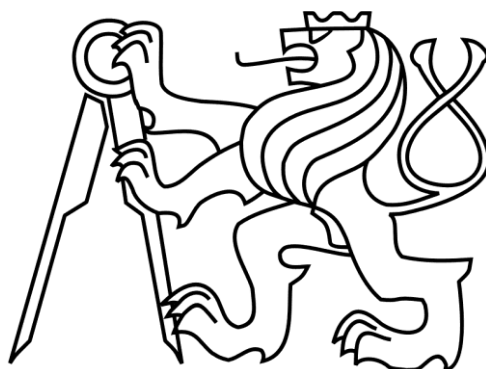


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Bakalářská práce



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hruška	Jméno: Josef	Osobní číslo: 423080
Zadávající katedra: 134 Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Q - Požární bezpečnost staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Požární návrh ocelové konstrukce zastřešení servisního centra	
Název bakalářské práce anglicky: Fire design of steel structure of roof of service centre	
Pokyny pro vypracování: 1. Koncept požárně bezpečnostního řešení vybrané části objektu 2. Návrh ocelové konstrukce zastřešení vybrané části budovy za běžné teploty 3. Výpočet teploty plynu pomocí vhodného požárního scénáře 4. Posouzení prvků konstrukce zastřešení za požáru	
Seznam doporučené literatury: normy ČSN 73 0802, ČSN 73 0804, ČSN EN 1991, ČSN EN 1993 Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, František Wald a kol., 2015	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Kamila Cábová Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 21. 2. 2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28. 5. 2017 Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

27. 2. 2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího Ing. Kamily Cábové, Ph.D.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat paní Ing. Kamile Cábové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

Požární návrh ocelové konstrukce zastřešení
servisního centra

Fire design of steel structure of roof of service
center

Anotace:

Bakalářská práce je zaměřena na výpočet střešní ocelové konstrukce nad servisní halou centra. Nejprve je řešen návrh a posouzení konstrukce za běžné teploty. Následuje stanovení požárního úseku a výpočet stupně požární bezpečnosti v požárním úseku, z něhož je určena požadovaná odolnost konstrukce za požáru v minutách. Poté jsou navrženy dva požární scénáře zahrnující požár rozlitého oleje a požár nákladního vozu. Konstrukce je posouzena za zvýšené teploty pro oba požární scénáře.

Klíčová slova: *ocelový příhradový vazník, návrh konstrukce, stupeň požární bezpečnosti, požární scénář, posouzení za požáru*

Abstract:

The bachelor thesis focuses on calculation of the steel roof structure above the service center. Firstly, the design and assessment of the design at normal temperature is solved. Following part deals with the determination of the fire compartment and the calculation of the degree of fire safety in the fire compartment, from which the required resistance of the structure in fire is determined in minutes. After that, two fire scenarios which include a fire of spilled oil and fire of a truck are introduced. The construction is evaluated at elevated temperatures.

Keywords: *steel truss, structural design, degree of fire safety, fire scenario, assessment during fire*

Obsah

Seznam použitých symbolů.....	2
1 Hala s příhradovým vazníkem - Návrh vazníku za běžné teploty	3
1.1 Popis objektu.....	3
1.2 Zatížení	4
1.2.1 Vítr příčný	6
1.2.2 Vítr podélný	7
1.3 Střecha	8
1.3.1 Střešní panel KINGSPAN KS 1000 RW 80	8
1.3.2 Vnitřní (mezilehlá) vaznice.....	9
1.3.2.1 Zatížení	10
1.3.2.2 Kombinace zatížení (KZS).....	12
1.3.3 Okapová vaznice	13
1.4 Příčná vazba.....	13
1.4.1 Schéma.....	13
1.4.2 Zatížení	14
1.4.3 Zatěžovací stavy	14
1.4.4 Kombinace zatěžovacích stavů (KZS).....	17
1.4.5 Vnitřní síly v prutech příčné vazby	18
1.5 Trubkový vazník	18
1.5.1 Posouzení prutů	19
1.5.2 Svislý průhyb	20
1.5.3 Montážní styk.....	20
2 Požární bezpečnostní řešení – stupeň požární bezpečnosti	22
2.1 Výpočet požárního zatížení pro požární úsek přímo větraný	23
3 Požární scénář rozlitého oleje.....	25
3.1 Požár rozlitého oleje.....	25
3.2 Posouzení vazníku za požáru.....	28
4 Požární scénář nákladního vozidla s přívěsem	28
4.1 Požár nákladního vozidla s přívěsem	28
4.2 Posouzení vazníku za požáru.....	30
5 Literatura	33
Seznam příloh	34
Seznam obrázků	35
Seznam tabulek	36

Seznam použitých symbolů

γ_G	[-]	součinitel stálého zatížení
γ_Q	[-]	součinitel nahodilého zatížení
g_k	[kN/m]	charakteristické stálé zatížení
g_d	[kN/m]	návrhové stálé zatížení
q_k	[kN/m]	charakteristické proměnné zatížení
q_d	[kN/m]	návrhové proměnné zatížení
f_y	[MPa]	pevnost oceli na mezi kluzu
E	[MPa]	modul pružnosti
m	[kg]	hmotnost
λ	[-]	štíhlost
ρ	[kg m ⁻³]	objemová hmotnost materiálu
t	[s]	čas
T	[°C]	teplota
δ	[m]	průhyb
ψ	[-]	součinitel zatížení kombinačních stavů
$w_{e,k}$	[kN/m ²]	zatížení větrem
A	[mm ²]	plocha
p_n	[kg/m ²]	nahodilé požární zatížení
a_n	[-]	součinitel nahodilého požárního zatížení
p_s	[kg/m ²]	stálé požární zatížení
S	[m ²]	plocha
p_v	[kg/m ²]	výpočtové požární zatížení
D	[m]	průměr požáru
H	[MJ/kg]	výhřevnost
Q	[kW]	rychlost uvolňování tepla
A_f	[m ²]	podlahová plocha
L_f	[m]	délka plamene
L	[m]	délka
i	[mm]	poloměr setrvačnosti

1 Hala s příhradovým vazníkem - Návrh vazníku za běžné teploty

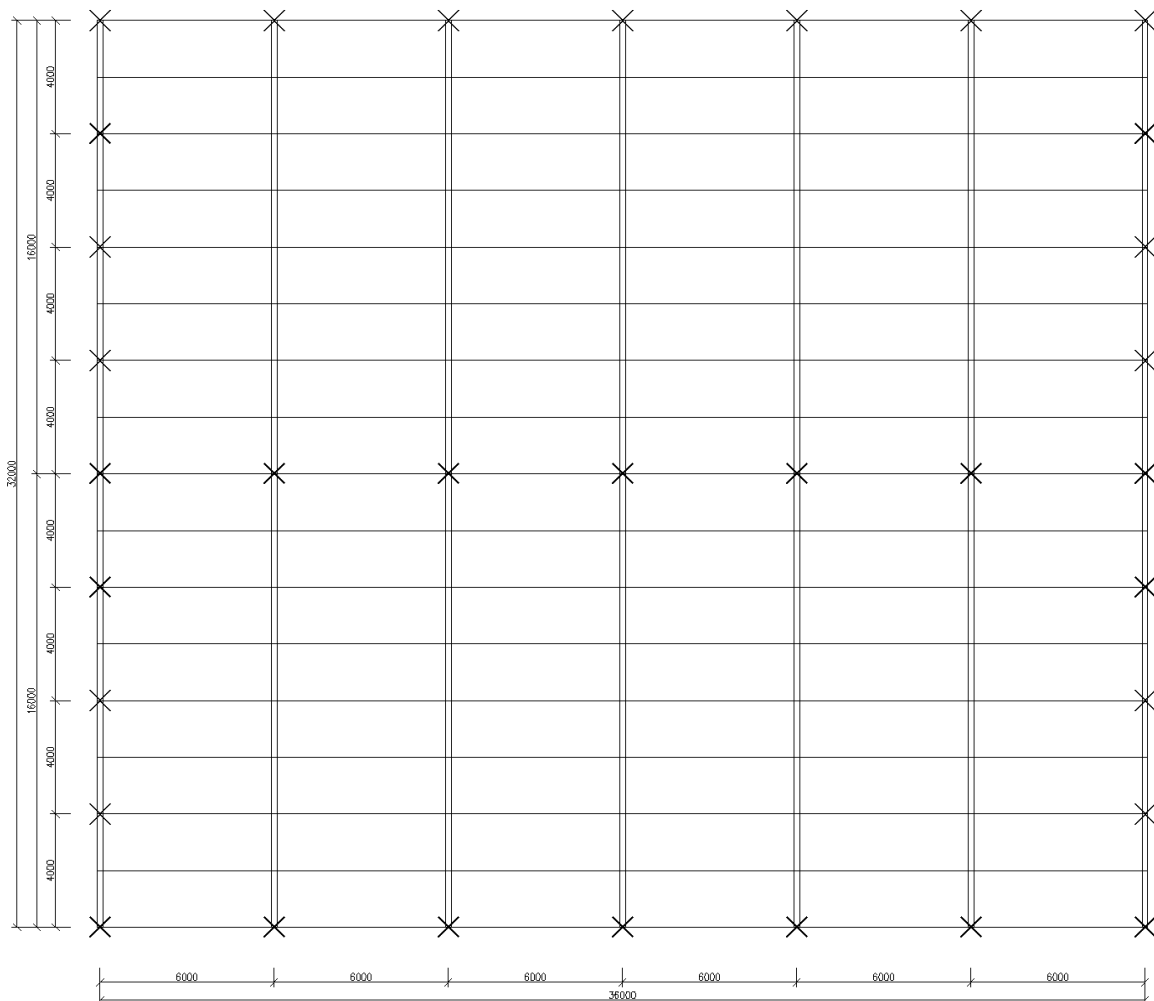
1.1 Popis objektu

Předmětem návrhu je dvoulodní hala o rozpětí 2 x 16 m, dlouhá 36 m. Příčné vazby jsou navrženy s vetknutými sloupy a kloubově uloženým příhradovým vazníkem a jsou od sebe vzdáleny 6 m. Střeška je sedlová se sklonem 3 %. Plášť je navržen ze zateplovacích panelů Kingspan KS 1000 RW. Vaznice jsou navrženy z tenkostěnných profilů.

Statický výpočet bude proveden podle ČSN EN 1993-1-1, zatížení bude určeno podle příslušných částí EN 1991.

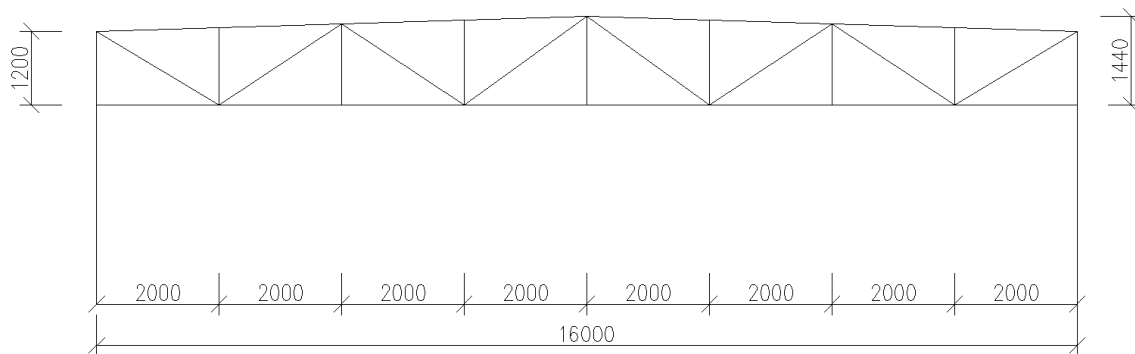
Lokalita, do které je hala navržena, leží v České republice, ve II. sněhové oblasti, ve II. větrné oblasti s kategorií terénu III.

