STUPEŇ	DOKUMENTACE PRO PROVÁDĚNÍ STAVBY
NÁZEV AKCE	**Regenerace území brownfield - Stodola Třebušín**
ČÁST DOKUMENTACE	D.1.2. STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ
STAVEBNÍK	Obec Třebušín Třebušín 33, 412 01 Litoměřice IČ: 00264555
HIP	Ing. Pavel Veverka
PROJEKTANT	FAPAL Projekční a statická kancelář FAPAL s.r.o. Stará Mostecká 250/2 412 01 Litoměřice IČ 06083927
LOKALITA	k.ú. Třebušín (770 591)
ČÍSLO ZAKÁZKY	041-2020
VYPRACOVAL	Ing. Pavel Veverka
DATUM	09/2020
MĚŘÍTKO	-
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	Ing. Jan VINAŘ (ČKAIT 0000769)
NÁZEV	**D.1.2.c** **Statický výpočet**
ČÍSLO PŘÍLOHY	-
ČÍSLO VÝKRESU	-
PARÉ	

OBSAH

1. Úvod 2
2. Použité normy 2
3. Návrh a posouzení krovu 2
   3.1 Výpočet zatížení 2
      3.1.1 Zatížení stálé 2
      3.1.2 Zatížení nahodilé 3
   3.2 Výpočet vnitřních sil 6
   3.3 Posouzení stávajícího krovu 8
      P1 – Vazný trám - posouzení na ohyb, smyk a průhyb 9
      P2 - Krokev - posouzení na ohyb, smyk a průhyb 10
      P3 – Patní vaznice – posouzení na ohyb, smyk a průhyb 11
      P4 – Střední vaznice – posouzení na ohyb, smyk a průhyb 12
      P5 – Vrcholová vaznice – posouzení na ohyb, smyk a průhyb 13
      P6 – Svislý sloupek – posouzení na tlak s ohybem 14
      P7 - Kleština – posouzení na tlak s ohybem 15
      P8 - Vzpěra – posouzení na tlak s ohybem 16
      P9 - Pásek – posouzení na tlak s ohybem 17
4. Závěr posouzení krovu 18
5. Návrh a posouzení ŽB věnce 19
6. Závěr 21

1. Úvod

Ve statickém výpočtu je popsán návrh a posouzení ŽB věnce a konstrukce krovu na objektu stodoly v obci Třebušín. Objekt se nachází v 3.sněhové oblasti a 3.větrné oblasti.

Při výpočtu je uvažováno s rostlým dřevem pevnosti C22, betonem C 20/25 XC1, výztuž B500B a ocelí S235.

Nové prvky krovu budou ošetřeny preventivním přípravkem proti dřevokazným houbám, plísním a dřevokazným škůdcům. Ocelový prvky budou ošetřeny základním nátěrem a vrchním krycím nátěrem v odstínu dle architekta.

2. Použité normy

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení větrem

ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

3. Návrh a posouzení krovu

3.1 Výpočet zatížení

3.1.1 Zatížení stálé

a) střešní plášť

	fk (kN/m²)	ɣ	fd (kN/m²)
Střešní krytina – pálená taška	0,65	1,35	0,88
Nadkrokevní tepelná izolace, tl. 100 mm	0,03	1,35	0,04
Tepelná izolace – mezikrokevní tl. 160 mm	0,07	1,35	0,10
Krokev 140/180	0,10	1,35	0,13
SDK podhled, tl. 15 mm	0,30	1,35	0,40
Σ	**1,15**	X	**1,55**

3. Sněhová oblast, sklon střešní roviny je 45°

Zatížení sněhem

$s = \mu_1 . C_e . C_t . s_k = 0,4 . 1,0 . 1,0 . 1,5 = \underline{0,6\ kN/m^2}$

$C_e = 1,0$

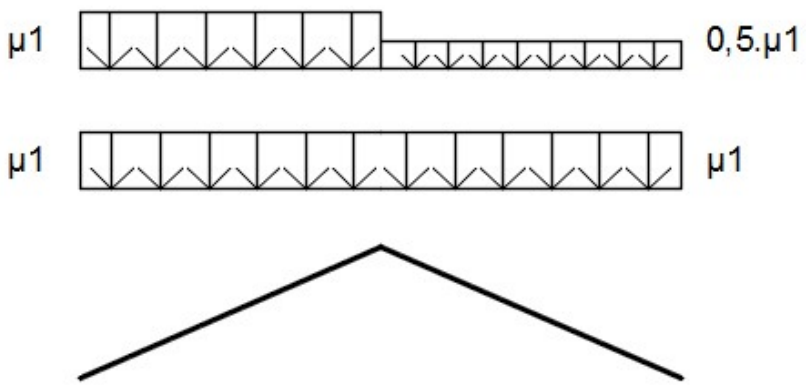
$C_t = 1,0$

$\mu_1 = 0,8\ (60-\alpha)\ /30 = 0,8\ (60-45)\ /30 = 0,4$

$s_k = 1,5\ kN/m^2$

pro výpočet je uvažována hodnota $0,6 . 1,5 = \underline{0,9\ kN/m^2}$

Zatěžovací stavy



Zatížení větrem

3. Větrná oblast $v_{b,0} = 27,5$ m/s

Základní rychlost větru

$v_b = c_{dir} . c_{season} . v_{b,0} = 1 . 1 . 25 = \underline{27,5\ m/s}$

Kategorie terénu	Zo[m]	Zmin[m]
0 Moře nebo oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice předměstský terén, souvislý les)	0,3	5

IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15% povrchu pokryto pozemními stavbami jejichž průměrná výška je větší než 15m	1	10

Kategorie terénu – III., z_o = 0,3m, z_{min} = 9,42m

Základní tlak větru

$q_b = \frac{1}{2} . q . v_{b,0}^2 = \frac{1}{2} . 1,25 . 27,5^2 = \underline{0,472\ kN/m^2}$

Charakteristický dynamický tlak

$q_{p(z)} = Ce_{(z)} . q_b = 1,75 . 0,472 = \underline{0,827\ kN/m^2}$

$Ce_{(z)}$ = 1,75 (odečteno z grafu)

