} = 55$ kN

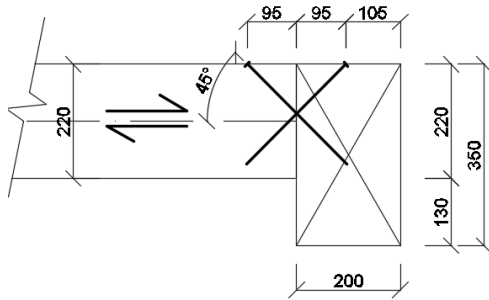
$\sigma_{c,90,d} = V_{ED} / A_{ef} = 55\,000 / (200 \times 150) = 1,83$ MPa $< k_{c,90} f_{c,90,d} = 1,5 \times 1,6 = 2,4$ MPa

Vyhovuje



Připojení stropnice na průvlak

Připojení stropnice na průvlak je provedeno na tupo a zajištěno vruty WR-T od firmy SFS INTEC. Úhel mezi stropnicí a průvlakem je 90°. Spoj vytváří vždy minimálně dvojice vrutů, pootočených vůči sobě o 90°. Únosnost spoje je navržena dle statických tabulek výrobce spojovacích prostředků. Stropnice jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL28h. Stropnice je uložena v třídě provozu 1, délka trvání zatížení je střednědobé, $k_{mod} = 0,8$. Spoj je navržena na posouvající sílu $V_{ED} = 18$ kN. Tabulky jsou navrženy pro dřevo pevnosti C24, C30 popř. GL24 a GL28c. Součinitel f zohledňující jiné pevnosti dřeva se spočte $f = (\text{hustota navrhovaného prvku} / \text{hustota spočteného prvku})^2 < 1,4$.



Skica připoje

$F_{1,Rk}$ [kN] = odolnost proti vytažení ze dřeva
 $F_{2,Rk(G)}$ [kN] = vzpěrná únosnost vrutu

systém WR	délka prvku [mm]	minimální rozměr [mm]		montážní rozměr m	b_{NT} [mm]*			hustota ρ_k [kg/m ³]					
		b_{HT}	$h_{HT} = h_{NT}$		b_{NT} [mm]*			1 pár		2 páry		3 páry	
					1 pár	2 páry	3 páry	350	380	350	380	350	380
WR-T-9,0 x L	250	100	191	95	70	115	160	17,1	18,3	34,2	36,5	51,3	54,8
	300	118	226	113	70	115	160	21,2	22,6	42,4	45,2	63,5	67,9
	350	136	261	131	70	115	160	25,3	27,0	50,5	53,9	75,8	80,9
	400	153	297	148	70	115	160	29,3	31,3	58,7	62,6	88,0	94,0
	450	171	332	166	70	115	160	33,4	35,7	66,8	71,3	100,2	107,0
	500	189	368	184	70	115	160	37,5	40,0	74,9	80,0	112,4	120,1
WR-T-13,0 x L	400	153	297	148	100	165	230	42,7	45,6	85,4	91,2	128,1	136,8
	500	189	368	184	100	165	230	54,5	58,3	109,1	116,5	163,6	174,8
	600	224	438	219	100	165	230	66,4	70,9	132,8	141,8	199,2	212,8
	700	259	509	254	100	165	230	78,3	83,6	156,5	167,2	234,8	250,8
	800	295	580	290	100	165	230	90,1	96,3	180,2	192,5	270,4	288,8
	900	330	650	325	100	165	230	102,0	108,9	204,0	217,8	305,9	326,7
1000	366	721	361	100	165	230	113,8	121,6	227,7	243,2	341,5	364,7	

* Hodnoty jsou zaokrouhleny.

$$F_{v,Rd} = \min \left(\frac{F_{1,Rk} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M1}}, \frac{F_{2,Rk}}{\gamma_{M2}} \right)$$

$\gamma_{M1} = 1,3$ $\gamma_{M2} = 1,1$
 $\gamma_{M1} (GL) = 1,25$

tabulka únosnosti vrutů WR od firmy SFS INTEC

Charakteristická únosnost dvojice vrutů dle tabulek

$F_{1,Rk} = 18,3 \text{ kN}$

$F_{2,Rk} = 20,7 \text{ kN}$

součinitel $f = (425/380)^2 = 1,25 < 1,4$

Návrhová únosnost dvojice vrutů dle tabulek

$F_{1,Rd} = 1,25 \times 18,3 \times 0,8 / 1,25 = 14,6 \text{ kN}$ (rozhoduje)

$F_{2,Rd} = 20,7 / 1,1 = 18,8 \text{ kN}$

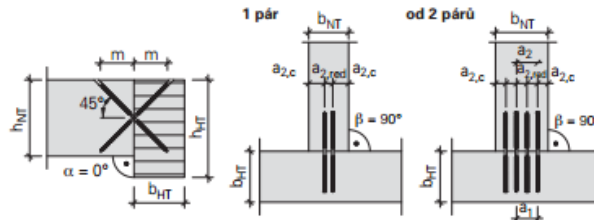
Návrh

spoj je zajištěn dvěma páry vrutů WR-T-9,0 x 250 mm

Posouzení

$F_{Rd} = 2 \times F_{1,Rd} = 2 \times 14,6 = 29,2 > V_{ED} = 18 \text{ kN}$

Vyhovuje



Nejmenší vzdálenosti

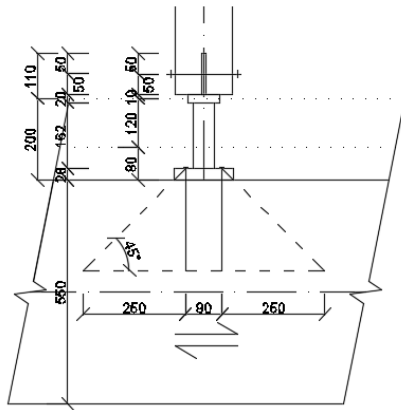
Vzdálenost [mm]	WT-S/T-6,5 x L	WT-T-8,2 x L	WR-T-9 x L	WR-T-13 x L
a_1	33	40	45	65
a_2	33	40	45	65
$a_{2,c}$	15	24	27	39
$a_{2,red}$	10	12	14	20