Půdorys:



Obr. 1: Schéma půdorysu haly (zde bez ztužujících prvků)

Schéma řezu:



Obr. 2: Schéma řezu příhradovým nosníkem

1.2 Zatížení

Stálé

Součinitel zatížení $\gamma_G = 1,35$

- Střešní panel KINGSPAN KS 1000 RW 80 10,83 kg/m²

Charakteristické zatížení $g_k = 0,1083 \text{ kN/m}^2$

Návrhové zatížení $g_d = \gamma_G \cdot g_k = 0,1083 \cdot 1,35 = 0,146 \text{ kN/m}^2$

Proměnné

Součinitel zatížení $\gamma_Q = 1,5$

Sníh

$$s_1 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

kde

Sněhová oblast II \Rightarrow charakteristické zatížení sněhem $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

$\alpha = 3\% \approx 2^\circ \Rightarrow$ tvarové součinitele $\mu_1 = 0,8$ $\mu_2 = 0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30 = 0,8 + 0,8 \cdot 2 / 30 = 0,85 \text{ kN/m}^2$

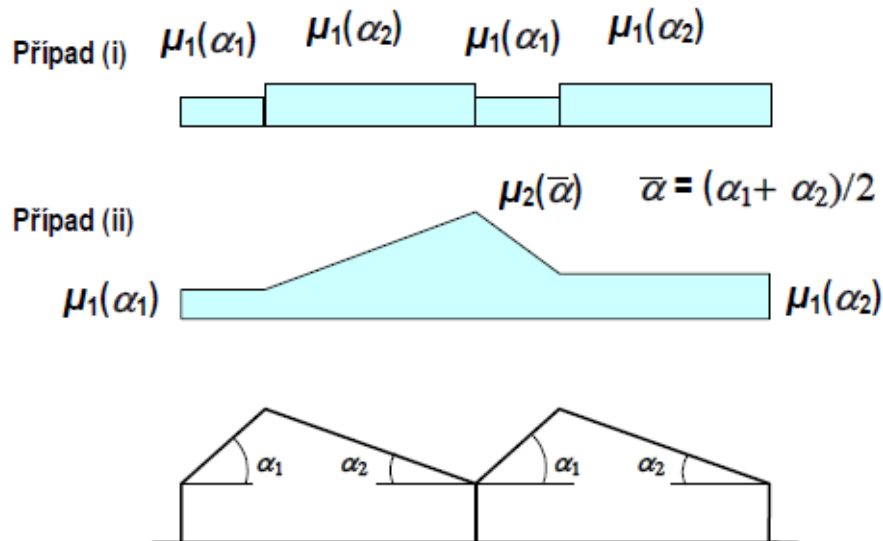
součinitel expozice $C_e = 1,0$

tepelný součinitel $C_t = 1,0$

s_1 ... sníh na stranách haly

s_2 ... sníh v úžlabí

Konzervativně bude dále uvažována hodnota $0,85 \text{ kN/m}^2$ na celé střeše.



Obr. 3: Tvarové součinitele zatížení sněhem pro střechy vícelodních budov

Vítr

II. větrná oblast => výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25$ m/s

$$\text{základní tlak větru } q_b = \frac{\rho}{2} v_{b,0}^2 = \frac{1,25}{2} 25^2 = 0,39 \text{ N/m}^2$$

kategorie terénu III (plocha s vegetací nebo budovami)

$c_e(z) = 1,75$ pro $z = h = 9,8$ m (výška hřebene střechy nad terénem)

Tlak větru na vnější povrchy

$$W_e = q_b \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe} = 0,39 \cdot 1,75 \cdot c_{pe} = 0,68 c_{pe} \text{ kN/m}^2$$

Součinitele vnějšího aerodynamického tlaku

Protože návětrné plochy jsou větší než 10 m^2 , hledají se součinitele $c_{pe,10}$

Sklon střechy je přibližně 2° => posuzujeme jako plochou střechu.

1.2.1 Vitr přičný

$$b = 36 \text{ m} > 2h = 2 \cdot 9,8 = 19,6 \text{ m}$$

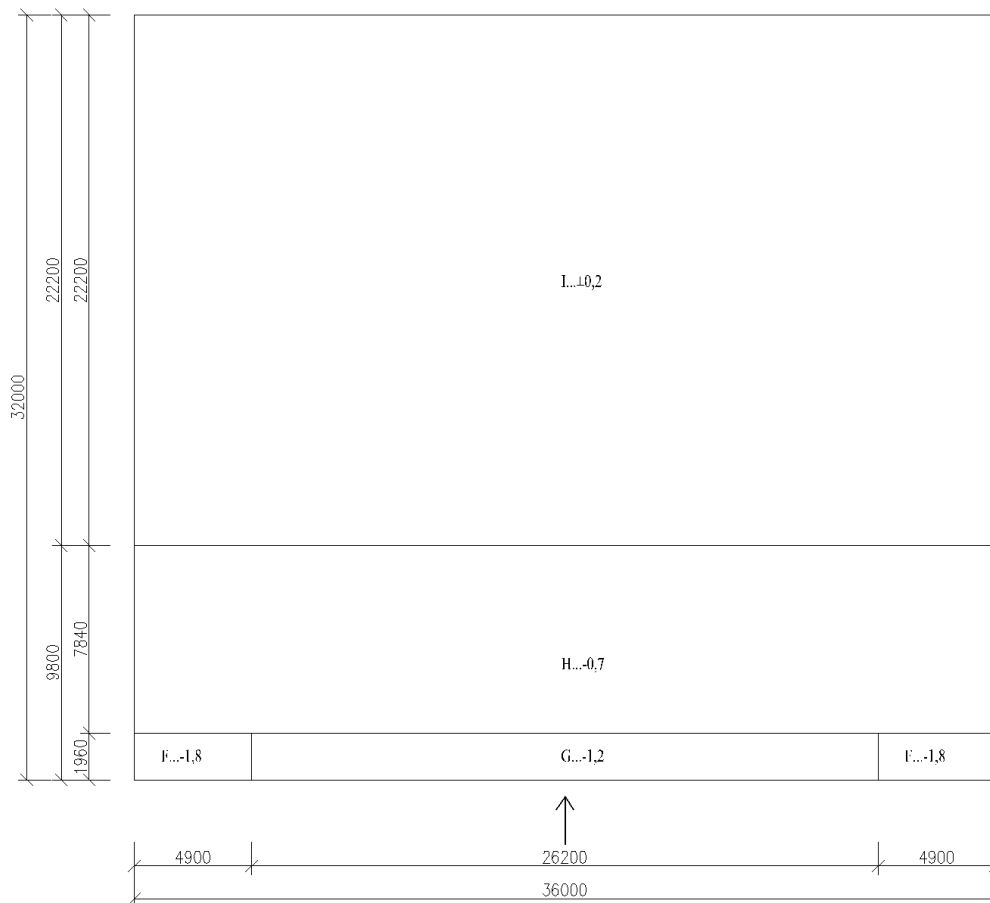
$$e = \min(b, 2h) = 19,6 \text{ m}$$

b...šířka vystavená větru

$$e/4 = 4,9 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,96 \text{ m}$$

$$e/2 = 9,8 \text{ m}$$



1.2.2 Vítr podélný

$$b = 32 \text{ m} < 2h = 2 \cdot 9,8 = 19,6 \text{ m}$$

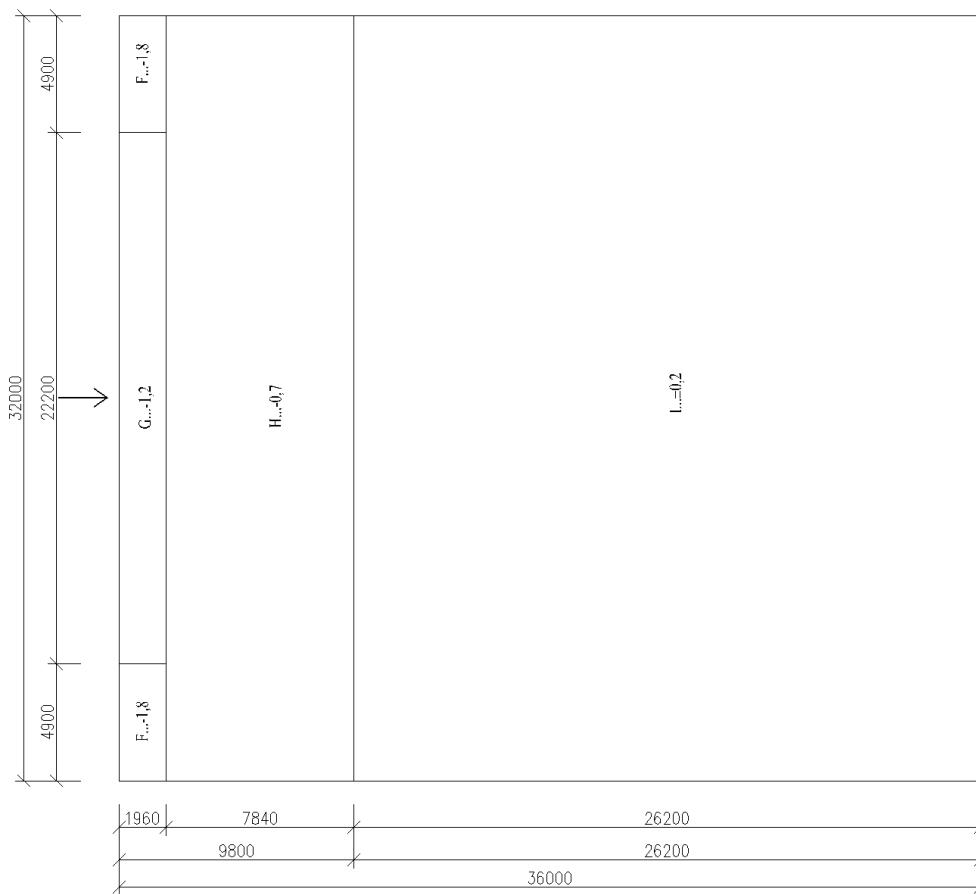
$$e = \min(b, 2h) = 19,6 \text{ m}$$

b...šířka vystavená větru

$$e/4 = 4,9 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,96 \text{ m}$$

$$e/2 = 9,8 \text{ m}$$



oblast	vítr příčný		vítr podélný	
	C_{pe}	$W_{e,k}$	C_{pe}	$W_{e,k}$
F	-1,8	-1,224	-1,8	-1,224
G	-1,2	-0,816	-1,2	-0,816
H	-0,7	-0,476	-0,7	-0,476
I	±0,2	±0,136	+ -0,2	±0,136

Tab. 1: Plošné zatížení větrem na jednotlivé oblasti zastřešení haly

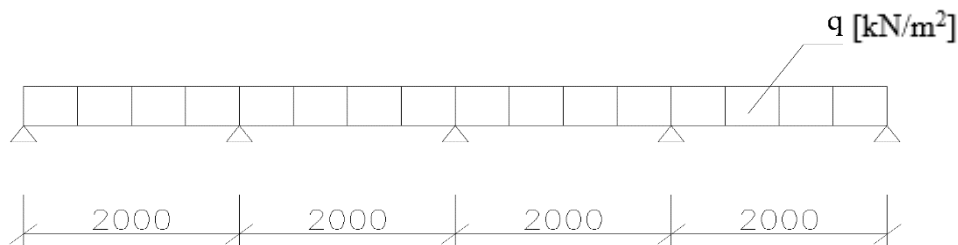
1.3 Střecha

Střecha je navržena ze střešních sendvičových panelů KINGSPAN, které se navrhují pomocí tabulek, které dodává výrobce.

Střešní plášť je tuhý ve své rovině. Zatížení rovnoběžně se střešní rovinou se tak přenáší střešním pláštěm přímo do vazníků, vaznice jsou namáhány pouze složkou zatížení kolmo k rovině střechy. K zajištění tuhosti střešního pláště je třeba provést dostatečné množství spojů.

1.3.1 Střešní panel KINGSPAN KS 1000 RW 80

Schéma:



Obr. 4: Schéma podepření střešního panelu

Podpory - vaznice Z s roztečemi 2 m

Dle výrobce jsou udány maximální rozpory pro panely na zatížení sněhem a sání větrem.