Rozměr střešní konstrukce 28 x 13 m

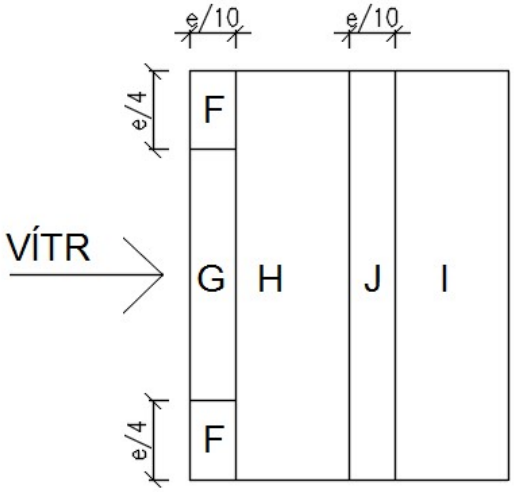
b = 28 m

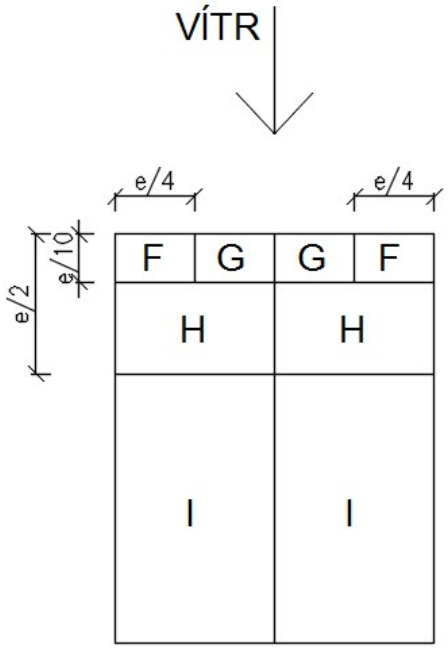
h = 11 m

d = 13 m

e = min (b, 2h) = 22 m

Schéma působení tlaků větru





Podélný směr větru

F = e/4 = 22/4 = 5,5 m

F = e/10 = 22/10 = 2,2 m

Příčný směr větru

F = e/4 = 22/4 = 5,5 m

F = e/10 = 22/10 = 2,2 m

H = e/2 = 22/2 = 11 m

typ střechy - 2 varinty	oblasti				
	F	G	H	I	J
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
podélný směr 1	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
podélný směr 2	0,7	0,7	0,4	0	0
příčný směr 1	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5	-

Tlak větru

$w_e = q_{p(z)} . C_{pe,10}$

	Podélný směr we (kN/m²)	Podélný směr we (kN/m²)	Příčný směr we (kN/m²)
Oblast F	-0,414	0,579	-0,910
Oblast G	-0,414	0,579	-1,158
Oblast H	-0,165	0,331	-0,662
Oblast I	-0,331	0,00	-0,414
Oblast J	-0,414	0,00	-

Tlak větru se součinitelem nahodilého zatížení (1,5)

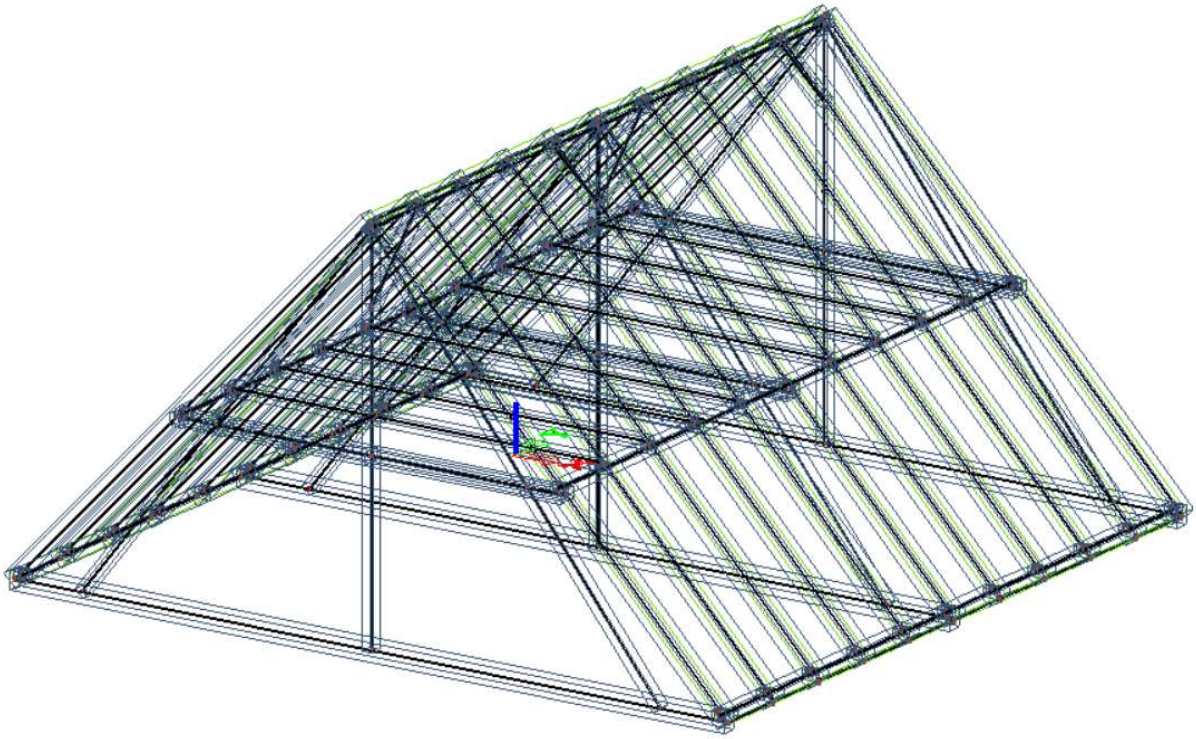
	Podélný směr we (kN/m²)	Podélný směr we (kN/m²)	Příčný směr we (kN/m²)
Oblast F	-0,620	0,868	-1,365
Oblast G	-0,620	0,868	-1,737
Oblast H	-0,248	0,496	-0,992
Oblast I	-0,496	0,00	-0,620
Oblast J	-0,620	0,00	-

Kombinace:

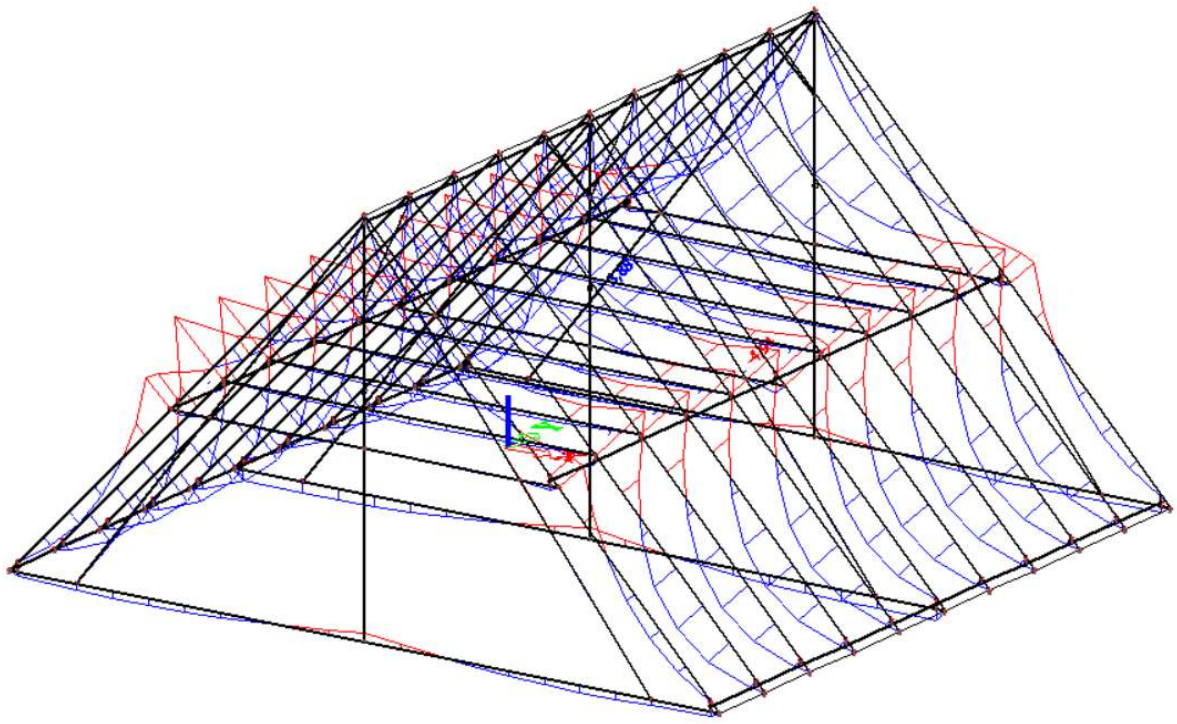
a) Stálé + 0,7 . sníh + vítr
b) Stálé + sníh + 0,7 . vítr → S touto kombinací dále pracujeme