* možné pouze při $a_1 \geq 10 \cdot d_1$

doporučené rozmístění vrutů

Uložení sloupu na průvlak

Sloupy mezipater jsou uloženy na zesílené průvlaky. Pro zvýšení ochrany paty sloupu před vlhkostí při betonáži spřažené dřevo-betonové desky je sloup uložen na ocelovou patku, díky které je pata sloupu nad úrovní jak hrubé tak i čisté podlahy. Ocelová patka je složena z dvojice plechů, mezi které je vložena ocelová trubka. Horní plech je navržen na přenesení normálové tlakové síly ze sloupu do patky. Sloup je na patku nasazen na žiletku z plechu tloušťky 10 mm a zajištěn dvojicí svorníků M12 8.8. Žiletka je se svorníkem spojena koutovým svarem účinné výšky 3 mm a délky 100 mm, provedených z obou stran. Svorníky a svar jsou navrženy konstrukčně. Ocelová trubka má výšku dle výšky betonové desky a čisté podlahy, aby pata sloupu začínala minimálně 10 mm nad úrovní čisté podlahy. Trubka je k patním plechům přivařena koutovým svarem výšky 3 mm, po celém obvodu trubky. Spodní plech přenáší normálovou sílu do dřevěného prvku. Plocha plechu musí zajistit, aby nebylo překročeno tlakové napětí kolmo k vláknům. Případně navrhnout příslušná opatření proti tomu. Spoj je navržen na tlakovou normálovou sílu $N = 95 \text{ kN}$. Prvky jsou uloženy v třídě provozu 1, délka trvání zatížení je střednědobé. Sloup má průřez $140 \times 140 \text{ mm}$ a je z dřeva GL24 h, průvlak navržena průřezu $200 \times 550 \text{ mm}$ z dřeva GL28h.



skica spoje

materiálové charakteristiky dřeva GL 28h

tlak kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = 2,5 \times 0,8 / 1,25 = 1,6 \text{ MPa}$$

tlak rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,k} = 28 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = 28 \times 0,8 / 1,25 = 17,9 \text{ MPa}$$

Návrh horního patního plechu

$$A_{\min} = N_{ED} / f_{c,90,d} = 95\,000 / 17,9 = 5307 \text{ mm}^2 \Rightarrow 1,1 \times 5307 = 5840 \text{ mm}^2$$

plocha A_{\min} je zvětšena o 10% kvůli zmenšení plochy od žiletkového plechu

při šířce $b = 80 \text{ mm} \Rightarrow h = 5840 / 80 = 73 \text{ mm} \doteq 80 \text{ mm}$

plocha patního plechu bez plochy žiletky

$$A = 80^2 - (80 \times 10) = 5600 \text{ mm}^2$$

Návrh

patní plech je navržen z plechu P20 rozměrů 80 x 80 mm z oceli S235, žiletkový plech je navržen z plechu P10 rozměrů 100 x 80 mm z oceli S 235.

Posouzení

$$\sigma_{c,0} = N_{ED} / A = 95\,000 / 5600 = 16,9 < f_{c,90,d} = 17,9 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Ocelová trubka musí přenést mezi normálovou sílu mezi plechy, trubka navržena z oceli S235.

$$\text{Návrh trubky } A_{\min} = N_{ED} / f_y = 95000 / 235 = 404 \text{ mm}^2$$

Návrh TR 51x 4,0 mm, délka trubky 162 mm

$$A = 591 \text{ mm}^2 > A_{\min} = 404 \text{ mm}^2$$

$$I_y = I_z = 16,4 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

součinitel vzpěru je shodný pro osu y a z:

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = \pi^2 EI / L_{cr}^2 = \pi^2 \cdot 210\,000 \times 16,4 \times 10^4 / 162^2 = 12\,951 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{591 \times 235}{12951000}} = 0,1 < 0,2 \text{ součinitel vzpěru } \chi = 1,0$$

Posouzení

$$N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y = 1,0 \times 591 \times 235 = 138,9 \text{ kN} > N_{ED} = 95 \text{ kN}$$

Plocha spodního plechu musí být navržena, aby nebylo překročeno napětí tlaku kolmo k vláknům

$$A_{\min} = N_{ED} / f_{c,90,d} = 95000 / 1,6 = 59\,375 \text{ mm}^2$$

při šířce $b = 200 \text{ mm} \Rightarrow h = 59375 / 80 = 296 \text{ mm} \doteq 300 \text{ mm}$

plocha plechu pro bezpečný přenos síly do průvlaků je poměrně velká, průvlak je proto zesílen vruty pro zvýšení únosnosti kolmo k vláknům.