Systém	Skupina barev	charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m ²]																			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Prostý nosník	I, II, III (ř)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		5,78	4,92	4,37	3,59	3,01	2,58	2,24	1,97	1,77	1,60	1,47	1,37	1,28	1,20	1,14	1,08	1,03	1,00	0,96	0,92
Spojitý nosník o 2 polích	I (ř)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		5,58	3,96	3,16	2,67	2,34	2,11	1,93	1,79	1,67	1,58	1,47	1,37	1,28	1,20	1,14	1,08	1,03	1,00	0,96	0,92
	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	62	62	63	64	64	65	67	68	68
	II (ř)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	5,58	3,96	3,16	2,67	2,34	2,11	1,93	1,79	1,67	1,58	1,47	1,37	1,28	1,20	1,14	1,08	1,03	1,00	0,96	0,92	
	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	62	62	63	64	64	65	67	68	68
III (ř)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
5,58	3,96	3,16	2,67	2,34	2,11	1,93	1,79	1,67	1,58	1,47	1,37	1,28	1,20	1,14	1,08	1,03	1,00	0,96	0,92		
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	62	62	63	64	64	65	67	68	68	
Spojitý nosník o 3 a více polích	I (ř)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		6,37	4,49	3,56	3,00	2,63	2,36	2,15	1,97	1,77	1,60	1,47	1,37	1,28	1,20	1,14	1,08	1,03	1,00	0,96	0,92
	60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	62	62	63	64	64	65	67	68	68	
	II (ř)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	6,37	4,49	3,56	3,00	2,63	2,36	2,15	1,97	1,77	1,60	1,47	1,37	1,28	1,20	1,14	1,08	1,03	1,00	0,96	0,92	
	60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	62	62	63	64	64	65	67	68	68	
III (ř)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
6,37	4,49	3,56	3,00	2,63	2,36	2,15	1,97	1,77	1,60	1,47	1,37	1,28	1,20	1,14	1,08	1,03	1,00	0,96	0,92		
60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	62	62	63	64	64	65	67	68	68		

Tab. 2: Tabulka únosnosti zatížení sněhem pro střešní panel KINGSPAN KS1000 RF80

Systém	Skupina barev	charakteristické proměnné zatížení, SÁNÍ větru [kN/m ²]																			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Prostý nosník	I, II, III (f)	5,52	4,75	4,30	3,98	3,69	3,43	3,21	3,03	2,88	2,74	2,59	2,41	2,25	2,10	1,97	1,85	1,74	1,64	1,56	1,47
Spojitý nosník o 2 polích	I (f)	9,81	6,44	4,57	3,63	3,06	2,67	2,39	2,17	2,00	1,86	1,74	1,64	1,56	1,48	1,42	1,36	1,30	1,26	1,22	1,18
	II (f)	9,81	6,11	4,32	3,44	2,90	2,54	2,28	2,08	1,92	1,79	1,68	1,58	1,50	1,44	1,37	1,32	1,27	1,22	1,18	1,15
	III (f)	9,81	5,57	3,93	3,14	2,67	2,35	2,12	1,94	1,80	1,68	1,59	1,50	1,43	1,37	1,31	1,26	1,22	1,18	1,14	1,11
Spojitý nosník o 3 a více polích	I (f)	9,39	7,26	5,29	4,17	3,48	3,02	2,68	2,42	2,22	2,05	1,92	1,80	1,71	1,62	1,55	1,48	1,42	1,37	1,32	1,28
	II (f)	9,39	7,26	5,11	4,02	3,36	2,91	2,58	2,34	2,14	1,99	1,86	1,75	1,66	1,58	1,51	1,44	1,39	1,34	1,30	1,25
	III (f)	9,39	6,91	4,84	3,80	3,17	2,75	2,45	2,22	2,04	1,89	1,77	1,67	1,59	1,51	1,45	1,39	1,34	1,29	1,25	1,21

Tab. 3: Tabulka únosnosti sání větru pro střešní panel KINGSPAN KS1000 RF80

Posuzováno pro nosník o 3 a více polích.

Pro sněž 0,85 kN/m² v tabulce 1 kN/m² maximální rozpon 3 m => 2 m vyhovují

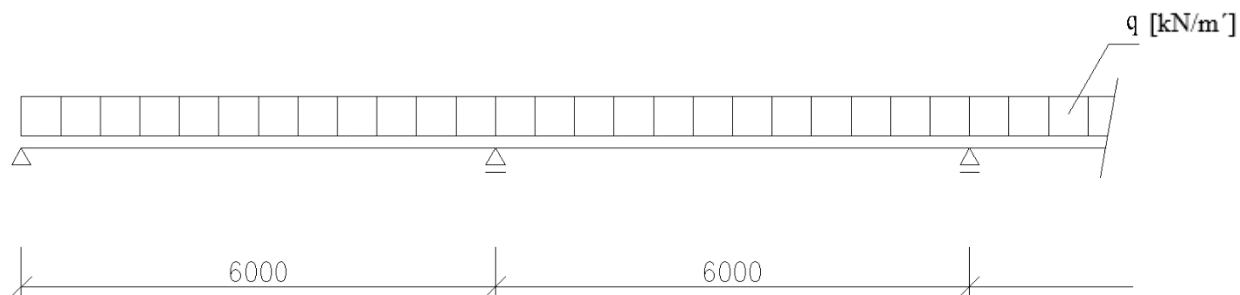
Pro vítr 1,25 kN/m² maximální rozpon 3,17 m => 2 m vyhovují

Střešní panel KINGSPAN KS 1000 RW 80 vyhovuje

1.3.2 Vnitřní (mezilehlá) vaznice

Vaznice bude přenášet pouze zatížení působící kolmo k rovině střechy. Vaznice bude navržena jako tenkostěnná, působící jako spojitý nosník na celou délku haly.

Spojitosť profilu nad vnitřními podporami je zajištěna překrytím sousedních dílů. Spojie sousedních dílů i přípoje v podporách se provedou pomocí šroubů M16 jakosti 5.6.



Obr. 5: Schéma zatížení vaznice

1.3.2.1 Zatížení

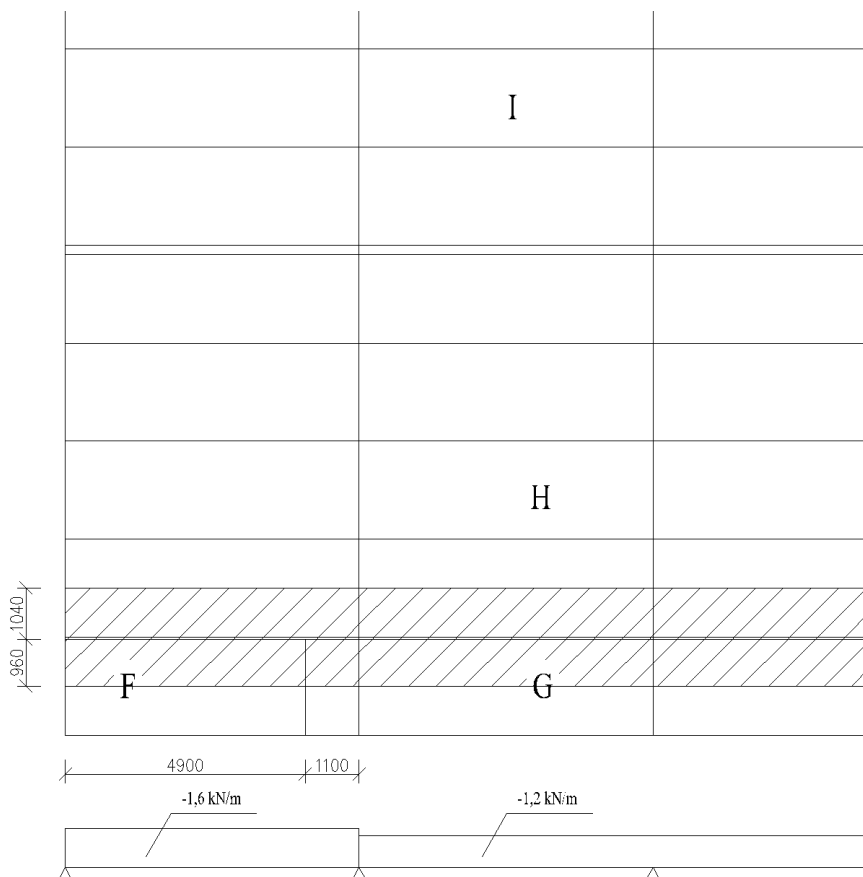
Stálé

		Charakteristické	Souč. zatížení	Návrhové
Střešní plášť	$0,1083 \cdot 2 =$	0,22 kN/m		
Vl. tíha vaznice (odhad)		0,09 kN/m		
		0,31 kN/m	1,35	0,42 kN/m
Sníh	$0,85 \cdot 2 =$	1,7 kN/m	1,5	2,55 kN/m

Vítr

Zatížení v krajním poli se určí přibližně jako konstantní na délce celého pole a to lineární interpolací z jednotlivých oblastí F, G, H podle dílčích zatěžovacích ploch viz schéma. Stejný princip se uplatní i pro vnitřní pole.

Příčný vítr – schéma



Obr. 6: Schéma zatížení příčným větrem na (mezilehlou) vaznici

Příčný vítr

Krajní pole:

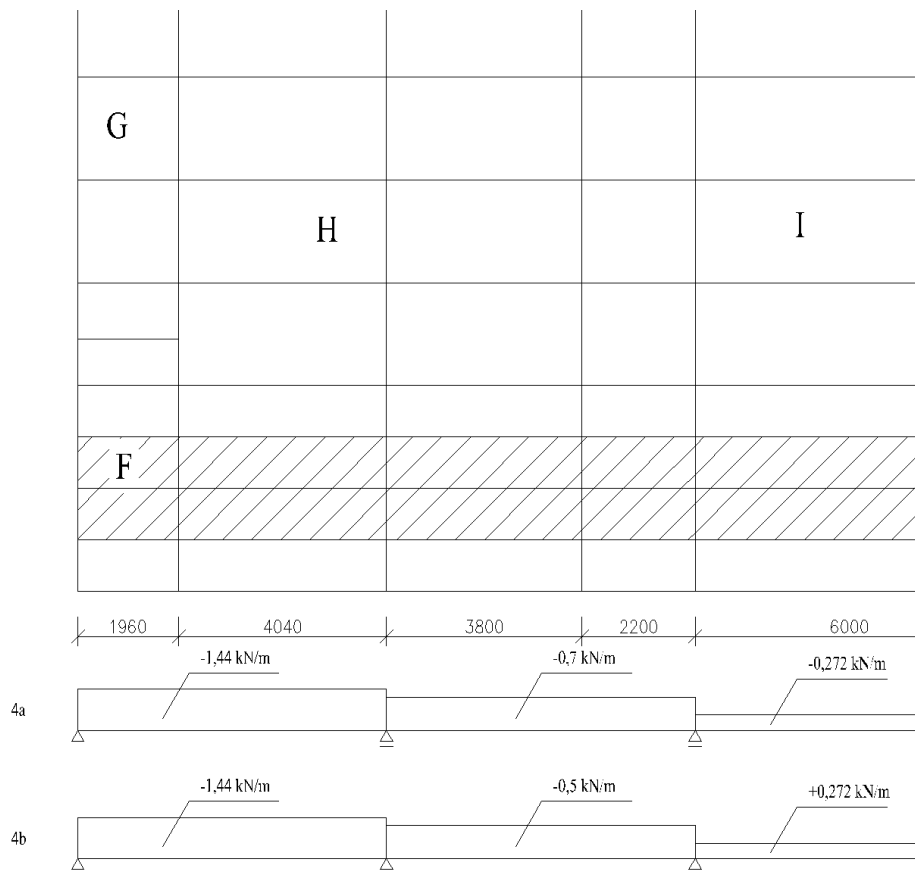
$$w_{e,k} = \frac{1}{L} \sum_i^n (w_e \cdot A_n) i = -\frac{1}{6} \cdot (w_{e,F} \cdot 4,9 \cdot 0,96 + w_{e,G} \cdot 1,1 \cdot 0,96 + w_{e,H} \cdot 6 \cdot 1,04) =$$

$$= -\frac{1}{6} \cdot (1,224 \cdot 4,9 \cdot 0,96 + 0,816 \cdot 1,1 \cdot 0,96 + 0,476 \cdot 6 \cdot 1,04) = -1,6 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{rozhoduje}$$

Vnitřní pole:

$$w_{e,k} = w_{e,G} \cdot 0,96 + w_{e,H} \cdot 1,04 = -0,816 \cdot 0,86 - 0,476 \cdot 1,04 = -1,2 \text{ kN/m}$$

Podélný vítr - schéma



Obr. 7: Schéma zatížení podélným větrem na (mezilehlou) vaznici

Podélný vítr

Krajní pole:

$$w_{e,k} = \frac{b}{L} \sum_i^n (w_e \cdot L_n) i = \frac{2}{6} (w_{e,F} \cdot 1,96 + w_{e,H} \cdot 4,04) = -\frac{2}{6} (1,224 \cdot 1,96 + 0,476 \cdot 4,04) = -1,44 \text{ kN/m}$$

2. pole:

$$w_{e,k} = \frac{b}{L} \sum_i^n (w_e \cdot L_n) i = \frac{2}{6} (w_{e,H} \cdot 3,8 + w_{e,I} \cdot 2,2) = -\frac{2}{6} (0,476 \cdot 3,8 + 0,136 \cdot 2,2) = -0,7 \text{ kN/m}$$

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

3. a další pole:

$$w_{e,k} = b \cdot w_{e,I} = 2 \cdot \pm 0,136 = \pm 0,272 \text{ kN/m}$$

1.3.2.2 Kombinace zatížení (KZS)

(1) Stálé + sníh

$$q_k = 0,31 + 1,7 = 2,01 \text{ kN/m}$$

$$q_d = 0,42 + 2,55 = 2,97 \text{ kN/m}$$

(2) Minimální stálé + příčný vítr (sání)

$$\text{Krajní pole } q_k = 0,31 - 1,6 = -1,29 \text{ kN/m}$$

$$q_d = 0,31 \cdot 1,0 - 1,6 \cdot 1,5 = -2,09 \text{ kN/m}$$

Tabulky pro posouzení vaznic jsou vypracovány pro konstantní spojitě rovnoměrné zatížení po celé délce nosníku. U KZS (1) je zatížení po délce nosníku proměnné. V návrhu je uvažováno s vyšším zatížením po celé délce nosníku. U KZS (2) (sání větru) je zatížení po délce nosníku proměnné. Protože jistě rozhoduje posouzení v krajním poli, budeme zjednodušeně vycházet pouze ze zatížení v krajním poli.