3.2 Výpočet vnitřních sil

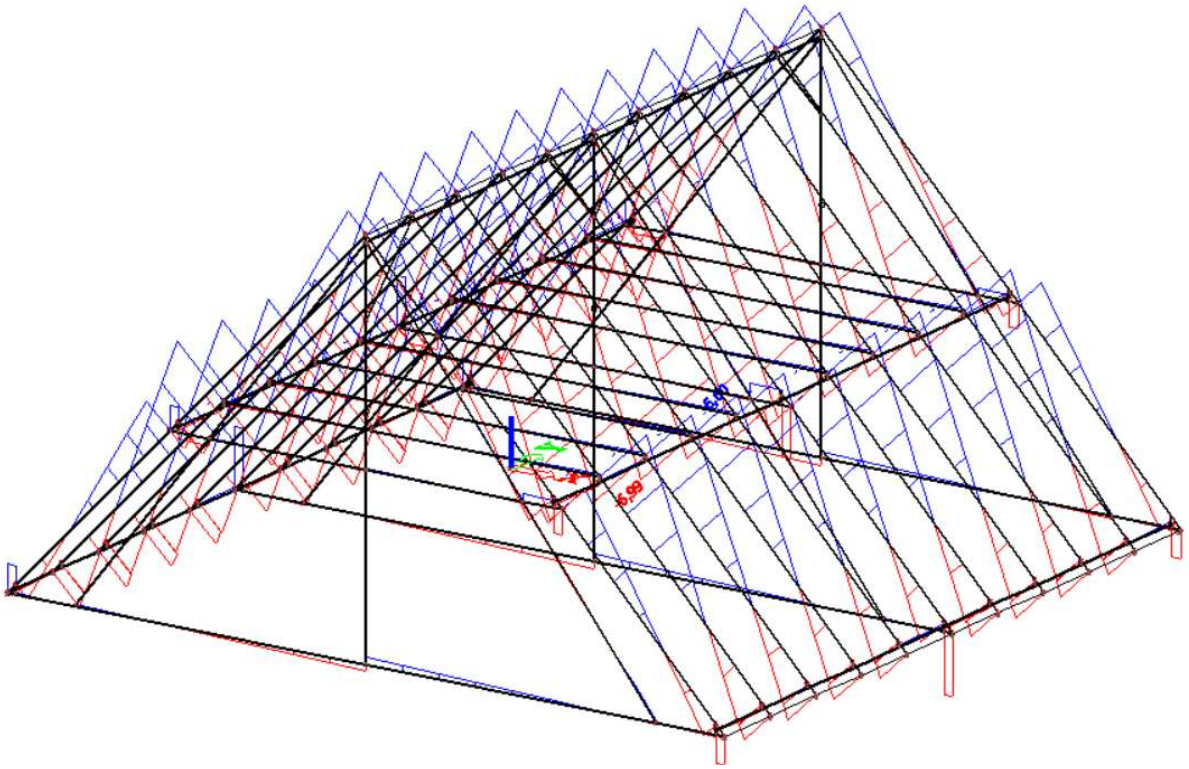
Posuzovaná konstrukce



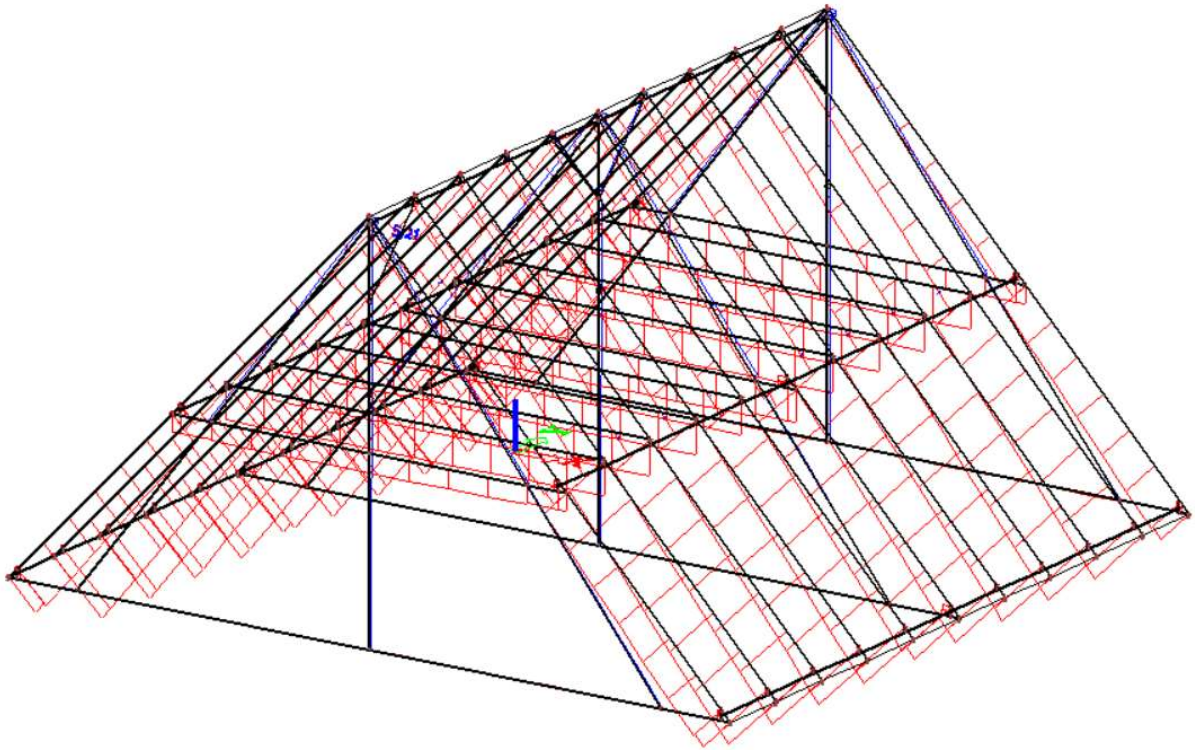
Ohybové momenty



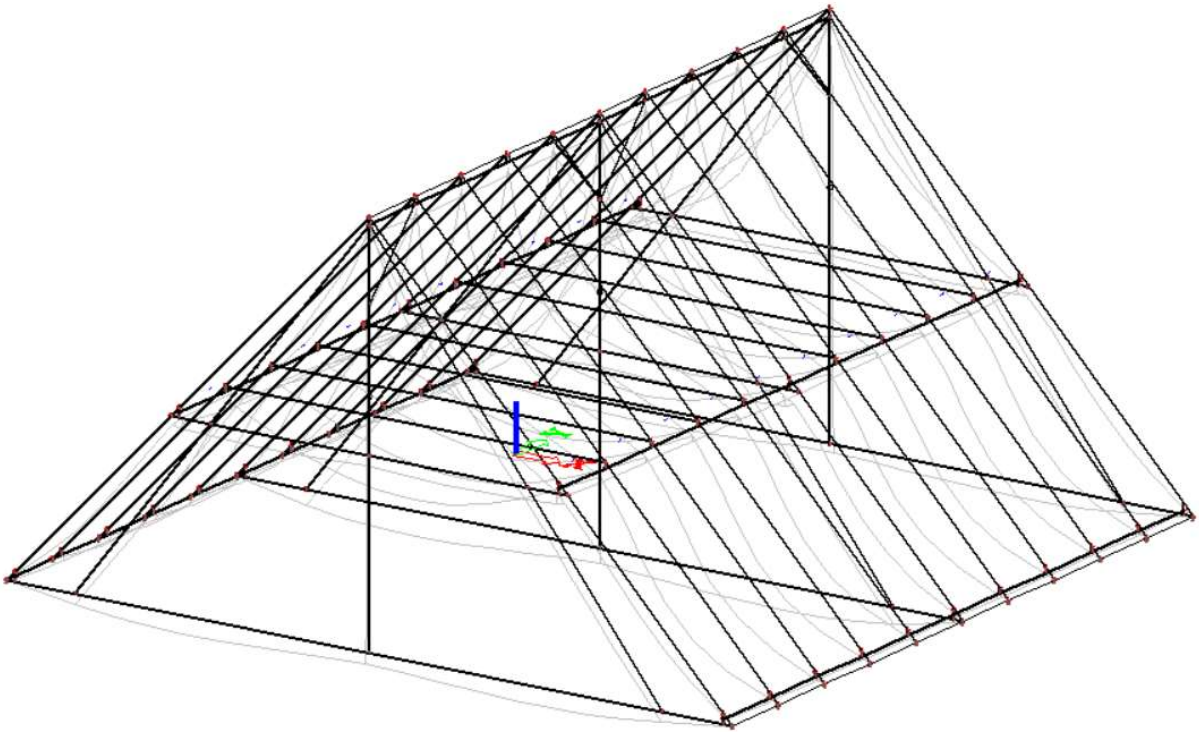
Posouvající síly



Normálové síly



Deformace

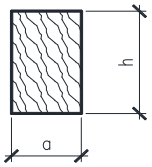


Maximální hodnoty působících sil v konstrukci

Označení prvku	Prvek	M (kNm)	V (kN)	N (kN)
P1	Vazný trám	7,50	5,65	-
P2	Krokev	4,9	6,9	-
P3	Patní vaznice	1,4	2,4	-
P4	Střední vaznice	1,6	1,3	-
P5	Vrcholová vaznice	1,1	1,2	-
P6	Svislý sloupek	1,0	-	13,7
P7	Kleština	1,0	-	19,2
P8	Vzpěra	1,0	-	12,6
P9	Pásek	0,01	-	1,64

3.3 Posouzení prvků

P1 Vazný trám - Posouzení na ohyb, smyk a průhyb

	rozpětí nosníku	L	10,00	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu		γ_M	1,3	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	smyk	f_(v,k)	3,8	MPa
	modul pružnosti	E_(0,mean)	10000	MPa
		E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(m,d)	13,5	MPa
		f_(v,d)	2,3	MPa
Vnitřní síly:				
maximální ohybový moment		Me,d	7,50	kNm
maximální posouvající síla		Vd	5,65	kN
Průřez:				
	šířka	b	**180**	mm
	výška	h	**240**	mm
	plocha průřezu	A	43200	mm2
	průřezový modul	Wy	1728000	mm3
	moment setrvačnosti	Iy	207360000	mm4

Posouzení na smyk

smykové napětí (pro obdelníkový průřez)	$T_{v,d} = 3Vd/(2A*k_{cr})$	$T_{v,d}$	0,29	Mpa
součinitel výsušných trhlin		k_{cr}	0,67	

0,29	$T_{v,d} \leq f_{v,d}$	**2,3**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na smyk!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb (zajištění proti příční a torzní stabilitě):

normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	4,34	MPa

4,34	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$	**13,5**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na ohyb!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb se smykem: (pouze spojitý nosník)