Návrh

patní plech navržen rozměrů 150x 150 mm z oceli S235

Posouzení – vlivu zesílení

$$\sigma_{c,90,d} = 95000 / (150 \times 150) = 4,22 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} f_{c,90,d}} = \frac{4,22}{1,5 \times 1,6} = 1,76 > 1,0$$

Nevyhovuje nutně zesílit

Zesílení provedeno vruty WR – T – 9x 250 mm

$$F_{1,Rk} = 28,3 \text{ kN}; F_{1,Rd} = 28,3 \times 0,8 / 1,25 = 18,1 \text{ kN}$$

$$F_{2,Rk} = 15,7 \text{ kN}; F_{2,Rd} = 15,7 / 1,1 = 14,2 \text{ kN (rozhoduje)}$$

Odolnost proti tlaku:

$$F_{ax,Rd} = \min \left(\frac{F_{1,Rk} \cdot k_{mod}}{\gamma_{M1}}, \frac{F_{3,Rk}}{\gamma_{M3}} \right)$$

$\gamma_{M1} = 1,3$ $\gamma_{M2} = 1,3$
 $\gamma_{M3} = 1,1$
 $\gamma_{M1} (GL) = 1,25$

Únosnost úložné plochy

$$F_{c,90,d} = A \times f_{c,90,d} \times k_{c,90} = 150^2 \times 1,6 \times 1,5 = 54,0 \text{ kN}$$

Počet vrutů

$$n_{ef} = \frac{N_{ED} - F_{c,90,d}}{FRk} = \frac{95 - 54}{14,2} = 2,88 \div 4 \text{ ks}$$

vzdálenosti vrutů

rovnoběžně s vlákny, mezi sebou $a_1 = 90 \text{ mm} > 5d = 5 \times 9 = 45 \text{ mm}$

kolmo k vláknům, mezi sebou $a_2 = 90 \text{ mm} > 5d = 5 \times 9 = 45 \text{ mm}$

kolmo k vláknům, od kraje $a_2, c = 55 \text{ mm} > 2,5d = 2,5 \times 9 = 22,5 \text{ mm}$

Posouzení v rovině špičky vrutu

účinná délka $l_{ef} = 90 + 2 \times 250 = 590 \text{ mm}$

$$\sigma_{c,90,d} = 95000 / (150 \times 590) = 1,07 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} = \frac{1,07}{1,6} = 0,67 > 1,0$$

Vyhovuje

Tloušťka ocelové desky

$$d = 2,7 \times N_{ED}^{0,5} = 2,7 \times 95^{0,5} = 26,3 \div 28 \text{ mm}$$

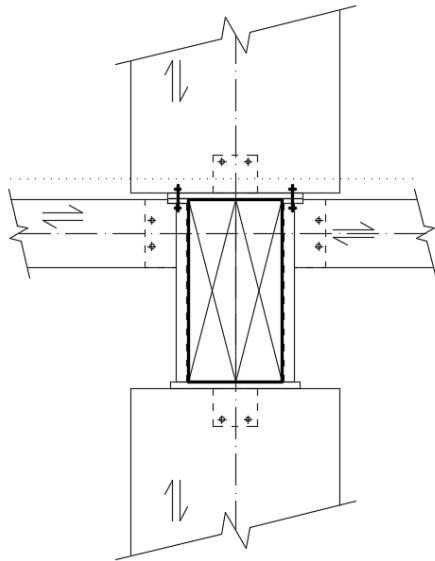
Spodní patní plech P28 150x 150 mm z oceli S 235

Spoj sloup – průvlak – sloup

Sloupy jsou v konstrukci navrženy na výšku jednoho podlaží, kde jsou na ně uloženy stropní průvlaky. Spoj sloup – průvlak – sloup musí zajistit přenos normálových sil z horních sloupů a bezpečně uložení průvlaků, které zamezí kroucení prvku. Konec sloupu je osazen patním plechem, který je se sloupem spojen žiletkou. Normálové síly z vyšších pater jsou přeneseny dotykem dřevo – plech. Rozměry patního plechu jednak vychází z geometrie spoje, ale musí mít dostatečnou plochu, aby byly přeneseny posouvající síly z průvlaků, které působí v místě uložení kolmo na vlákna. Přenos sil mezi horním a spodním sloupem zajistí 4 ocelové sloupky, přivařené ke spodnímu patnímu plechu koutovým svarem dokola. Sloupy jsou z dřeva GL32 h, průvlaky a stropnice z dřeva GL 28h. Prvky zabudované v třídě provozu 1, délka trvání zatížení střednědobé. Spoj musí přenést následující síly:

Normálová síla v horním sloupu $N_{ED,Sl} = -1125 \text{ kN}$; posouvající síla v průvlaku $V_{ED,P} = 45 \text{ kN}$;

normálová síla v průvlaku, posouvající síla ve stropnici $V_{ED,st} = 15 \text{ kN}$



Skica spoje

Návrh patního plechu sloupu

materiálové charakteristiky dřeva GL 32h

tlak rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,k} = 32 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = 32 \times 0,8 / 1,25 = 20,4 \text{ MPa}$$

$$A_{\min} = N_{ED} / f_{c,90,d} = 1\,125\,000 / 20,4 = 55\,147 \text{ mm}^2 \Rightarrow 1,1 \times 55\,147 = 60\,661 \text{ mm}^2$$

plocha A_{\min} je zvětšena o 10% kvůli zmenšení plochy od žiletkového plechu

při šířce $b = 240 \text{ mm} \Rightarrow h = 60\,661 / 240 = 252 \text{ mm} \hat{=} 255 \text{ mm} \Rightarrow$ z konstrukčních důvodů je patní plech navržen z plechu P25 - 370 x 520 mm z oceli S235.