PROFIL	PROSTÝ NOSNÍK									SPOJITÝ NOSNÍK S PŘESAHY - min. 3 POLE									
Z 210																			
	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	
Z 210/1,5	1	2.53	2.09	1.75	1.49	1.29	1.12	0.99	0.87	0.78	3.12	2.60	2.20	1.84	1.56	1.33	1.15	1.01	0.89
	2	0.98	0.77	0.61	0.48	0.39	0.31	0.26	0.20	0.16	1.48	1.19	0.96	0.76	0.61	0.49	0.40	0.32	0.25
4,37 kg/m	3	-1.41	-1.14	-0.94	-0.78	-0.66	-0.57	-0.49	-0.43	-0.37	-2.33	-1.88	-1.54	-1.29	-1.09	-0.94	-0.81	-0.71	-0.62
	4	-0.37	-0.28	-0.21	-0.16	-0.12	-0.10	-0.07	-0.06	-0.04	-0.74	-0.55	-0.42	-0.33	-0.26	-0.21	-0.17	-0.14	-0.11
	5	2.10	1.57	1.21	0.95	0.76	0.62	0.51	0.43	0.36	3.97	2.98	2.30	1.81	1.45	1.18	0.97	0.81	0.68
Z 210/2,0	1	4.13	3.41	2.86	2.44	2.10	1.83	1.61	1.43	1.27	4.86	4.07	3.47	2.92	2.48	2.13	1.85	1.62	1.43
	2	2.45	1.91	1.52	1.21	0.98	0.80	0.66	0.55	0.46	3.50	2.89	2.39	1.92	1.56	1.28	1.06	0.88	0.73
5,82 kg/m	3	-2.31	-1.87	-1.54	-1.29	-1.09	-0.94	-0.81	-0.70	-0.62	-3.78	-3.06	-2.52	-2.12	-1.80	-1.54	-1.34	-1.17	-1.03
	4	-1.32	-1.05	-0.85	-0.70	-0.58	-0.49	-0.41	-0.35	-0.30	-2.27	-1.80	-1.45	-1.20	-1.00	-0.85	-0.72	-0.62	-0.54
	5	3.06	2.30	1.77	1.39	1.12	0.91	0.75	0.62	0.52	5.79	4.35	3.35	2.64	2.11	1.72	1.41	1.18	0.99
Z 210/2,5	1	5.68	4.70	3.95	3.36	2.90	2.53	2.22	1.97	1.75	6.44	5.42	4.63	3.90	3.32	2.86	2.48	2.18	1.92
	2	3.80	3.04	2.47	2.00	1.64	1.36	1.13	0.94	0.79	5.45	4.61	3.89	3.16	2.59	2.15	1.80	1.50	1.25
7,28 kg/m	3	-3.10	-2.52	-2.08	-1.74	-1.47	-1.26	-1.09	-0.95	-0.83	-5.07	-4.11	-3.39	-2.85	-2.42	-2.08	-1.80	-1.57	-1.38
	4	-2.16	-1.73	-1.41	-1.17	-0.98	-0.83	-0.71	-0.61	-0.53	-3.63	-2.91	-2.36	-1.97	-1.66	-1.41	-1.21	-1.05	-0.91
	5	3.96	2.97	2.29	1.80	1.44	1.17	0.97	0.81	0.68	7.50	5.63	4.34	3.41	2.73	2.22	1.83	1.53	1.29

Tab. 4: Přípustná zatížení pro vaznice Z s rovnou stojinou

Návrh: Z 210/2,0 SAB

$$m = 5,82 \text{ kg/m}$$

Ocel S350GD

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

Navržená vaznice vyhovuje na obě kombinace zatížení (viz vyznačené hodnoty v tabulce).

Posouzení vaznice na mezní stav použitelnosti

Průhyb střešních vaznic δ_{\max} (od celkového zatížení) není omezen. Mezní průhyb od proměnného zatížení (v tomto případě od zatížení sněhem) je:

$$\delta_{2,\max} = L/200$$

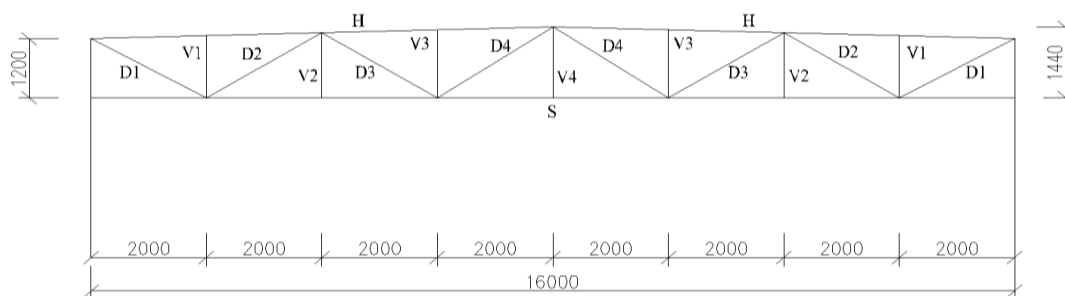
$$q_{Ek} = 1,7 \text{ kN/m} < q_{Rk} = 3,35 \text{ kN/m} \quad \Rightarrow \quad \text{vaznice vyhovuje}$$

1.3.3 Okapová vaznice

Okapová vaznice bude stejně jako vnitřní vaznice přenášet pouze zatížení kolmo ke střešní rovině. Vzhledem k menší zatěžovací šířce bude okapová vaznice namáhána ohybem méně než vnitřní vaznice, navíc je možné ji při menších silách uvažovat pro přenos síly od příčného větru do hlavního podélného ztužidla. Navrhujeme z konstrukčních důvodů shodný profil Z 210/2,0 SAB, třída oceli S355.

1.4 Příčná vazba

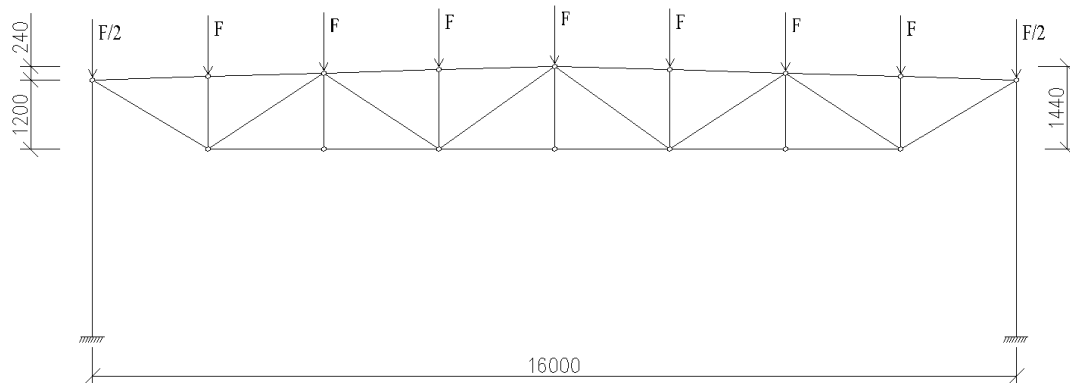
1.4.1 Schéma



Obr. 8: Označení jednotlivých prutů příhradového nosníku

1.4.2 Zatížení

Statický model:



Obr. 9: Statický model příhradového nosníku

1.4.3 Zatěžovací stavy

Uvažovány budou následující zatěžovací stavy:

1. Stálé
2. Minimální stálé
3. Sníh
4. Vítr příčný
5. Vítr podélný

Veškerá zatížení v této části jsou uvedena v charakteristických hodnotách.

1. Zatížení stálé

Odhad vlastní tíhy vazníku:

$$q_k = \frac{L}{76} \cdot \sqrt{q \cdot B} = \frac{16}{76} \cdot \sqrt{(0,1083 + \frac{0,06}{2}) \cdot 6} = 0,2 \text{ kN/m}$$

kde L je rozpětí vazníku [m]

q tíhové zatížení střechy [kN/m²]

B vzdálenost příčných vazeb

Síly do uzlů vazníku:

F: plášť $(0,22+0,06) \cdot 6 = 1,68 \text{ kN}$

vlastní tíha vazníku $0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ kN}$

F = 2,08 kN

2. Minimální stálé zatížení

Dolní odhad vlastní tíhy vazníku

$$q_{k,\min} = 0,5 q_k = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ kN/m}$$

Síly do uzlů vazníku:

$$F: \text{ plášť} \quad (0,22+0,06) \cdot 6 = 1,68 \text{ kN}$$

$$\text{vlastní tíha vazníku} \quad 0,1 \cdot 2 \quad = 0,2 \text{ kN}$$

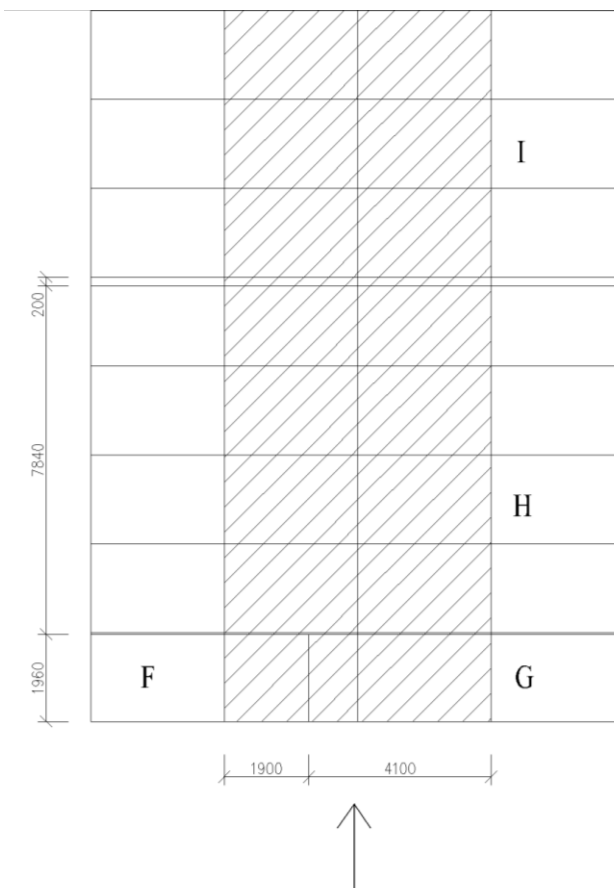
$$F_1 \quad = 1,88 \text{ kN}$$

3. Sníh

$$F = 1,7 \cdot 6 = 10,2 \text{ kN} \quad 1,5 \quad = 15,3 \text{ kN}$$

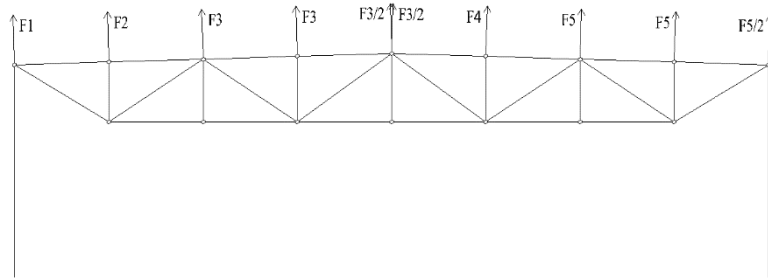
4. Vítr příčný

Tvarové součinitele:



Obr. 10: Tvarové součinitele příhradového nosníku pro příčný vítr

Statické schéma:



Obr. 11: Statické schéma příhradového nosníku pro příčný vítr

4a) Uvažováno sání v oblasti I

$$F_1 = (w_{e,F} \cdot 1,9 + w_{e,G} \cdot 4,1) \cdot 1 = (-1,224 \cdot 1,9 - 0,816 \cdot 4,1) \cdot 1 = -5,7 \text{ kN}$$

$$F_2 = (w_{e,F} \cdot 1,9 + w_{e,G} \cdot 4,1) \cdot 0,96 + w_{e,H} \cdot 6 \cdot 1,04 = (-1,224 \cdot 1,9 - 0,816 \cdot 4,1) \cdot 0,96 - 0,476 \cdot 2 \cdot 2,04 = -8,4 \text{ kN}$$

$$F_3 = w_{e,H} \cdot 2 \cdot 6 = -0,476 \cdot 2 \cdot 6 = -5,712 \text{ kN}$$

$$F_4 = w_{e,H} \cdot 6 \cdot 1,2 + w_{e,I} \cdot 6 \cdot 0,8 = -0,476 \cdot 6 \cdot 1,2 - 0,136 \cdot 6 \cdot 0,8 = -4,08 \text{ kN}$$

$$F_5 = w_{e,I} \cdot 6 \cdot 2 = -0,136 \cdot 6 \cdot 2 = -1,63 \text{ kN}$$

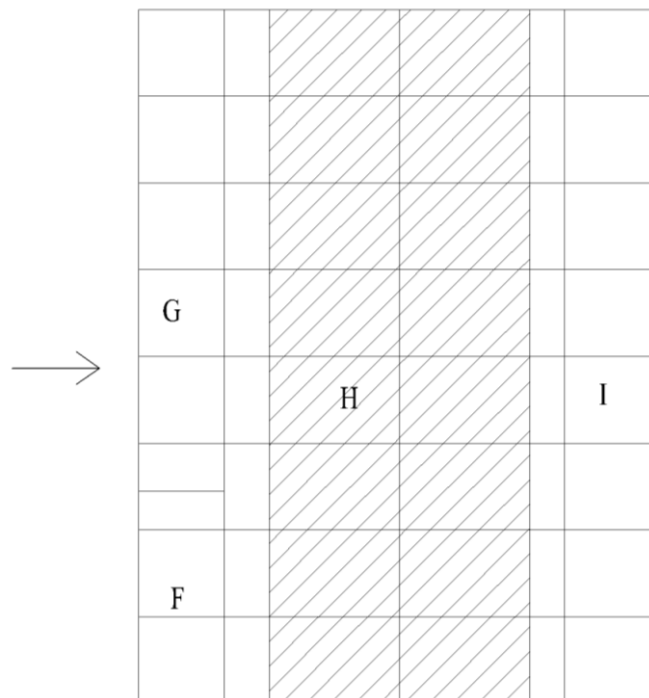
4b) Uvažován tlak v oblasti I

$$F_4 = w_{e,H} \cdot 6 \cdot 1,2 + w_{e,I} \cdot 6 \cdot 0,8 = -0,476 \cdot 6 \cdot 1,2 + 0,136 \cdot 6 \cdot 0,8 = -2,77 \text{ kN}$$

$$F_5 = w_{e,I} \cdot 6 \cdot 2 = 0,136 \cdot 6 \cdot 2 = 1,63 \text{ kN}$$

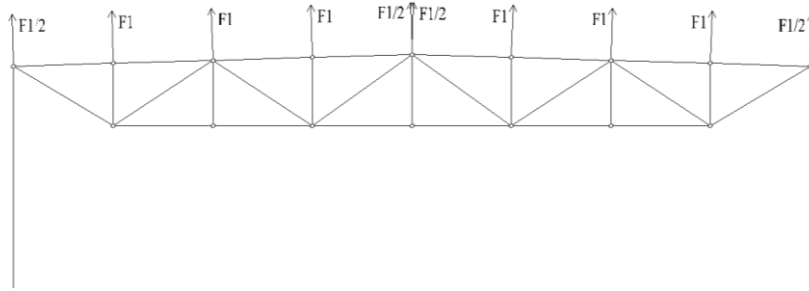
5. Vítr podélný

Tvarové součinitele:



Obr. 12: Tvarové součinitele příhradového nosníku pro podélný vítr

Statické schéma:



Obr. 13: Statické schéma příhradového nosníku pro podélný vítr

$$F_1 = w_{e,H} \cdot 6 \cdot 2 = -0,476 \cdot 6 \cdot 2 = -5,712 \text{ kN}$$

1.4.4 Kombinace zatěžovacích stavů (KZS)

- (1) Stálé + sníh
- (2) Stálé + sníh + ψ_0 vítr příčný (pro vítr $\psi_0 = 0,6$)
- (3) Stálé + vítr příčný + ψ_0 sníh (pro sníh $\psi_0 = 0,5$)
- (4) Stálé minimální + vítr příčný
 - 4a) vítr příčný kde $w_{e,I} = -0,136$
 - 4b) vítr příčný kde $w_{e,I} = +0,136$
- (5) Stálé minimální + vítr podélný

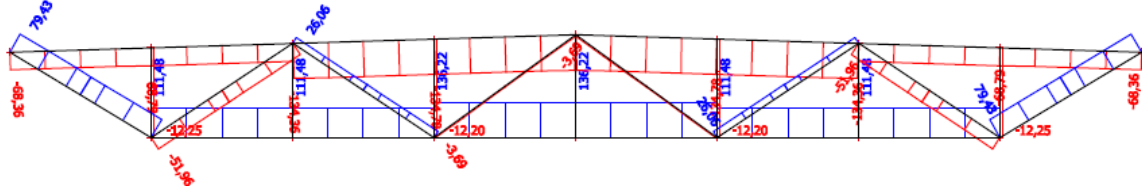
O dimenzích vazníku rozhodne kombinace (1) (největší tíhové zatížení) nebo jedna z kombinací (4), (5) (největší vztlakové zatížení). U (4) uvažujeme pouze 4a) vyšší vztlakové zatížení.

1.4.5 Vnitřní síly v prutech příčné vazby

Vnitřní síly se určí pomocí programu Scia Engineer [REF]

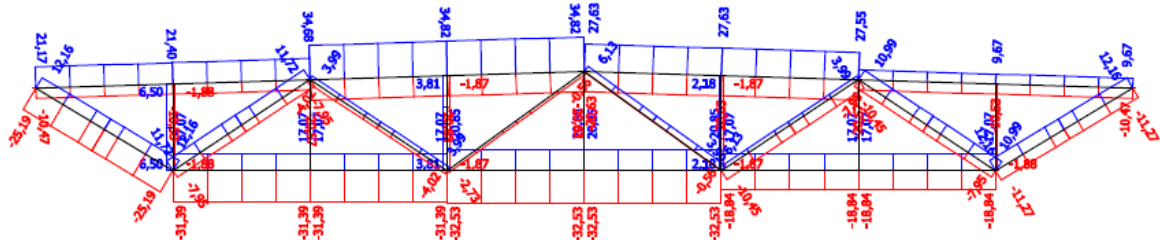
Normálové síly ve vazníku [kN] od rozhodujících kombinací (extrémní návrhové hodnoty)

KZS (1)



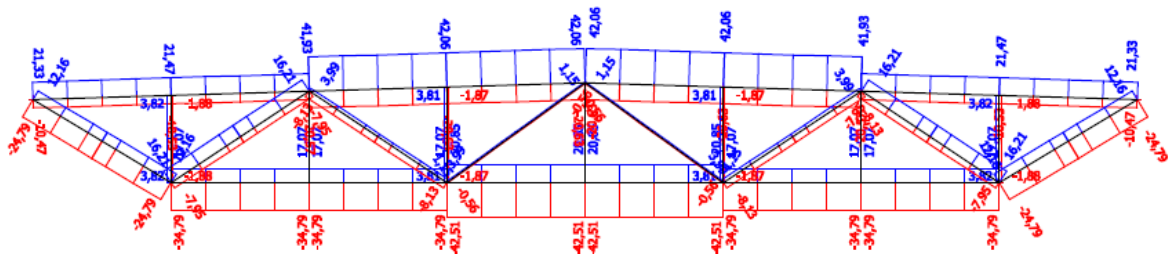
Obr. 14: Normálové síly ve vazníku v kombinaci KZS (1)

KZS (4)



Obr. 15: Normálové síly ve vazníku v kombinaci KZS (4)

KZS (5)



Obr. 16: Normálové síly ve vazníku v kombinaci KZS (5)

1.5 Trubkový vazník

Pruty vazníku jsou z trubek válcovaných za tepla z oceli S355J0 ($f_y = 355$ MPa) - návrhová hodnota pevnosti na mezi kluzu je: $f_{yd} = f_y/\gamma_{M0} = 355/1,0 = 355$ MPa

1.5.1 Posouzení prutů

Posouzení prutů bude provedeno v tab. 5 a 6. Značení prutů odpovídá schématu na obr. 8. Působící normálové síly jsou převzaty ze schémat na obr. 14, 15 a 16.

prut	$N_{Ed(tah)}$	Profil	A	i	f_y	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
	kN		mm ²	mm	MPa	kN		
S	136,22	TR 127,0 x 10,0	3676	41,5	355	1304,82	0,104	<1,0
H	42,06	TR 70,0 x 5,0	1021	23,0	355	362,45	0,116	<1,0
D1	79,43	TR 38,0 x 4,0	427	12,1	355	151,67	0,524	<1,0
D2	16,21	TR 54,0 x 4,0	628	17,7	355	223,05	0,073	<1,0
D3	26,06	TR 33,7 x 2,6	254	11,0	355	90,18	0,289	<1,0
D4	6,13	TR 33,7 x 2,6	254	11,0	355	90,18	0,068	<1,0
V1,V3	6,50	TR 33,7 x 2,6	254	11,0	355	90,18	0,072	<1,0

Tab. 5: Posouzení prutů – tažené pruty

prut	$N_{Ed(tlak)}$	Profil	$L_{teor.}$	L_{cr}/L	L_{cr}	λ	λ_{rel}	χ	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
	kN		mm		mm				kN		
S	42,51	TR 127,0 x 10,0	16000	1,00	16000	385,4	5,044	0,04	46,01	0,924	<1,0
H	134,78	TR 70,0 x 5,0	2000	0,90	1800	78,1	1,022	0,38	138,51	0,973	<1,0
D1	25,19	TR 38,0 x 4,0	2332	0,75	1749	144,5	1,891	0,18	27,21	0,926	<1,0
D2	51,96	TR 54,0 x 4,0	2396	0,75	1797	101,3	1,326	0,29	63,75	0,815	<1,0
D3	8,13	TR 33,7 x 2,6	2396	0,75	1797	162,9	2,132	0,15	13,59	0,598	<1,0
D4	3,69	TR 33,7 x 2,6	2464	0,75	1848	167,5	2,192	0,14	13,03	0,283	<1,0
V1,V3	12,25	TR 33,7 x 2,6	1380	0,75	1035	93,8	1,228	0,31	28,22	0,434	<1,0

Tab. 6: Posouzení prutů vazníků – tlačené pruty

Veličiny v tabulkách jsou vypočteny pomocí následujících vztahů:

Tah: $N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$

Tlak: $\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$ $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{93,9} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{235}}$

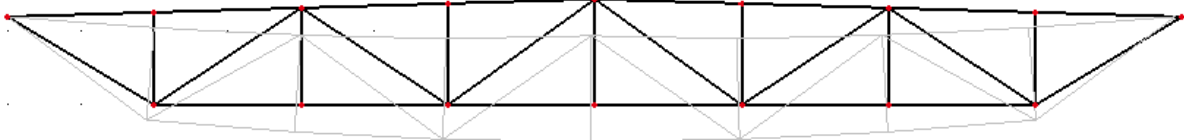
Křivka vzpěrné pevnosti χ (pro trubky válcované za tepla)

χ určeno dle tabulek

$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$

1.5.2 Svislý průhyb

Největší svislý průhyb se určí od proměnného zatížení (sníh). Průhyb je určen od provozního návrhového zatížení ($\gamma_F = 1,0$).



Obr. 17: Průhyb konstrukce

$$\delta = 46,2 \text{ mm} < \delta_{Q,\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{16000}{250} = 64 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

1.5.3 Montážní styk

Horní pás

$$N_{\text{max,Ed}} = 134,78 \text{ kN (tlak)}$$

$$N_{\text{max,Ed}} = 42,06 \text{ kN (tah)}$$

Styk navrhujeme jako kontaktní s opracováním styčných ploch. Posoudit je třeba jen šrouby na tah s vlivem páčení.

U plechů namáhaných tahem kolmo k povrchu může dojít k lamelárnímu rozdělení plechů. Obecně je proto nutné vybrat třídu jakosti Z dle ČSN EN 10164, přičemž požadavky jsou stanoveny normou ČSN EN 1993-1-10. V tomto případě není s ohledem na malou výšku svaru, tl. čelní desky a geometrii přípoje třída jakosti Z požadována.

Návrh: **2x M16 5.6** únosnost šroubu na tah $F_{t,Rd} = 48,7 \text{ kN}$

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e = 4,3 \cdot (b \cdot d^2/a)^{1/3} = 4,3 \cdot (45 \cdot 16^2/45)^{1/3} = 27,3 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{te^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{27,3^3 - 20^3}{20^2} = 1,15$$

Tlak se přenesе kontaktem. Tah 42,06 kN vyvede sílu ve šroubech

$$\gamma_p \cdot N_{t,d} = 1,15 \cdot 42,06 = 48,55 \text{ kN} < 2 \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 48,7 = 97,4 \text{ kN}$$

Styk vyhoví

Spodní pás

$$N_{\max,d} = 136,22 \text{ kN}$$

Montážní styk spodního pásu navrhne jako styk s čelními deskami.