kombinace ohybu se smykem $\sigma_{m,d}/f_{m,d} + Tv,d/f_{v,d}$ ≤ 1

Ohyb		Smyk		
0,321	+	0,125	≤	1
		0,446	**≤**	**1**

Průřez vyhovuje v kombinaci zatížení ohybu a smyku **VYHOVUJE**

Posouzení na ohyb (nosník není zajištěn proti příčné a torzní stabilitě):

kritické napětí za ohybu (obdélníkový průřez, jehličnaté dřevo)	$\sigma_{m,crit} = (0,78*b^2*E_{0,05})/(h*l_{ef})$	$\sigma_{m,crit}$	74,26	MPa
poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,m} = \sqrt{(f_{m,k}/\sigma_{m,crit})}$	$\lambda_{rel,m}$	0,54	-

nedochází ke ztrátě stability

součinitel příčné	1	$(\lambda_{rel,m} \leq 0,75)$				
a torzní stability	k_{crit}= 1,56 - 0,75$\lambda_{rel,m}$	$(0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4)$		k_{crit}	1,00	-
	$1/\lambda^2_{rel,m}$	$(1,4 < \lambda_{rel,m})$				
redukovaná návrhová pevnost				$k_{crit}\ f_{m,d}$	13,54	MPa

4,34	$\sigma_{m,d} \leq k_{crit}\ f_{m,d}$	**13,54**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na ohyb se ztrátou stability!
dřevo třídy C22

Posouzení na průhyb:

součinitel zvětšení deformace v čase (dotvarování a vlhkost)		k_1def	0,6	-
		k_2def	0,6	-
součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení		ψ_2,1	0,3	-
průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení qref=1,0kN/m				
	w_{ref}= (5/384)*(1*l^4)/EI	w_{ref}	62,79	mm
		g_k	1,19	kN/m
průhyb od stálého zatížení	$w_{inst,1}=g_k$*u_ref	$w_{inst,1}$	74,72	mm
		q_k	1,5	kN/m
průhyb od proměnného zatížení	$w_{inst,2}=q_k$*u_ref	$w_{inst,2}$	94,19	mm

2,00	$w_{inst} \leq l/300$	**33,33**	**VYHOVUJE**

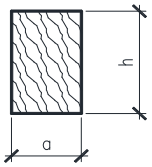
konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení

$w_{net,fin} = w_{1,inst}(1+k_{1,def}) + w_{2,inst}(1+\psi_{2,1}k_{2,def})$ $w_{net,fin}$ 230,70 mm

2,0	$w_{net,fin} \leq l/200$	**50,0**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na průhyb!
dřevo třídy C22