Žiletkový plech

Žiletkový plech navržen konstrukčně z plechu P15 - 200 x 300 mm z oceli S235, se sloupem spojen svorníky 2x M16 8.8. Svar patního plechu se žiletkou proveden koutovým svarem výšky 4 mm délky 100 mm. Svar z obou stran žiletky.

Připojení stropnice

Stropnice je připojena plechem uloženým na žiletku se svorníky. Plech je uvažován jako tlustý plech $t > 0,5d$. Síly ve spoji $V_{ED,st} = 15 \text{ kN}$; normálová síla v průvlaku $N_{ED,st} = 50 \text{ kN}$.

Návrh: 2x M20 8.8

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 50,00 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 15,00 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 52,20 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 16,70^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M20 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 579281 \text{ Nmm (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)}$$

Materiálové charakteristiky: GL28h

$k_{mod} = 0,8$
 $\rho_k = 425,00 \text{ kg/m}^3$ charakteristická hustota dřeva
 $f_{h,o,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 27,88 \text{ MPa}$
 $f_{h,a,k} = \frac{f_{h,o,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 26,46 \text{ MPa}$
 $k_{90} = 1,65$

1,65 jehličnaté dřevo
 1,6 LVL
 0,27 listnaté dřevo

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvojitřizného spoje)

$t_1 = 93 \text{ mm}$ (tloušťka dřevěného prvku)
 $F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN}$ (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku)

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

únosnost jedné střížné roviny

$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 28,70 \text{ kN} \\ 40,27 \text{ kN} \\ 49,22 \text{ kN} \end{array} \right.$

počet stříhů $n = 2$

charakteristická únosnost svorníku návrhová únosnost svorníku

$F_{v,Rk} = 57,40 \text{ kN}$ $F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 35,32 \text{ kN}$
 $k_{mod} = 0,8$ $\gamma_M = 1,3$

Posouzení spoje:

$n = 1$ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)
 $k = 2$ (počet řad svorníků)
 $a_1 = 140 \text{ mm}$ (rozteč ve směru vláken)

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n \cdot 0,9 \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 1 \\ 0,86 \end{array}$$

Posouzení spoje:

$F_{v,Rd} > F_{ED}$
 $70,64 > 52,20 \text{ kN}$

Vyhovuje

Smyková únosnost oslabeného plechu

smyková plocha oslabená otvory $A_v = t \cdot h - 2 \cdot d_0 \cdot t = 15 \cdot 280 - 2 \cdot 22 \cdot 15 = 3540 \text{ mm}^2$
 smyková únosnost plechu $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = 3540 \cdot 235 / \sqrt{3} / 1,0 = 480 \text{ kN}$
 $V_{Rd} = 480 \text{ kN} > V_{ED} = 15 \text{ kN}$

Ocelové sloupky

Normálová síla z horního sloupu je přenesena přes patní plech do čtveřice sloupů do čelního plechu spodního sloupu. Sloupky jsou navrženy z válcovaného profilu UPN z oceli S235.

Sloupky jsou přivařeny k čelnímu plechu koutovým svarem výšky 4 mm kolem dokola.

Normálová síla přenesena sloupky $N_{ED} = -1125 \text{ kN}$. Výška sloupků je 685 mm.

síla na jeden sloup – $N_{ED,S} = -1125 / 4 = 282 \text{ kN}$

Návrh trubky $A_{min} = N_{ED} / f_y = 282 \cdot 1000 / 355 = 795 \text{ mm}^2$

Návrh

sloupky navrženy z profilu UPN 80 z oceli S 355, délky 685 mm

$$A = 1102 \text{ mm}^2 > A_{\min} = 795 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 106,0 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 19,4 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

součinitel vzpěru pro osu z:

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI / L_{cr,z}^2 = \pi^2 \cdot 210\,000 \times 19,4 \times 10^4 / 685^2 = 856\,920 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1102 \times 355}{856\,920}} = 0,67 \Rightarrow \chi \text{ pro křivku vzpěru a; } \chi = 0,86$$

Posouzení

$$N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y = 0,86 \times 1102 \times 355 = 336 \text{ kN} > N_{ED} = 282 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Čelní plech spodního sloupu

Čelní plech je kromě normálové síly zatížen i posouvajícími silami z průvlaků a stropnic.

Celková normálová síla působící na čelní plech:

$$N_{ED} = 1125 + 2 \times 45 + 2 \times 15 = 1245 \text{ kN}$$

$$A_{\min} = N_{ED} / f_{c,90,d} = 1\,245\,000 / 20,4 = 61\,030 \text{ mm}^2 \Rightarrow 1,1 \times 61\,030 = 67\,135 \text{ mm}^2$$