Návrh: 6x M16 5.6 únosnost šroubu na tah $F_{t,Rd} = 48,7 \text{ kN}$

$$a = 40 \text{ mm}$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

Tlak se přenesou kontaktem, spoj posoudíme na tahovou sílu s vlivem páčení.

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e = 4,3 \cdot (b \cdot d^2 / a)^{1/3} = 4,3 \cdot (45 \cdot 16^2 / 40)^{1/3} = 28,4 \text{ mm}$$

Sočinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{te^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{28,4^3 - 20^3}{20^2} = 1,19$$

Tahová síla 136,22 kN vyvodí sílu ve šroubech

$$\gamma_p \cdot N_{t,d} = 1,19 \cdot 136,22 = 161,6 \text{ kN} < 6 \cdot F_{t,Rd} = 6 \cdot 48,7 = 292,2 \text{ kN} \quad \text{šrouby vyhoví}$$

Svar trubky k čelní desce

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{\max,d}}{a_l} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{136220}{4 \cdot \pi \cdot 127} = 60,35 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{60,35^2 + 3 \cdot (60,35^2 + 0)} = 120,7 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa} \quad \text{svar vyhoví}$$

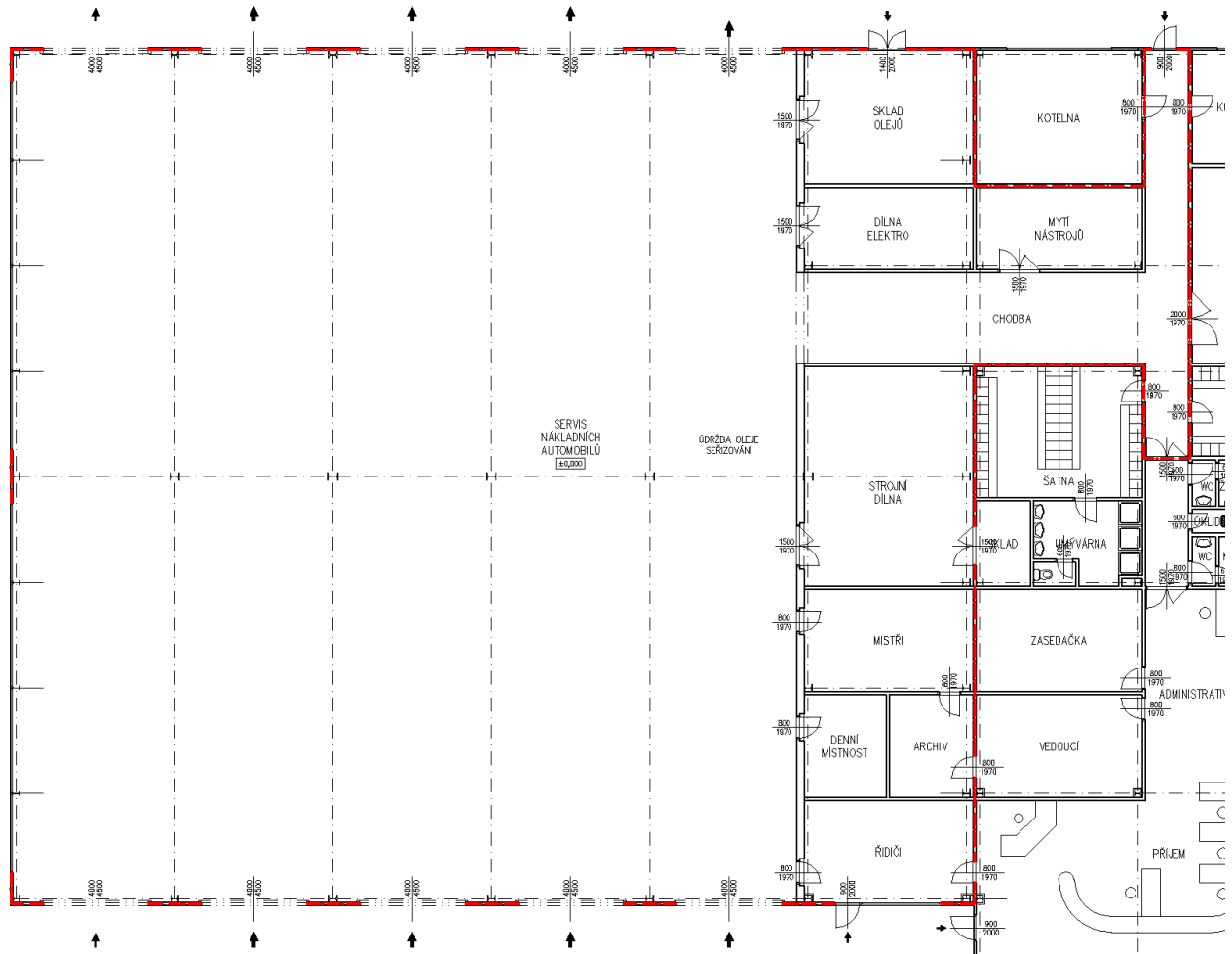
Diagonála

$$N_{\max,d} = 3,69 \text{ kN}$$

2x M16 5.6 bezpečně vyhoví

2 Požární bezpečnostní řešení – stupeň požární bezpečnosti

Stupeň požární bezpečnosti bude určen dle normy ČSN 78 0802 – požární bezpečnost staveb. Jednotlivé provozy v požárním úseku budou zohledněny ve výpočtu stupně požární bezpečnosti.



Obr. 18: Požární úsek servisní haly

2.1 Výpočet požárního zatížení pro požární úsek přímo větraný

Konstrukční systém: nehořlavý

Požární výška: $h = 0$ m

Výška podlaží: $h_p = 0$ m Nadzemní podlaží

Světlá výška podlaží: $h_s = 9,25$ m

Plochy v požárním úseku:

Plocha A	Část: servis Podlaha: cementový potěr	$S = 968$ m ²	$\rho_{nA} = 45$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nA} = 1,05$
Plocha B	Část: sklad olejů Podlaha: cementový potěr	$S = 32,4$ m ²	$\rho_{nB} = 120$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nB} = 1,25$
Plocha C	Část: dílna elektro Podlaha: cementový potěr	$S = 21,3$ m ²	$\rho_{nC} = 40$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nC} = 1$
Plocha D	Část: strojní dílna Podlaha: cementový potěr	$S = 55,5$ m ²	$\rho_{nD} = 40$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nD} = 1$
Plocha E	Část: zázemí místři Podlaha: keramická dlažba	$S = 26,4$ m ²	$\rho_{nE} = 30$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nE} = 0,9$
Plocha F	Část: denní místnost Podlaha: keramická dlažba	$S = 12$ m ²	$\rho_{nF} = 90$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nF} = 1,05$
Plocha G	Část: archiv Podlaha: keramická dlažba	$S = 12,25$ m ²	$\rho_{nG} = 120$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nG} = 0,7$
Plocha H	Část: zázemí řidiči Podlaha: cementový potěr	$S = 24,7$ m ²	$\rho_{nH} = 10$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nH} = 0,8$
Plocha I	Část: mití nástrojů Podlaha: keramická dlažba	$S = 19,5$ m ²	$\rho_{nI} = 90$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nI} = 1,05$
Plocha J	Část: chodba Podlaha: cementový potěr	$S = 70,7$ m ²	$\rho_{nJ} = 5$ kg/m ² - Nehořlavá	$a_{nJ} = 0,8$

Tab. 7: Plochy v požárním úseku

Dveře v požárním úseku:

Materiál: ocel – nehořlavé

Otvory v požárním úseku:

Označení	1	2	3	4	5
Počet	2	10	2	1	1
Výška [m]	0,75	4,5	2,02	2,02	2,02
Šířka [m]	14	4	1	3	1,4
Materiál	ocel	ocel	ocel	ocel	ocel
Hoř./neh.	Nehořlavé	Nehořlavé	Nehořlavé	Nehořlavé	Nehořlavé
Typ	Pevné	Otevíravé	Otevíravé	Pevné	Otevíravé

Tab. 8: Otvory v požárním úseku

Součinitel a:

Nahodilé požární zatížení:
$$p_n = \frac{\sum_{i=1}^n p_{nn} * S_n}{\sum_{i=1}^n S_n} = 45,24 \text{ kg/m}^2$$

$$a_n = \frac{\sum_{i=1}^n p_{nn} * S_n * a_{ns}}{\sum_{i=1}^n S_n * p_{nn}} = 1,05$$

Stálé požární zatížení:

$$p_{soken} = 0 \text{ kg/m}^2 \quad p_{sdveří} = 0 \text{ kg/m}^2 \quad p_{spodlah} = 0 \text{ kg/m}^2 \quad a_s = 0,9$$

$$p_s = p_{soken} + p_{sdveří} + p_{spodlah} = 0 \text{ kg/m}^2$$

$$a = \frac{a_n * p_n + a_s * p_s}{p_n + p_s} = 1,047$$

Součinitel b:

$$h_o = 2,262 \text{ m} \quad h_o/h_s = 0,245$$

$$h_s = 9,25 \text{ m}$$

$$S_o = 207,868 \text{ m}^2 \quad S_o/S = 0,167$$

$$S = 1242,75 \text{ m}^2$$

$$\text{Pomocná hodnota } n: \quad n = 0,083$$

$$\text{Hodnota součinitele } k: \quad k = 0,211$$

$$b = \frac{S * k}{S_o * \sqrt{h_o}}; \quad b = \frac{k}{0,005 * \sqrt{h_s}} = 0,837$$

Součinitel c: $c = 1,0$

Výpočtové požární zatížení:

$$p_v = a * b * c * (p_n + p_s) = 39,66 \text{ kg/m}^2$$

Stupeň požární bezpečnosti – I

Mezní rozměry požárního úseku: Mezní délka = 85,28 m

Mezní šířka = 62,64 m

Požadavek na nosnou konstrukci střechy je 15 minut.

3 Požární scénář rozlitého oleje

3.1 Požár rozlitého oleje

Riziko požáru vychází ze skladování oleje v části haly sklad olejů. Jako pravděpodobný zdroj požáru slouží skladovaný olej. Pro výpočet teplot konstrukce byl použit následující předpoklad: v důsledku úniku oleje z nesprávného skladování na podlaze vznikne skvrna o kruhové ploše průměru 5 m (plocha 19,6 m²), tzn. 200 l oleje. Vrstva oleje je cca 1 cm silná. Při stanovení teplot příhradového nosníku se uvažuje požár v prostředku jedné lodě.

Parametry požárního zatížení byly převzaty z Fire Dynamics Tools (FDT): Quantitative Fire Hazard Analysis for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program (NUREG-1805). Návrhové modely požáru pro navrhování konstrukcí (ČSN EN 1993-1-2) neřeší požár tekutých hořlavých látek rozlitých na podlaze. V tomto případě je uvažováno hoření oleje jako lokální požár.

Průměr požáru

$$D = 5,0 \text{ m}$$

Výhřevnost oleje

$$H = 46400 \text{ MJ/kg}$$

Hustota oleje

$$\rho = 760 \text{ kg/m}^3$$

Rychlost odhořívání

$$m = 0,039 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$$

Součinitel $k\beta$

$$k\beta = 0,7 \text{ m}^{-1}$$

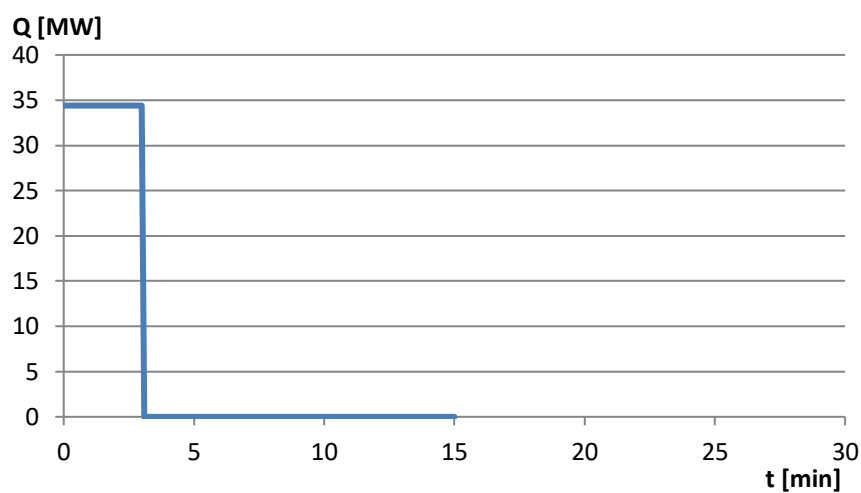
Rychlost uvolňování tepla

$$Q = m \cdot H \cdot A_f \cdot (1 - e^{-k\beta \cdot D}) = 0,039 \cdot 46400 \cdot 19,6 \cdot (1 - e^{-0,7 \cdot 5,0}) = 37397 \text{ kW}$$

Vzhledem k velké rychlosti šíření požáru po olejové skvrně nemá rychlost uvolňování tepla rostoucí fázi (viz ČSN EN 1991-1-2), ale plnou hodnotu od začátku požáru. Tato hodnota je konstantní až do vyhoření veškerého paliva.

$$60m \cdot A_f = 60 \cdot 0,039 \cdot 19,6 = 45,86 \text{ kg/min} = 60,3 \text{ l/min}$$

Celkové množství oleje (200 litrů) bude hořet po dobu 3,3 min.