P2 Krokev - Posouzení na ohyb, smyk a průhyb

	rozpětí nosníku	L	3,20	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu		γ_M	1,3	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	smyk	f_(v,k)	3,8	MPa
	modul pružnosti	E_(0,mean)	10000	MPa
		E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(m,d)	13,5	MPa
		f_(v,d)	2,3	MPa
Vnitřní síly:				
maximální ohybový moment		Me,d	4,90	kNm
maximální posouvající síla		Vd	6,90	kN
Průřez:				
	šířka	b	**140**	mm
	výška	h	**180**	mm
	plocha průřezu	A	25200	mm2
	průřezový modul	Wy	756000	mm3
	moment setrvačnosti	Iy	68040000	mm4

Posouzení na smyk

smykové napětí (pro obdelníkový průřez)	$T_{v,d} = 3Vd/(2A*k_{cr})$	$T_{v,d}$	0,61	Mpa
součinitel výsušných trhlin		k_{cr}	0,67	

0,61	$T_{v,d} \leq f_{v,d}$	**2,3**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na smyk!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb (zajištění proti příční a torzní stabilitě):

normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	6,48	MPa

6,48	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$	**13,5**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na ohyb!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb se smykem: (pouze spojitý nosník)

kombinace ohybu se smykem $\sigma_{m,d}/f_{m,d} + Tv,d/f_{v,d}$ ≤ 1

Ohyb		Smyk		
0,479	+	0,262	≤	1
		0,741	**≤**	**1**

Průřez vyhovuje v kombinaci zatížení ohybu a smyku **VYHOVUJE**

Posouzení na ohyb (nosník není zajištěn proti příčné a torzní stabilitě):

kritické napětí za ohybu (obdélníkový průřez, jehličnaté dřevo)	$\sigma_{m,crit} = (0,78*b^2*E_{0,05})/(h*l_{ef})$	$\sigma_{m,crit}$	187,19	MPa
poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,m} = \sqrt{(f_{m,k}/\sigma_{m,crit})}$	$\lambda_{rel,m}$	0,34	-

nedochází ke ztrátě stability

součinitel příčné	1	$(\lambda_{rel,m} \leq 0,75)$				
a torzní stability	k_{crit}= 1,56 - 0,75$\lambda_{rel,m}$	$(0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4)$		k_{crit}	1,00	-
	$1/\lambda^2_{rel,m}$	$(1,4 < \lambda_{rel,m})$				
redukovaná návrhová pevnost				$k_{crit}\ f_{m,d}$	13,54	MPa

6,48	$\sigma_{m,d} \leq k_{crit}\ f_{m,d}$	**13,54**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na ohyb se ztrátou stability!
dřevo třídy C22

Posouzení na průhyb:

součinitel zvětšení deformace v čase (dotvarování a vlhkost)		k_1def	0,6	-
		k_2def	0,6	-
součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení		ψ_2,1	0,3	-
průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení qref=1,0kN/m				
	w_{ref}= (5/384)*(1*l^4)/EI	w_{ref}	2,01	mm
		g_k	1,19	kN/m
průhyb od stálého zatížení	$w_{inst,1}=g_k$*u_ref	$w_{inst,1}$	2,39	mm
		q_k	1,5	kN/m
průhyb od proměnného zatížení	$w_{inst,2}=q_k$*u_ref	$w_{inst,2}$	3,01	mm

5,40	$w_{inst} \leq l/300$	**10,67**	**VYHOVUJE**

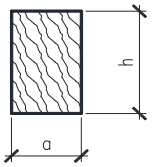
konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení

$w_{net,fin} = w_{1,inst}(1+k_{1,def}) + w_{2,inst}(1+\psi_{2,1}k_{2,def})$ $w_{net,fin}$ 7,37 mm

7,4	$w_{net,fin} \leq l/200$	**16,0**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na průhyb!
dřevo třídy C22

P3 Patní vaznice - Posouzení na ohyb, smyk a průhyb

	rozpětí nosníku	L	4,00	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu		γ_M	1,3	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	smyk	f_(v,k)	3,8	MPa
	modul pružnosti	E_(0,mean)	10000	MPa
		E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(m,d)	13,5	MPa
		f_(v,d)	2,3	MPa
Vnitřní síly:				
maximální ohybový moment		Me,d	1,40	kNm
maximální posouvající síla		Vd	2,40	kN
Průřez:				
	šířka	b	**140**	mm
	výška	h	**180**	mm
	plocha průřezu	A	25200	mm2
	průřezový modul	Wy	756000	mm3
	moment setrvačnosti	Iy	68040000	mm4

Posouzení na smyk

smykové napětí (pro obdelníkový průřez)	$T_{v,d} = 3Vd/(2A*k_{cr})$	$T_{v,d}$	0,21	Mpa
součinitel výsušných trhlin		k_{cr}	0,67	

0,21	$T_{v,d} \leq f_{v,d}$	**2,3**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na smyk!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb (zajištění proti příční a torzní stabilitě):

normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	1,85	MPa

1,85	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$	**13,5**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na ohyb!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb se smykem: (pouze spojitý nosník)

kombinace ohybu se smykem $\sigma_{m,d}/f_{m,d} + Tv,d/f_{v,d}$ ≤ 1

Ohyb		Smyk		
0,137	+	0,091	≤	1
		0,228	**≤**	**1**
Průřez vyhovuje v kombinaci zatížení ohybu a smyku				**VYHOVUJE**

Posouzení na ohyb (nosník není zajištěn proti příčné a torzní stabilitě):

kritické napětí za ohybu (obdélníkový průřez, jehličnaté dřevo)	$\sigma_{m,crit} = (0,78*b^2*E_{0,05})/(h*l_{ef})$	$\sigma_{m,crit}$	149,75	MPa
poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,m} = \sqrt{(f_{m,k}/\sigma_{m,crit})}$	$\lambda_{rel,m}$	0,38	-

nedochází ke ztrátě stability

součinitel příčné	1	$(\lambda_{rel,m} \leq 0,75)$				
a torzní stability	k_{crit}= 1,56 - 0,75$\lambda_{rel,m}$	$(0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4)$		k_{crit}	1,00	-
	$1/\lambda^2_{rel,m}$	$(1,4 < \lambda_{rel,m})$				
redukovaná návrhová pevnost				$k_{crit}\ f_{m,d}$	13,54	MPa

1,85	$\sigma_{m,d} \leq k_{crit}\ f_{m,d}$	**13,54**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na ohyb se ztrátou stability!
dřevo třídy C22

Posouzení na průhyb:

součinitel zvětšení deformace v čase (dotvarování a vlhkost)		k_1def	0,6	-
		k_2def	0,6	-
součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení		ψ_2,1	0,3	-
průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení qref=1,0kN/m				
	w_{ref}= (5/384)*(1*l^4)/EI	w_{ref}	4,90	mm
		g_k	1,19	kN/m
průhyb od stálého zatížení	$w_{inst,1}=g_k$*u_ref	$w_{inst,1}$	5,83	mm
		q_k	1,5	kN/m
průhyb od proměnného zatížení	$w_{inst,2}=q_k$*u_ref	$w_{inst,2}$	7,35	mm