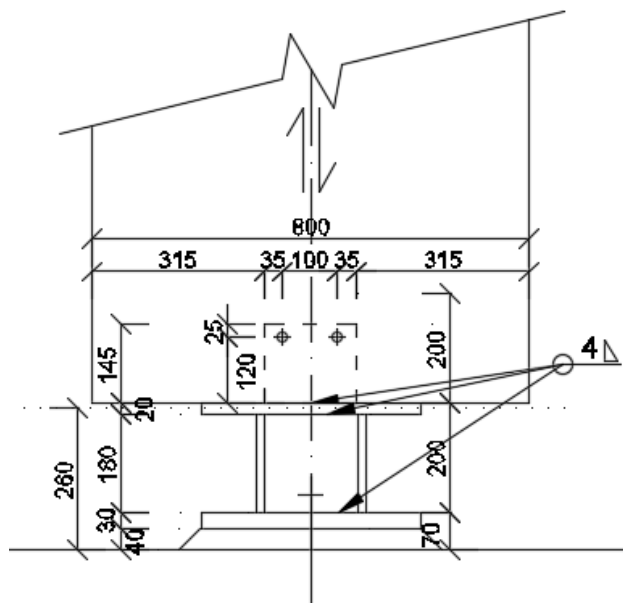
plocha A_{\min} je zvětšena o 10% kvůli zmenšení plochy od žiletkového plechu

při šířce $b = 240 \text{ mm} \Rightarrow h = 67\,135 / 240 = 279 \text{ mm} \approx 280 \text{ mm} \Rightarrow$ z konstrukčních důvodů je patní plech navržen z plechu P25 - 370 x 500 mm z oceli S235.

Uložení středního sloupu

Uložení sloupů je navrženo jako kloubové, z nevyztuženého patního plechu, přenášející pouze svislé zatížení. Maximální hodnota normálové síly je $N_{ED} = -2570 \text{ kN}$. Sloup je uložený na patní plech s podlitím, výšky 40 mm. Proti posunu zajištěný kotevními šrouby M 24 8.8. dodatečně vlepených do betonové desky na chemické kotvy HILTI HIT HY 500. Aby paty sloupů nebyly degradovány vlhkostí je mezi patní plech a patu sloupů vložený profil výšky 180 mm.

Sloup je k patnímu plechu sloupu uchycen přes žiletkový plech P12 s dvojicí šroubů M16 8.8.



skica spoje

Návrh patního plechu sloupu

materiálové charakteristiky dřeva GL 32h

tlak rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,k} = 32 \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = 32 \times 0,8 / 1,25 = 20,4 \text{ MPa}$$

$$A_{\min} = N_{ED} / f_{c,0,d} = 2\,570\,000 / 20,4 = 125\,980 \text{ mm}^2 \Rightarrow 1,1 \times 125\,980 = 138\,578 \text{ mm}^2$$

plocha A_{\min} je zvětšena o 10% kvůli zmenšení plochy od žiletkového plechu

při šířce $b = 240 \text{ mm} \Rightarrow h = 138\,578 / 240 = 577 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$

Patní plech je navržen z plechu P20 – 240x 600 mm z oceli S 355

Návrh distančního prvku

Prvek vložený mezi patu sloupu a patní plech je navržený z válcovaného profilu, z oceli S235, výška prvku je 180 mm. Spoj plech – distanční prvek je navržen jako svarový, z koutového svaru výšky 4 mm, ovařen kolem dokola.

Minimální plocha profilu

$$A_{\min} = N_{ED} / f_y = 2\,570\,000 / 355 = 7\,239 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{navržen profil HEB 200 z oceli}$$

$$A = 7808 \text{ mm}^2 > A_{\min} = 7239 \text{ mm}^2$$

$$I_z = 2003 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

součinitel vzpěru pro osu z:

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI / L_{cr,z}^2 = \pi^2 \cdot 210\,000 \times 2003 \times 10^4 / 180^2 = 1\,281\,312 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{7808 \times 355}{1\,281\,312}} = 0,05 < 0,2 \quad \chi = 1,0$$

Posouzení

$$N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y = 1,0 \times 7808 \times 355 = 1835 \text{ kN} > N_{ED} = 2772 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Stropní deska je v místě uložení sloupů zesílena průvlaky, celková výška desky je 500 mm, uvažované rozměry desky jsou 1,0 x 1,0 m. Patní plech je navržen z plechu P30- 500 x 500 mm z oceli S 235. Betonová deska navržená z betonu C25/30.

Započítatelné rozměry uložení betonové desky

$$a_1 = \min(3a_0, a_0 + h, a_p) = \min(3 \cdot 550, 550 + 500, 1000) = 1000 \text{ mm}$$

$$a_1 = b_1 = 900 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{1000 \cdot 1000}{500 \cdot 500}} = 2,0$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta \cdot k_j \cdot f_{cd}}{\gamma} = \frac{2 \cdot 2,0 \cdot 25}{3 \cdot 1,5} = 22,2 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}}} = 40 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 22,2}} = 92,3 \text{ mm}$$

Účinná plocha patního plechu

$$A_{\text{eff}} = 147\,917,1 \text{ mm}^2 \text{ plocha zjištěna geometricky v programu AutoCad}$$

Posouzení

$$N_{Rd} = A_{\text{eff}} \cdot f_{jd} = 147\,917,1 \cdot 22,2 = 3\,283,7 \text{ kN} > N_{ED} = 2\,570 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Sloup se ztužidlem

Uložení sloupu se ztužidlem musí přenést nejen normálovou ale i smykovou sílu. Patky jsou navrženy jako kloubové, s nevyztuženým patním plechem, s kotevními šrouby M 24 8.8. Aby paty sloupů nebyly degradovány vlhkostí je mezi patní plech a patu sloupů vložený profil výšky 180 mm. Patky jsou navrženy na kombinaci sil s minimální normálovou silou a maximální smykovou silou. Pro přenos smykových sil je navržena smyková zarážka. Patní plech i vložený profil je shodný, jako pro prostou patku. Posouzena je smyková únosnost patky na síly $N_{ED} = 885 \text{ kN}$ (tlak), $V_{ED} = 365 \text{ kN}$. ocelové prvky navrženy z oceli S 355.