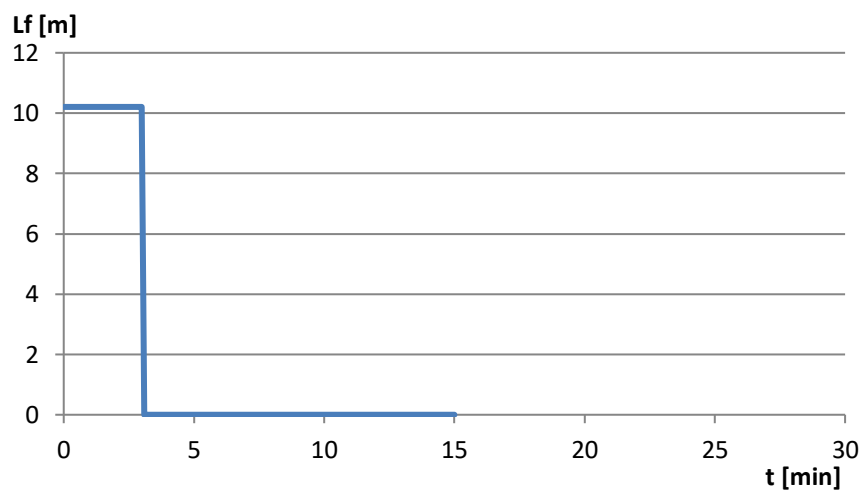


Obr. 19: Rychlost uvolňování tepla, požár rozlitého oleje

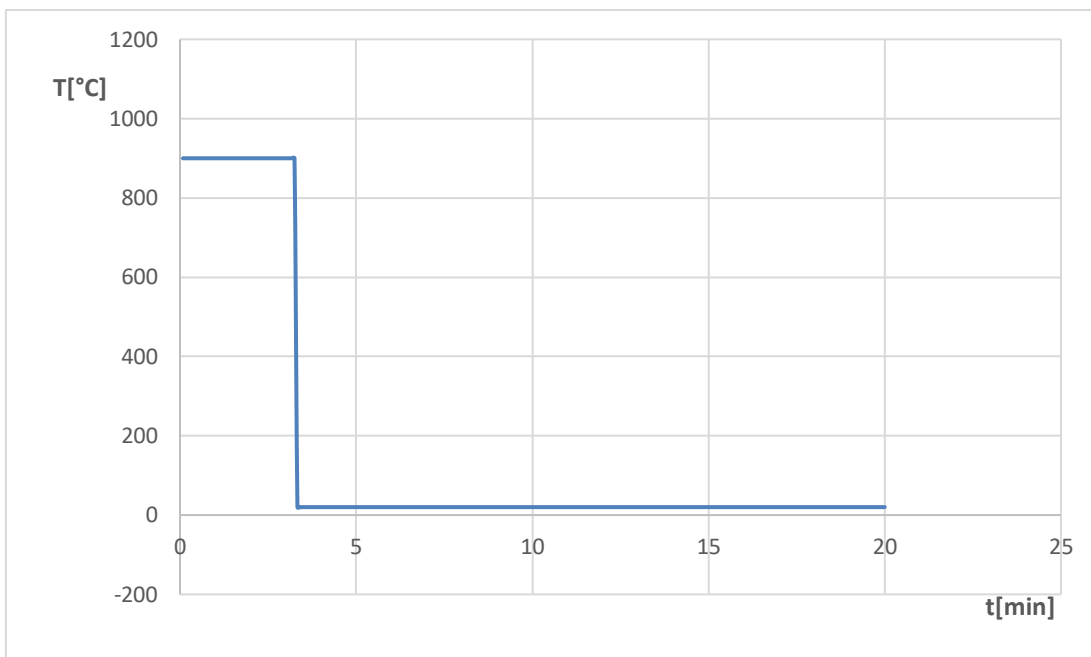
Délka plamene závisí na rychlosti uvolňování tepla, použije se vztah:

$$L_f = -1,02 D + 0,0148 Q^{2/5} = -1,02 \cdot 5 + 0,0148 \cdot 37397000 = 10,72 \text{ m}$$

=> Plameny dosahují stropu haly.

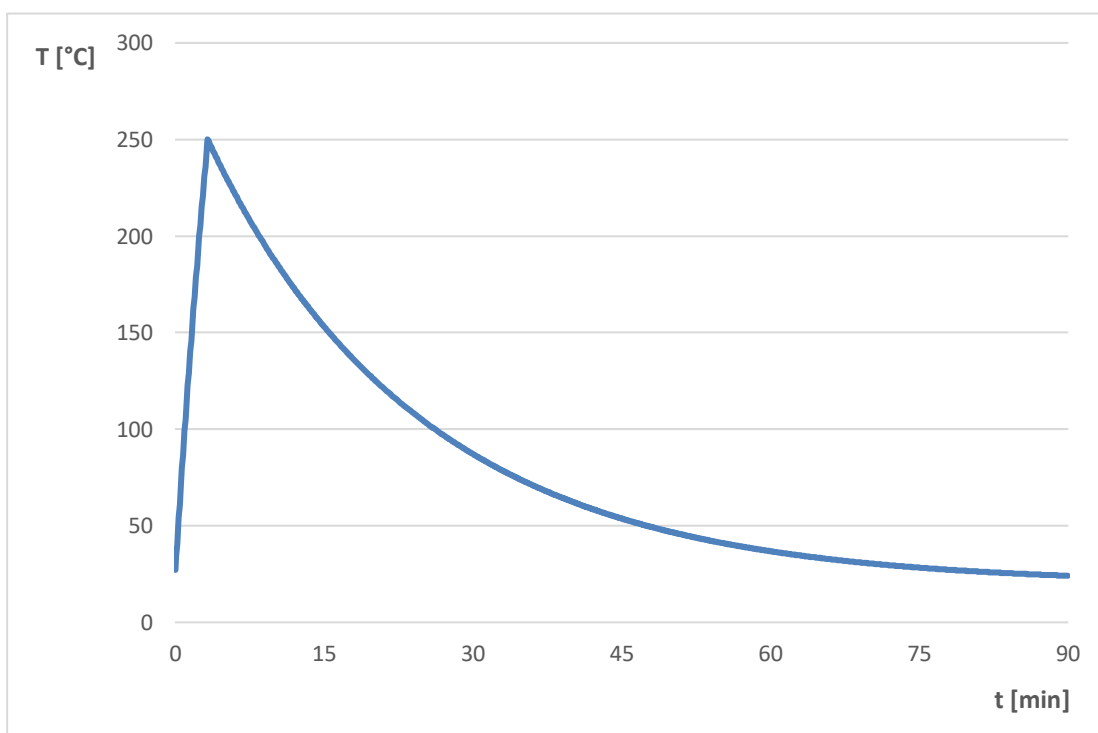


Obr. 20: Délka plamene, požár rozlitého oleje



Obr. 21: Teplota plynu, požár rozlitého oleje

Teplota plynu počítána podle vzorce uvedeného v normě ČSN EN 1991-1-2 Příloha C – metoda, kdy plameny dosahují stropu. Výpočet je proveden v tabulkovém procesoru (Excel).



Obr. 22: Teplota spodního prutu S, požár rozlitého oleje

3.2 Posouzení vazníku za požáru

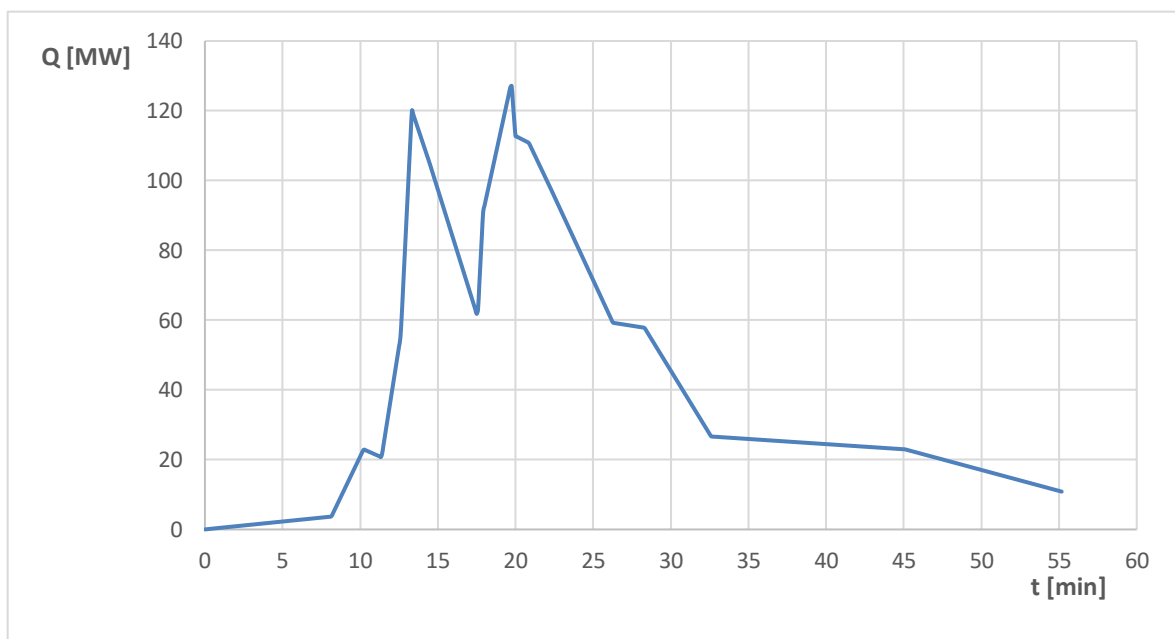
Požadovaná požární odolnost příhradového vazníku je v požárním úseku 15 minut. Teplota spodní části příhradového vazníku dosáhne maximální hodnoty v 3 minutě 250,07 °C. Při této teplotě dochází pouze k redukci modulu pružnosti oceli ($k_{y,\theta} = 1,0$ a $k_{E,\theta} = 0,85$). Z toho vyplývá, že únosnost bude zajištěna i bez použití protipožární ochrany.

4 Požární scénář nákladního vozidla s přívěsem

4.1 Požár nákladního vozidla s přívěsem

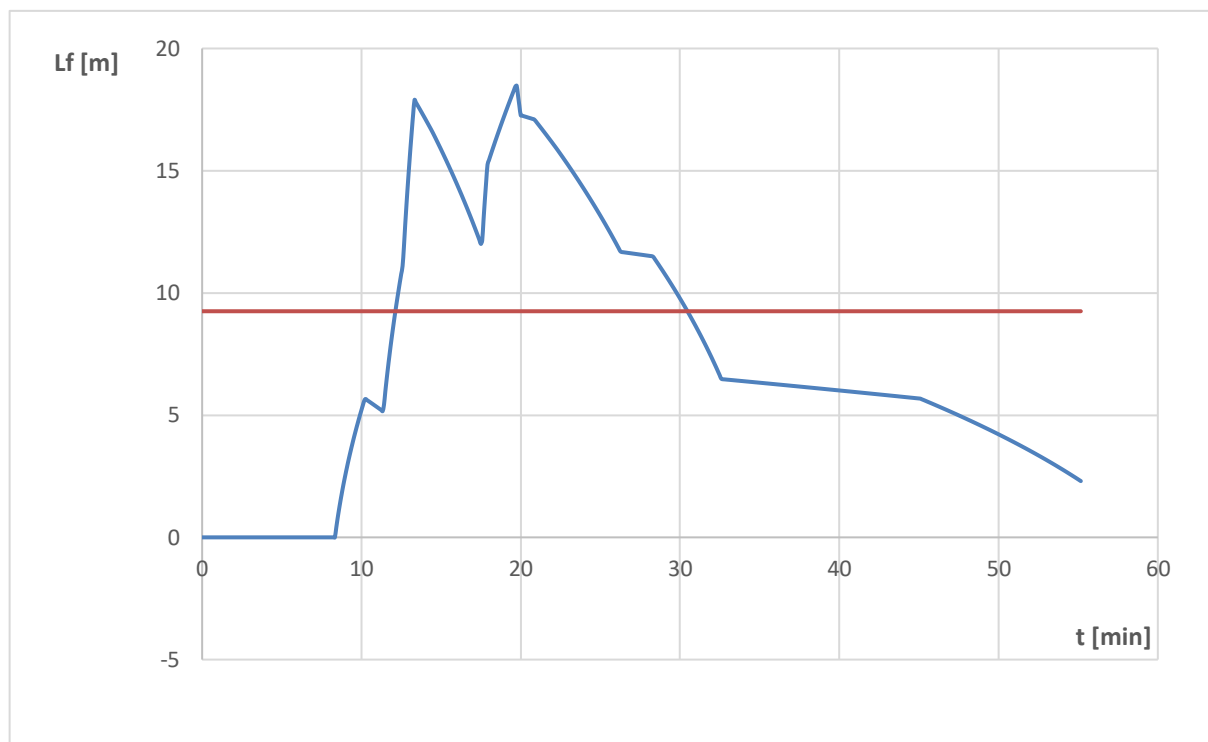
Riziko požáru vychází z možnosti vzplanutí nákladního vozidla v servisní hale. Jako pravděpodobný zdroj požáru je již zmíněné nákladní vozidlo. Pro výpočet teplot konstrukce byl použit následující předpoklad: technická závada na elektroinstalaci na nákladním vozu.