13,18	$w_{inst} \leq l/300$	**13,33**	**VYHOVUJE**

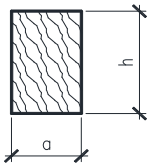
konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení

$w_{net,fin} = w_{1,inst}(1+k_{1,def}) + w_{2,inst}(1+\psi_{2,1}k_{2,def})$ $w_{net,fin}$ 18,00 mm

18,0	$w_{net,fin} \leq l/200$	**20,0**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na průhyb!
dřevo třídy C22

P4 Střední vaznice - Posouzení na ohyb, smyk a průhyb

	rozpětí nosníku	L	4,00	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu		γ_M	1,3	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	smyk	f_(v,k)	3,8	MPa
	modul pružnosti	E_(0,mean)	10000	MPa
		E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(m,d)	13,5	MPa
		f_(v,d)	2,3	MPa
Vnitřní síly:				
maximální ohybový moment		Me,d	1,60	kNm
maximální posouvající síla		Vd	1,30	kN
Průřez:				
	šířka	b	**140**	mm
	výška	h	**180**	mm
	plocha průřezu	A	25200	mm2
	průřezový modul	Wy	756000	mm3
	moment setrvačnosti	Iy	68040000	mm4

Posouzení na smyk

smykové napětí (pro obdelníkový průřez)	$T_{v,d} = 3Vd/(2A*k_{cr})$	$T_{v,d}$	0,12	Mpa
součinitel výsušných trhlin		k_{cr}	0,67	

0,12	$T_{v,d} \leq f_{v,d}$	**2,3**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na smyk!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb (zajištění proti příční a torzní stabilitě):

normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	2,12	MPa

2,12	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$	**13,5**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na ohyb!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb se smykem: (pouze spojitý nosník)

kombinace ohybu se smykem $\sigma_{m,d}/f_{m,d} + Tv,d/f_{v,d}$ ≤ 1

Ohyb		Smyk		
0,156	+	0,049	≤	1
		0,206	**≤**	**1**
Průřez vyhovuje v kombinaci zatížení ohybu a smyku				**VYHOVUJE**

Posouzení na ohyb (nosník není zajištěn proti příčné a torzní stabilitě):

kritické napětí za ohybu (obdélníkový průřez, jehličnaté dřevo)	$\sigma_{m,crit} = (0,78*b^2*E_{0,05})/(h*l_{ef})$	$\sigma_{m,crit}$	149,75	MPa
poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,m} = \sqrt{(f_{m,k}/\sigma_{m,crit})}$	$\lambda_{rel,m}$	0,38	-

nedochází ke ztrátě stability

součinitel příčné	1	$(\lambda_{rel,m} \leq 0,75)$				
a torzní stability	k_{crit}= 1,56 - 0,75$\lambda_{rel,m}$	$(0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4)$		k_{crit}	1,00	-
	$1/\lambda^2_{rel,m}$	$(1,4 < \lambda_{rel,m})$				
redukovaná návrhová pevnost				$k_{crit}\ f_{m,d}$	13,54	MPa

2,12	$\sigma_{m,d} \leq k_{crit}\ f_{m,d}$	**13,54**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na ohyb se ztrátou stability!
dřevo třídy C22

Posouzení na průhyb:

součinitel zvětšení deformace v čase (dotvarování a vlhkost)		k_1def	0,6	-
		k_2def	0,6	-
součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení		ψ_2,1	0,3	-
průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení qref=1,0kN/m				
	w_{ref}= (5/384)*(1*l^4)/EI	w_{ref}	4,90	mm
		g_k	1,19	kN/m
průhyb od stálého zatížení	$w_{inst,1}=g_k$*u_ref	$w_{inst,1}$	5,83	mm
		q_k	1,5	kN/m
průhyb od proměnného zatížení	$w_{inst,2}=q_k$*u_ref	$w_{inst,2}$	7,35	mm

13,18	$w_{inst} \leq l/300$	**13,33**	**VYHOVUJE**

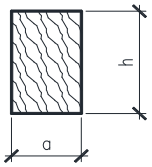
konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení

$w_{net,fin} = w_{1,inst}(1+k_{1,def}) + w_{2,inst}(1+\psi_{2,1}k_{2,def})$ $w_{net,fin}$ 18,00 mm

18,0	$w_{net,fin} \leq l/200$	**20,0**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na průhyb!
dřevo třídy C22

P5 Vrcholová vaznice - Posouzení na ohyb, smyk a průhyb

	rozpětí nosníku	L	2,00	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu		γ_M	1,3	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	smyk	f_(v,k)	3,8	MPa
	modul pružnosti	E_(0,mean)	10000	MPa
		E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(m,d)	13,5	MPa
		f_(v,d)	2,3	MPa
Vnitřní síly:				
maximální ohybový moment		Me,d	1,10	kNm
maximální posouvající síla		Vd	1,20	kN
Průřez:				
	šířka	b	**160**	mm
	výška	h	**160**	mm
	plocha průřezu	A	25600	mm2
	průřezový modul	Wy	682667	mm3
	moment setrvačnosti	Iy	54613333	mm4

Posouzení na smyk

smykové napětí (pro obdelníkový průřez)	$T_{v,d} = 3Vd/(2A*k_{cr})$	$T_{v,d}$	0,10	Mpa
součinitel výsušných trhlin		k_{cr}	0,67	

0,10	$T_{v,d} \leq f_{v,d}$	**2,3**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na smyk!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb (zajištění proti příční a torzní stabilitě):

normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	1,61	MPa

1,61	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$	**13,5**	**VYHOVUJE**
Průřez vyhovuje na ohyb!		**dřevo třídy**	**C22**

Posouzení na ohyb se smykem: (pouze spojitý nosník)

kombinace ohybu se smykem $\sigma_{m,d}/f_{m,d} + Tv,d/f_{v,d}$ ≤ 1

Ohyb		Smyk		
0,119	+	0,045	≤	1
		0,164	**≤**	**1**
Průřez vyhovuje v kombinaci zatížení ohybu a smyku				**VYHOVUJE**

Posouzení na ohyb (nosník není zajištěn proti příčné a torzní stabilitě):

kritické napětí za ohybu (obdélníkový průřez, jehličnaté dřevo)	$\sigma_{m,crit} = (0,78*b^2*E_{0,05})/(h*l_{ef})$	$\sigma_{m,crit}$	440,08	MPa
poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,m} = \sqrt{(f_{m,k}/\sigma_{m,crit})}$	$\lambda_{rel,m}$	0,22	-

nedochází ke ztrátě stability

součinitel příčné	1	$(\lambda_{rel,m} \leq 0,75)$				
a torzní stability	k_{crit}= 1,56 - 0,75$\lambda_{rel,m}$	$(0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4)$		k_{crit}	1,00	-
	$1/\lambda^2_{rel,m}$	$(1,4 < \lambda_{rel,m})$				
redukovaná návrhová pevnost				$k_{crit}\ f_{m,d}$	13,54	MPa

1,61	$\sigma_{m,d} \leq k_{crit}\ f_{m,d}$	**13,54**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na ohyb se ztrátou stability!
dřevo třídy C22