Síla připadající na smykovou zarážku

$$F_{v,ED} = V_{ED} - \eta \cdot N_{ED} = 365 - 0,2 \cdot 885 = 188 \text{ kN}$$

η = součinitel tření mezi betonem a ocelí – 0,2

rozměr zarážky, zarážka navržena z profilu HEB 200

$$h > F_{v,ED} / (b \cdot f_{ck} / \gamma_c) = 188\,000 / (200 \cdot 25 / 1,5) = 56,4 \div 60 \text{ mm}$$

excentricita zatížení smykové síly $e = 0,045 \text{ mm}$

$$\text{moment setrvačnosti svarového obrazce } I_w = 32,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

posouzení v kraji stojiny

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{v,ED}}{2 a l} = \frac{188\,000}{2 \cdot 4 \cdot 134} = 175,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{F_{v,ED} \cdot e}{\frac{I_w}{z}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{188\,000 \cdot 45}{\frac{32,6 \cdot 10^6}{134}} = 12,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 304,8 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_2} = \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 12,3 < \frac{0,9 f_u}{\gamma_2} = 367,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

posouzení v kraji pásnice

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{F_{v,ED} \cdot e}{\frac{I_w}{h/2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{188\,000 \cdot 45}{\frac{32,6 \cdot 10^6}{208/2}} = 19,1 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 38,2 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_2} = \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3 \text{ MPa}$$

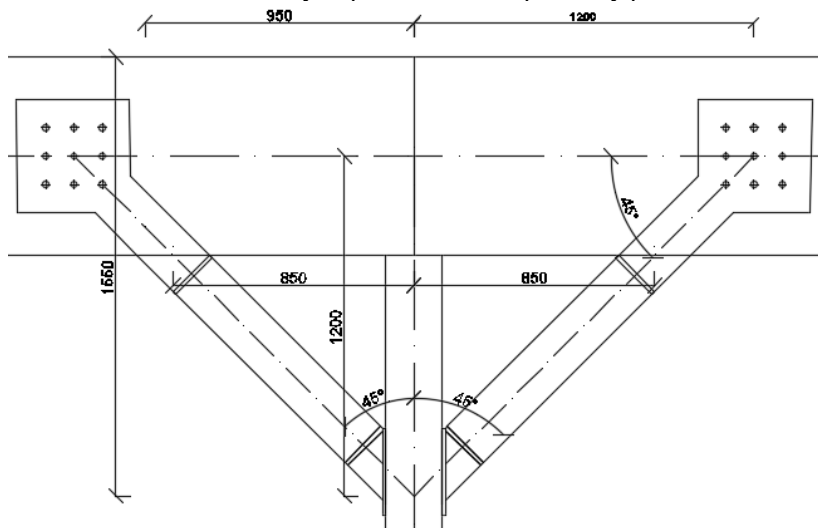
Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 19,1 < \frac{0,9 f_u}{\gamma_2} = 367,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Uložení pásků

Pásky podírají průvlaky a snižují tak jejich rozpětí a zároveň ztužují celou konstrukci. Pásky jsou uloženy 1,2 m od osy sloupu. Pásky svírají se sloupy úhel 45°. Spoj pásku s průvlakem je provedený s vloženým plechem a zajištěný svorníkem. Přenos sil z plechu do diagonály je provedený čelním plechem. Uložení pásku na sloup je provedený plechem přiloženým z vnější strany sloupu a zajištěný svorníky. Pásky a sloup musí přenést normálovou sílu $N_{ED} = -510 \text{ kN}$. V místě styku průvlaků musí průvlaky přenést tahovou sílu $N_{ED} = 310 \text{ kN}$



skica spoje

Uložení průvlaku na pásky

návrh tloušťky plechu

plech musí přenést normálovou sílu $N_{ED} = -510 \text{ kN}$, plech je z ocele S 235.

$$A_{\min} = N_{ED} / f_{yd} = 510\,000 / 235 = 2170 \text{ mm}^2$$

$$\text{šířka plechu } b = 200 \text{ mm}; t_p = 2170 / 200 = 10,2 \text{ mm} \Rightarrow t_p = 15 \text{ mm}$$

$$N_{RD} = A \times f_{yd} = 200 \times 15 \times 235 = 705 \text{ kN} > N_{ED} = 510 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Návrh

spoj je navržený s vloženým plechem na žiletku tloušťky P15 z oceli S235, plech je zajištěn svorníky M20 8.8. Svorníky jsou navrženy v 5 řadách po 4 ks. Osová vzdálenost kolmo na vlákna je 100 mm, vzdálenost rovnoběžně s vlákny je 120 mm.

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Sily ve spoji

$N_{ED} = 360,60 \text{ kN}$
 $V_{ED} = 360,90 \text{ kN}$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 510,18 \text{ kN}$
 $\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 45,02^\circ$

Materiálové charakteristiky svorníku: M20 8.8

$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$
 $f_u = 800 \text{ MPa}$
 $d = 20 \text{ mm}$

$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 579281 \text{ Nmm}$ (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)

Materiálové charakteristiky: GL28h

$k_{mod} = 0,8$
 $\rho_k = 425,00 \text{ kg/m}^3$ charakteristická hustota dřeva
 $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1-0,01d) \cdot \rho_k = 27,88 \text{ MPa}$
 $f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 18,78 \text{ MPa}$
 $k_{90} = 1,65$ 1,65 jehličnaté dřevo
 $k_{90} = 1,6$ LVL
 $k_{90} = 0,27$ listnaté dřevo

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvoustřížného spoje)

$t_1 = 172 \text{ mm}$ (tloušťka dřevěného prvku)

$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN}$ (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku)

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

únosnost jedné střížné roviny

$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 31,41 \text{ kN} \\ 33,93 \text{ kN} \\ 64,61 \text{ kN} \end{array} \right.$

počet stříhů $n = 2$

charakteristická únosnost svorníku návrhová únosnost svorníku

$F_{v,Rk} = 62,82 \text{ kN}$ $F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 38,66 \text{ kN}$
 $k_{mod} = 0,8$ $\gamma_M = 1,3$

Posouzení spoje:

$n = 5$ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)
 $k = 4$ (počet řad svorníků ve směru vláken)
 $a_1 = 125 \text{ mm}$ (rozteč ve směru vláken)

$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right. = 3,54$

Posouzení spoje:

$F_{v,Rd} > F_{ED}$
 $548,09 > 510,18 \text{ kN}$

Vyhovuje

Minimální rozteče svorníků:

Rozteče a vzdálenosti od konců a okrajů	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 \cdot d$
a_{3a} (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$
a_{3c} (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 \cdot d$
	$210^\circ \leq \alpha < 270^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$
a_{4a} (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\}$
a_{4c} (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$

minimální rozteče

- 95,72 mm
- 80,00 mm
- 140,00 mm
- 85,89 mm
- 80,00 mm
- 85,89 mm
- 60,00 mm
- 60,00 mm

Uložení pásku na sloup

Pásky jsou na sloup uloženy přes vnější plech, který je ke sloupu ukotven svorníky. Normálová síla je rozložena do vertikální a horizontální složky, kdy horizontální složka zatěžuje sloup kolmo na vlákna, vertikální složka zatěžuje sloup rovnoběžně s vlákny.
 horizontální složka $N_{ED,h} = N_{ED} \cdot \sin 45^\circ = 510 \cdot \sin 45 = 360,9 \text{ kN}$
 vertikální složka $N_{ED,v} = N_{ED} \cdot \cos 45^\circ = 510 \cdot \cos 45 = 360,9 \text{ kN}$

Posouzení napětí kolmo k vláknům

materiálové charakteristiky dřeva GL 28h

tlak kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$

$$f_{c,90,d} = 2,5 \cdot 0,8 / 1,25 = 1,6 \text{ MPa}$$

Návrh

vnější plech přiléhající k sloupu je navržen z plechu **P20** rozměru **500x 500 mm**.

Žiletkový plech je k plechu **P20** přivařen koutovým svarem výšky **5 mm**, délky **240 mm**.

Svar je proveden z obou stran žiletkového plechu.

Posouzení

napětí kolmo k vláknům: $\sigma_{c,90} = N_{ED} / A = 360 \cdot 900 / (500 \cdot 500) = 1,45 \text{ MPa} > f_{c,90,d} = 1,6 \text{ MPa}$

Vyhovuje

Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{v,ED}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{360 \cdot 900}{2 \cdot 5 \cdot 240} = 150 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 260,5 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_2} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Připojení pásku na sloup

Přípoj musí přenést normálovou sílu z obou pásků, výsledná hodnota normálové síly je

$$N_{ED,c} = 2 \cdot N_{ED,h} = 2 \cdot 360,9 = 721,8 \text{ kN}$$

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 725,00 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 0,00 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 725,00 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 0,00^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M24 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 1662365 \text{ Nmm (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)}$$

Materiálové charakteristiky: GL28h

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

$$\rho_k = 440,00 \text{ kg/m}^3 \text{ charakteristická hustota dřeva}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 25,26 \text{ MPa}$$

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 25,26 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,8$$

1,8 jehličnaté dřevo

$$k_{90} = 1,75 \text{ LVL}$$

0,405 listnaté dřevo

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvojstřížného spoje)

$$t_1 = 210 \text{ mm (tloušťka dřevěného prvku)}$$

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN (charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku)}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

únosnost jedné střížné roviny

$$F_{v,Rk} = \min \begin{matrix} 79,56 \text{ kN} \\ 81,63 \text{ kN} \end{matrix}$$

návrhová únosnost svorníku

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 48,96 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = 79,56 \text{ kN} \quad k_{mod} = 0,8 \quad \gamma_M = 1,3$$

charakteristická únosnost pro jednu střížovou roviny

Posouzení spoje:

$$n = 6 \text{ (počet svorníků v řadě)}$$

$$k = 4 \text{ (počet řad svorníků ve směru vláken)}$$

$$a_1 = 120 \text{ mm (rozteč ve směru vláken)}$$

$$n_{ef} = \min \left\{ n, 0,9 \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\} = \begin{matrix} 6 \\ 3,74 \end{matrix}$$

Posouzení spoje:

$$F_{v,Rd} > F_{ED}$$

$$731,56 > 725,00 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Minimální rozteče svorníků:

Rozteče a vzdálenosti od konců a okrajů	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	minimální rozteče
a_1 (rovnoběžně s vláknem)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$	120,00 mm
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 \cdot d$	120,00 mm
$a_{3,a}$ (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max\{7 \cdot d; 80 \text{ mm}\}$	210,00 mm
$a_{3,c}$ (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$	120,00 mm
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 \cdot d$	
$a_{4,c}$ (nezatižený okraj)	$210^\circ \leq \alpha < 270^\circ$	$\max\{(1 + 6 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 4 \cdot d\}$	120,00 mm
			90,00 mm
$a_{4,a}$ (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max\{(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d\}$	90,00 mm
$a_{4,c}$ (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$	90,00 mm