Posouzení na průhyb:

součinitel zvětšení deformace v čase (dotvarování a vlhkost)		k_1def	0,6	-
		k_2def	0,6	-
součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení		ψ_2,1	0,3	-
průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení qref=1,0kN/m				
	w_{ref}= (5/384)*(1*l^4)/EI	w_{ref}	0,38	mm
		g_k	1,19	kN/m
průhyb od stálého zatížení	$w_{inst,1}=g_k$*u_ref	$w_{inst,1}$	0,45	mm
		q_k	1,5	kN/m
průhyb od proměnného zatížení	$w_{inst,2}=q_k$*u_ref	$w_{inst,2}$	0,57	mm

1,03	$w_{inst} \leq l/300$	**6,67**	**VYHOVUJE**

konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení

$w_{net,fin} = w_{1,inst}(1+k_{1,def}) + w_{2,inst}(1+\psi_{2,1}k_{2,def})$ $w_{net,fin}$ 1,40 mm

1,4	$w_{net,fin} \leq l/200$	**10,0**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na průhyb!
dřevo třídy C22

P6 Svislý sloup - Posouzení na vzpěr a ohyb

	délka nosníku	L	3,00	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	tlak	f_(c,0,k)	20	MPa
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	modul pružnosti	E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(c,0,d)	12,3	MPa
		f_(m,d)	13,5	MPa
Vnitřní síly				
zatížení normálové		Ned	13,70	kN
ohybový moment		Med	1,00	kNm
Průřez:				
	šířka	b	**160**	mm
	výška	h	**160**	mm
	plocha průřezu	A	25600	mm2
	průřezový modul	W_y	682667	mm3
	moment setrvačnosti	I_y	54613333	mm4
		i_y	46,2	mm
Normálové napětí v průřezu:				
normálová napětí v tlaku	$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed}/A$	$\sigma_{c,0,d}$	0,54	MPa
normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	1,46	MPa

Posouzení na vzpěr a ohyb:

poměrná štíhlost (vybočení ve směru osy "z")	$\lambda_y = l_y/i_y$	λ_y	65,0	-
kritické napětí v tlaku (vypočteno pro rozhodující - maximální štíhlost)	$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * E_{0,05}/\lambda^2$	$\sigma_{c,crit}$	15,67	MPa
relativní štíhlost	$\lambda_{rel} = \sqrt{(f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})}$	λ_{rel}	1,13	-
		prvek posuzujeme na vzpěr		
	$k = 0,5*[1+\beta_c(\lambda_{rel}-0,3)+\lambda_{rel}^2]$	k	1,20	-
součinitel vzpěru	$k_c = 1/(k+\sqrt{(k^2-\lambda_{rel}^2)})$	k_c	0,62	-

kombinace ohybu a vzpěru $\sigma_{c,0,d}/k_c*f_{c,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d} \leq 1$

0,070 + 0,108

0,18 ≤ **1,00** **VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na vzpěr a ohyb!

dřevo třídy C22

P7 Kleština - Posouzení na vzpěr a ohyb

	délka nosníku	L	2,10	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	tlak	f_(c,0,k)	20	MPa
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	modul pružnosti	E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(c,0,d)	12,3	MPa
		f_(m,d)	13,5	MPa
Vnitřní síly				
zatížení normálové		Ned	19,20	kN
ohybový moment		Med	1,00	kNm
Průřez:				
	šířka	b	**160**	mm
	výška	h	**160**	mm
	plocha průřezu	A	25600	mm2
	průřezový modul	W_y	682667	mm3
	moment setrvačnosti	I_y	54613333	mm4
		i_y	46,2	mm
Normálové napětí v průřezu:				
normálová napětí v tlaku	$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed}/A$	$\sigma_{c,0,d}$	0,75	MPa
normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	1,46	MPa

Posouzení na vzpěr a ohyb:

poměrná štíhlost (vybočení ve směru osy "z")	$\lambda_y = l_y/i_y$	λ_y	45,5	-
kritické napětí v tlaku (vypočteno pro rozhodující - maximální štíhlost)	$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * E_{0,05}/\lambda^2$	$\sigma_{c,crit}$	31,99	MPa
relativní štíhlost	$\lambda_{rel} = \sqrt{(f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})}$	λ_{rel}	0,79	-
		prvek posuzujeme na vzpěr		
	$k = 0,5*[1+\beta_c(\lambda_{rel}-0,3)+\lambda_{rel}^2]$	k	0,84	-
součinitel vzpěru	$k_c = 1/(k+\sqrt{(k^2-\lambda_{rel}^2)})$	k_c	0,88	-

kombinace ohybu a vzpěru $\sigma_{c,0,d}/k_c * f_{c,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d} \leq 1$

0,069 + 0,108

0,18 ≤ **1,00** **VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na vzpěr a ohyb!

dřevo třídy C22

P8 Vzpěra - Posouzení na vzpěr a ohyb

	délka nosníku	L	3,50	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	tlak	f_(c,0,k)	20	MPa
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	modul pružnosti	E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(c,0,d)	12,3	MPa
		f_(m,d)	13,5	MPa
Vnitřní síly				
zatížení normálové		Ned	12,60	kN
ohybový moment		Med	1,00	kNm
Průřez:				
	šířka	b	**160**	mm
	výška	h	**160**	mm
	plocha průřezu	A	25600	mm2
	průřezový modul	W_y	682667	mm3
	moment setrvačnosti	I_y	54613333	mm4
		i_y	46,2	mm
Normálové napětí v průřezu:				
normálová napětí v tlaku	$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed}/A$	$\sigma_{c,0,d}$	0,49	MPa
normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	1,46	MPa

Posouzení na vzpěr a ohyb:

poměrná štíhlost (vybočení ve směru osy "z")	$\lambda_y = l_y/i_y$	λ_y	75,8	-
kritické napětí v tlaku (vypočteno pro rozhodující - maximální štíhlost)	$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * E_{0,05}/\lambda^2$	$\sigma_{c,crit}$	11,52	MPa
relativní štíhlost	$\lambda_{rel} = \sqrt{(f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})}$	λ_{rel}	1,32	-
		prvek posuzujeme na vzpěr		
	$k = 0,5*[1+\beta_c(\lambda_{rel}-0,3)+\lambda_{rel}^2]$	k	1,45	-
součinitel vzpěru	$k_c = 1/(k+\sqrt{(k^2-\lambda_{rel}^2)})$	k_c	0,49	-

kombinace ohybu a vzpěru $\sigma_{c,0,d}/k_c * f_{c,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d} \leq 1$

0,082 + 0,108

0,19 ≤ **1,00** **VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na vzpěr a ohyb!

dřevo třídy C22

P9 Pásek - Posouzení na vzpěr a ohyb

	délka nosníku	L	1,20	m
Vlastnosti materiálů:				
třída provozu (1-3)			1	
třída trvání zatížení			Střednědobé	
modifikační součinitel pro třídy vlhkosti a trvání zatížení		k_{mod}	0,8	
Charakteristické hodnoty pevností pro rostlé dřevo:		třída pevnosti	C22	
	tlak	f_(c,0,k)	20	MPa
	ohyb	f_(m,k)	22	MPa
	modul pružnosti	E_(0,05)	6700	MPa
Návrhové hodnoty pevností pro rostlé dřevo:				
	$X_{m,d} = k_{mod} * X_{m,k}/\gamma_M$	f_(c,0,d)	12,3	MPa
		f_(m,d)	13,5	MPa
Vnitřní síly				
zatížení normálové		Ned	1,64	kN
ohybový moment		Med	0,01	kNm
Průřez:				
	šířka	b	**120**	mm
	výška	h	**120**	mm
	plocha průřezu	A	14400	mm2
	průřezový modul	W_y	288000	mm3
	moment setrvačnosti	I_y	17280000	mm4
		i_y	34,6	mm
Normálové napětí v průřezu:				
normálová napětí v tlaku	$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed}/A$	$\sigma_{c,0,d}$	0,11	MPa
normálová napětí za ohybu	$\sigma_{m,d} = M_d/W$	$\sigma_{m,d}$	0,03	MPa

Posouzení na vzpěr a ohyb:

poměrná štíhlost (vybočení ve směru osy "z")	$\lambda_y = l_y/i_y$	λ_y	34,6	-
kritické napětí v tlaku (vypočteno pro rozhodující - maximální štíhlost)	$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * E_{0,05}/\lambda^2$	$\sigma_{c,crit}$	55,11	MPa
relativní štíhlost	$\lambda_{rel} = \sqrt{(f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit})}$	λ_{rel}	0,60	-
		prvek posuzujeme na vzpěr		
	$k = 0,5*[1+\beta_c(\lambda_{rel}-0,3)+\lambda_{rel}^2]$	k	0,69	-
součinitel vzpěru	$k_c = 1/(k+\sqrt{(k^2-\lambda_{rel}^2)})$	k_c	0,97	-

kombinace ohybu a vzpěru $\sigma_{c,0,d}/k_c * f_{c,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d} \leq 1$

0,010	+	0,003			
		0,01	≤	**1,00**	**VYHOVUJE**

Průřez vyhovuje na vzpěr a ohyb!
dřevo třídy C22

4. Závěr posouzení krovu

Navržené prvky byly posouzeny na jejich v jejich primární zatěžování a dále na kombinaci více zatížení.

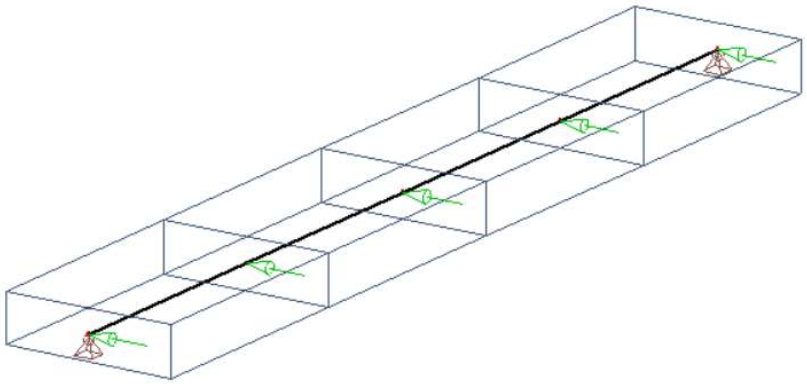
V tabulce jsou uvedeny výsledky:

Označení prvku	Prvek	Návrh rozměru (b/h mm)	Posudek
P1	Vazný trám	180/240 mm	Vyhovuje
P2	Krokev	140/180 mm	Vyhovuje
P3	Patní vaznice	140/180 mm	Vyhovuje
P4	Střední vaznice	140/180 mm	Vyhovuje
P5	Vrcholová vaznice	140/180 mm	Vyhovuje
P6	Svislý sloupek	160/160 mm	Vyhovuje
P7	Kleština	2x 80/160 mm	Vyhovuje
P8	Vzpěra	160/160 mm	Vyhovuje
P9	Pásek	120/120 mm	Vyhovuje

5. Návrh a posouzení ŽB věnce

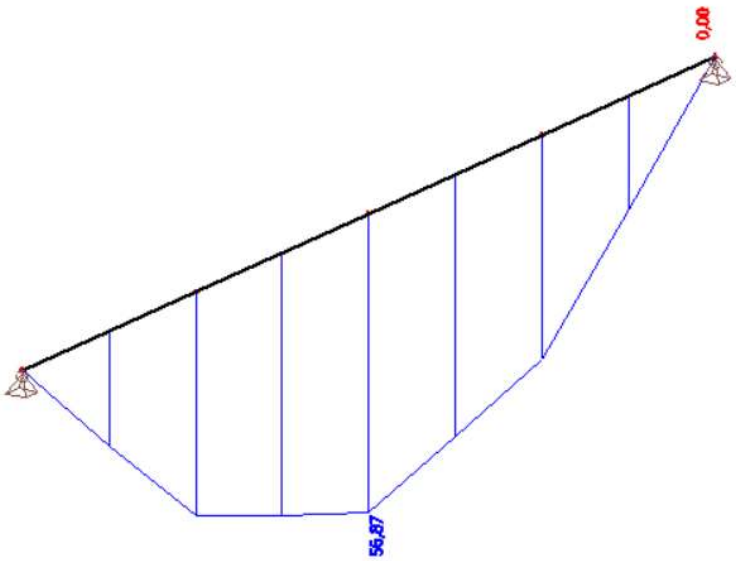
Schéma zatížení

- ŽB věnec posuzujeme jako prostý nosník, který je namáhán v rozmezí plných vazeb. Zatížení vodorovných sil jsme převzali ze statického modelu. ŽB věnec je navržen výšky 200 mm a šířky 700 mm.



Výpočet vnitřních sil

Ohybové momenty (kNm)



Návrh výztuže

d = 700 – 25 – 6 – 7 = 662 mm

$A_{s,\,req} = M / 0{,}395 \cdot d \cdot f_{yd} = 56{,}87 \cdot 10^3 / 200 \cdot 662 \cdot 13{,}3 \cdot 10^3$

$= 0{,}000\,0329\ m^2 = 329\ mm^2$

Navrhuji 3ϕR14 mm při spodním povrchu a 3ϕR14 mm při horním povrchu, třmínky R6 á 300 mm.

$M_{RD} = As \cdot fyd \cdot z = 308 \cdot 434{,}78 \cdot 0{,}9 \cdot 662 + 308 \cdot 434{,}78 \cdot 0{,}9 \cdot 350 =$ <u>121,78 kNm</u>

Závěr

Navržená výztuž vyhovuje.

6. Závěr

Všechny nové prvky krovu budou z jehličnatého dřeva třídy pevnosti C22 a před usazením do konstrukce budou ošetřeny preventivním přípravkem proti dřevokazným houbám, plísním a dřevokazným škůdcům, hrany prvků budou sraženy. Jednotlivé spoje budou provedeny vždy tesařským spojem a případně zajištěny ocelovým svorníkem průměru 16 mm (včetně podložky).

Vzhledem k charakteru stavby mohou být při stavební činnosti zjištěny skutečnosti, které mohou ovlivnit předpoklad a rozsah stavebních prací. Pokud tato skutečnost nastane, bude projektant bez odkladu upozorněn.

V Litoměřicích 9/2020 Ing. Pavel Veverka, Ing. Jan Vinař