Smyková únosnost oslabeného plechu

$$\text{smyková plocha oslabená otvory } A_v = t \cdot h - 2 \cdot d_0 \cdot t = 15 \cdot 750 - 6 \cdot 32 \cdot 15 = 8100 \text{ mm}^2$$

$$\text{smyková únosnost plechu } V_{Rd} = (A_v \cdot f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = 8100 \cdot 235 / \sqrt{3} / 1,0 = 1098,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 1098,0 \text{ kN} > V_{ED} = 365,0 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Spoj průvlaků mezi pásy

Průvlaky jsou mezi pásy namáhány tahovou normálovou silou $N_{ED} = 310 \text{ kN}$. Spoj je proveden přes vložený plech na žiletku tl. 12 mm z oceli S 235 a zajištěn svorníky 5x M24 8.8.

Únosnost dvoustřížného spoje kolíkového typu

Síly ve spoji

$$N_{ED} = 310,00 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 0,00 \text{ kN}$$

Výsledná síla na spoj F_{ED} :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 310,00 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(V_{ED}/N_{ED}) = 0,00^\circ$$

Materiálové charakteristiky svorníku: M24 8.8

$$f_{y,k} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_u = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 930594 \text{ Nmm (char. plastický moment únosnosti spoj. prvku)}$$

Materiálové charakteristiky: GL32h

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

$$\rho_k = 440,00 \text{ kg/m}^3 \text{ charakteristická hustota dřeva}$$

$$f_{h,o,k} = 0,082 \cdot (1-0,01d) \cdot \rho_k = 27,42 \text{ MPa}$$

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,o,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 27,42 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,71$$

$$k_{90} =$$

1,71 jehličnaté dřevo

1,66 LVL

0,324 listnaté dřevo

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku:

(ocelová deska jako střední prvek dvojitřizného spoje)

$$t_1 = 174 \text{ mm} \quad (\text{tloušťka dřevěného prvku})$$

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN} \quad (\text{charakteristická únosnost na vytažení spoj. prostředku})$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{hk} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{hk} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{hk} t_1 d \end{cases}$$

únosnost jedné střížné roviny

$$54,83 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \min \quad 56,92 \text{ kN}$$

$$114,51 \text{ kN}$$

počet stříhů $n = 2$

charakteristická únosnost svorníku

návrhová únosnost svorníku

$$F_{v,Rk} = 109,65 \text{ kN} \quad F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 67,48 \text{ kN}$$

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

$$\gamma_M = 1,3$$

Posouzení spoje:

$n = 1$ (počet svorníků v řadě ve směru vláken)

$k = 5$ (počet řad svorníků)

$a_1 = 120 \text{ mm}$ (rozteč ve směru vláken)

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n \cdot 0,9 \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 1 \\ 0,79 \end{array}$$

Posouzení spoje:

$$F_{v,Rd} > F_{ED} \\ 337,39 > 310,00 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Smyková únosnost oslabeného plechu

plocha plechu oslabená otvory $A_v = t \cdot h - 2 \cdot d_0 \cdot t = 12 \cdot 520 - 5 \cdot 26 \cdot 12 = 4680 \text{ mm}^2$

smyková únosnost plechu $N_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4680 \cdot 235 / 1,0 = 1098,0 \text{ kN}$

$N_{Rd} = 1098,0 \text{ kN} > N_{ED} = 310,0 \text{ kN}$

Vyhovuje

8. Závěr

V diplomové práci byla zaměřena na návrh těžkého dřevěného skeletu, jako nosného systému knihovny. Dále byla řešena konstrukce zastřešení a způsob založení objektu. Součástí diplomové práce nebylo posouzení betonových konstrukcí jader, obvodových stěn a ztužujícího obvodového průvlaku pod stojkami rámu střechy. Posouzeny byly hlavní nosné prvky konstrukce a vybrané detaily. Podrobnější rozpracování by si žádal návrh konstrukce a detailů na účinky požáru, na který nezbyl bohužel čas. Na požadovanou požární odolnost R60 byly navrženy pouze sloupky a diagonály 1.NP a 2.NP.

Snahou práce byly ověřit, že konstrukce těžkého dřevěného skeletu je vhodná i pro stavby s výškou vyšší jak 12,0 m, která je omezující vzhledem k požárním předpisům.

Základní rastr sloupů 7,0 x 6,5 m je hraniční, pro dřevěné konstrukce a spíše by byl vhodný pro ocelové konstrukce. Velice pozitivně se osvědčil návrh dřevo-betonové spřažené desky. Spřažení umožnilo použití menších profilů stropnic. Betonová deska vytváří tuhou stropní tabuli, která má vyšší požární odolnost a lepší akustiku.

Pro snížení rozponu průvlaku byly navrženy pásy, případně diagonály, které zredukovaly hodnoty momentů v poli a zároveň ztužily konstrukci. Vhodné řešení by mohlo být v případě nelpění na dřevu, použití kombinace dřevěných stropnic s ocelovými průvlakami z profilů HEB. Jako dalším problémem se ukázal nepravidelný půdorys jednotlivých pater, kdy bylo nutné uložit některé sloupky vyšších pater mimo hlavní rastr sloupů a vedlo to tak k nutnosti zvětšení dimenzí těchto prvků. Přes všechny tyto problémy se podařilo navrhnout konstrukci skeletu, kde byly na nosné prvky použity pouze dřevěné profily, což bylo úkolem diplomové práce.