Parametry požárního zatížení byly převzaty z požárního experimentu [REF], kde zatížení bylo tvořeno přepravovaným nábytkem (přibližně 42,7 GJ) a vlastním vozidlem - celkově 87,4 GJ. Vozidlo obsahovalo dieslovou jednotku Leyland DAF 310 A a 12,2 m dlouhou dvojitou nosnou hřídel přívěsu s dvojitou nápravou v zadní části. Přívěs měl dřevěnou podlahovou krytinu a vyztuženou syntetickou vláknitou plachtu na otevřených stranách a stropě. Křivka rychlosti uvolňování tepla je převzata z experimentu [REF].

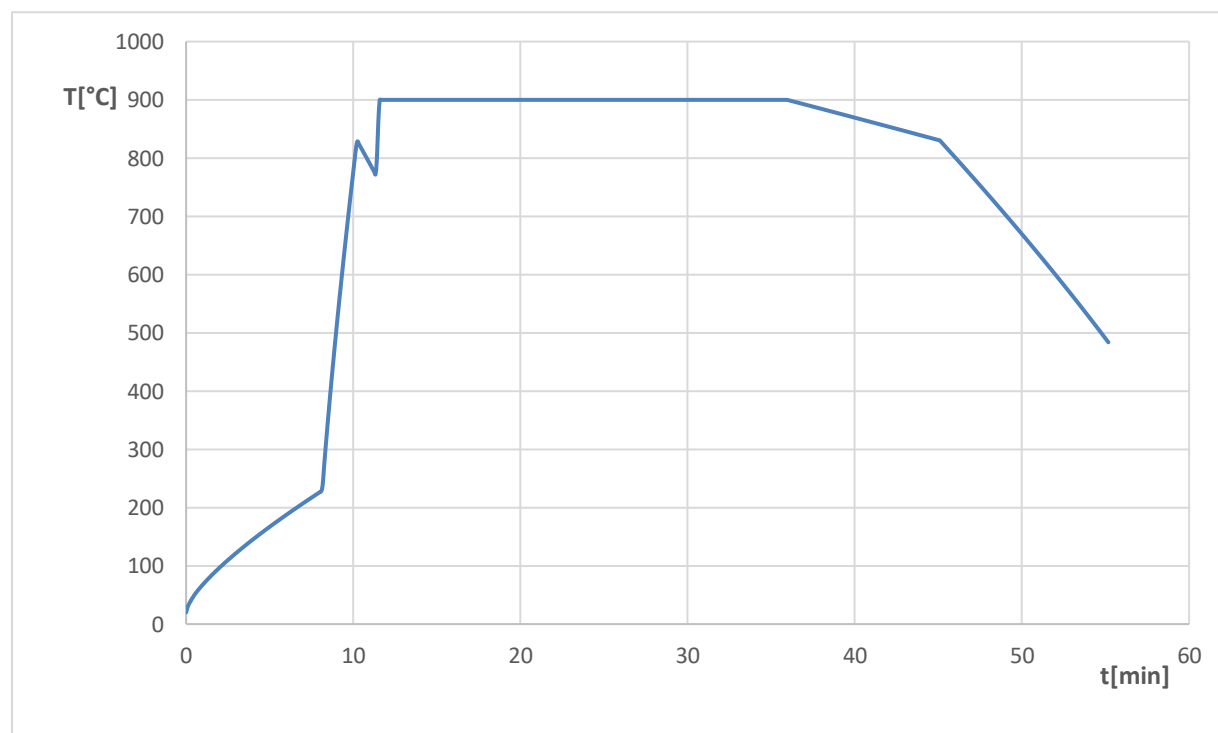


Obr. 23: Rychlost uvolňování tepla, nákladní vozidlo s přívěsem

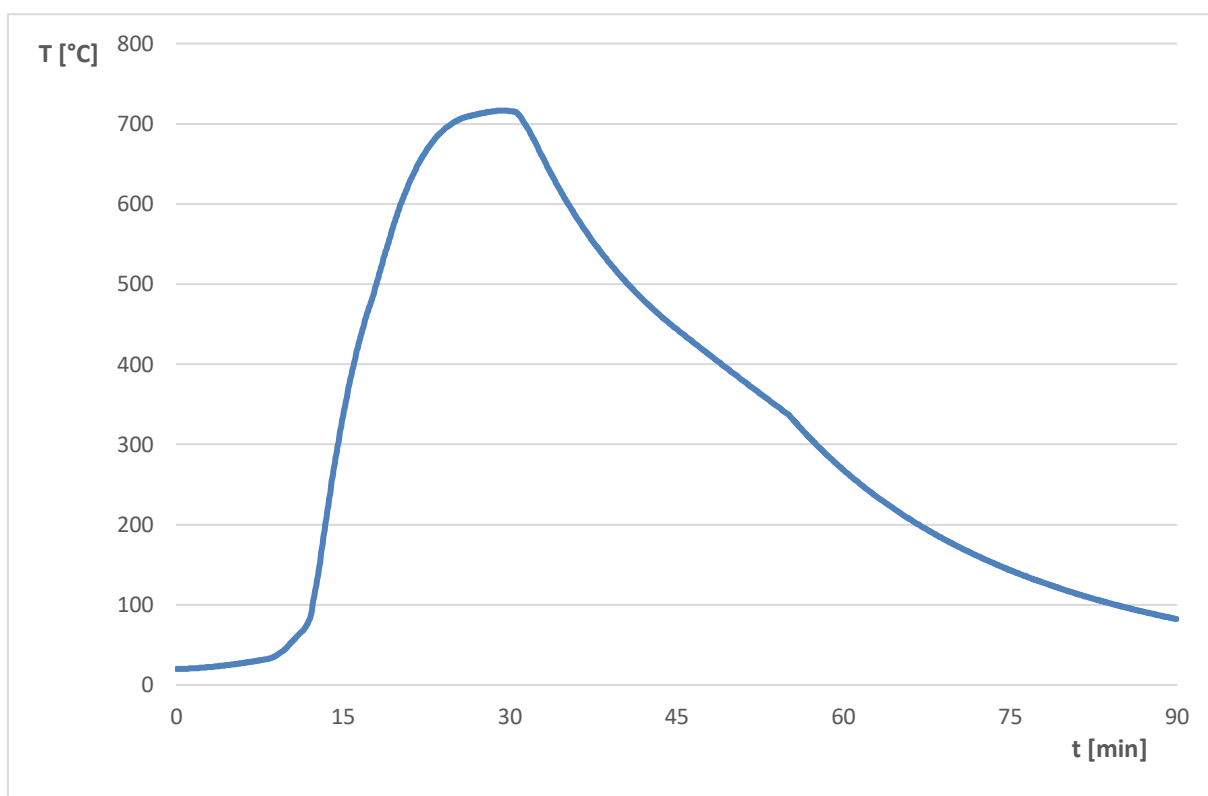
Požár je uvažován jako lokální. Pro výpočet teploty plynu a teploty ocelové konstrukce je použit shodný postup jako u požárního scénáře rozlitého oleje. Délka plamene dosáhne stropu kolem 12. min. Pro výpočet v tabulkovém procesoru (Excel) je použita kombinace obou modelů lokálního požáru, které jsou uvedeny v ČSN EN 1991-1-2 Příloha C.



Obr. 24: Délka plamene, požár nákladního vozidla



Obr. 25: Teplota plynu, požár nákladního vozidla



Obr. 26: Teplota spodního pasu S, požár nákladního vozidla

4.2 Posouzení vazníku za požáru

Požadovaná požární odolnost příhradového vazníku je v požárním úseku 15 minut. Teplota spodho pasu příhradového vazníku dosáhne maximální hodnoty v 15 minutě 331,79 °C. Při této teplotě dochází k redukci modulu pružnosti. Ostatní pruty vazníku dosahují vyšších teplot kvůli jejich menším průřezům, respektive hodnotám součinitele A_m/V . U těchto prutů dochází k redukci meze kluzu i redukci modulu pružnosti.

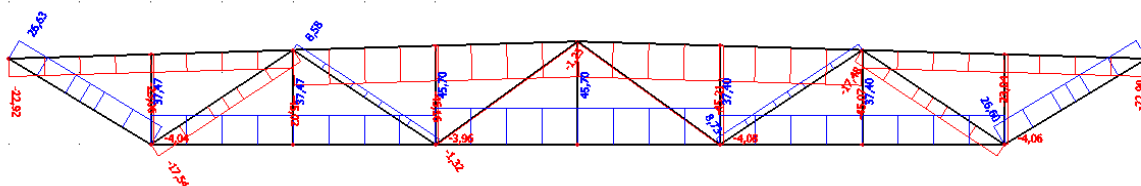
prut	profil	teplota profilu [°C]	$k_{y,\theta}$	$k_{E,\theta}$	f_y	E
S	TR 127,0 x 10,0	331,79	1,0	0,76821	355	161324,1
H	TR 70,0 x 5,0	528,05	0,693045	0,518655	246,031	108917,6
D1	TR 38,0 x 4,0	598,66	0,474154	0,313886	168,3247	65916,06
D2	TR 54,0 x 4,0	594,05	0,488445	0,327255	173,398	68723,55
D3	TR 33,7 x 2,6	700,56	0,229328	0,129776	81,41144	27252,96
D4	TR 33,7 x 2,6	700,56	0,229328	0,129776	81,41144	27252,96
V1,V3	TR 33,7 x 2,6	700,56	0,229328	0,129776	81,41144	27252,96

Tab. 9: Redukční součinitele materiálových vlastností jednotlivých prutů

Pro výpočet vnitřních sil byly uvažovány součinitele $\psi_{1,1}$ pro sníh i vítr. Tyto součinitele jsou rovny v obou případech 0,2 dle normy ČSN EN 1990.

Všechny maximální vnitřní síly vycházejí, po zredukování sněhu a větru, z KZS 1.

KZS (1)



Obr. 27: Normálové síly ve vazníku v kombinaci KZS (1) – za požáru

prut	$N_{Ed(tah)}$	Profil	A	i	$f_{y,\theta}$	$N_{fi,\theta,Rd}$	$N_{Ed}/N_{fi,\theta,Rd}$	
	kN		mm ²	mm	MPa	kN		
S	45,70	TR 127,0 x 10,0	3676	41,5	355	1304,82	0,035	<1,0
H	-	TR 70,0 x 5,0	1021	23,0	246,031	251,19	-	-
D1	26,63	TR 38,0 x 4,0	427	12,1	168,32	71,91	0,370	<1,0
D2	-	TR 54,0 x 4,0	628	17,7	173,398	108,95	-	-
D3	8,73	TR 33,7 x 2,6	254	11,0	81,41144	20,68	0,422	<1,0
D4	-	TR 33,7 x 2,6	254	11,0	81,41144	20,68	-	-
V1,V3	-	TR 33,7 x 2,6	254	11,0	81,41144	20,68	-	-

Tab. 10: Posouzení prutů za požáru – tažené pruty

prut	$N_{Ed(tlak)}$	Profil	L_{teor}	$L_{cr,fi}/L$	$L_{cr,fi}$	λ_θ	ϕ_θ	χ_{fi}	$N_{b,fi,t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,fi,t,Rd}$	
	kN		mm		mm				kN		
S	-	TR 127,0 x 10,0	16000	1,00	16000	385,4	8,765	0,06	78,33	-	-
H	45,16	TR 70,0 x 5,0	2000	0,90	1800	78,1	1,013	0,60	151,68	0,298	<1,0
D1	-	TR 38,0 x 4,0	2332	0,75	1749	144,5	2,091	0,29	20,51	-	-
D2	17,54	TR 54,0 x 4,0	2396	0,75	1797	101,3	1,359	0,46	49,67	0,353	<1,0
D3	-	TR 33,7 x 2,6	2396	0,75	1797	162,9	2,755	0,21	4,33	-	-
D4	1,32	TR 33,7 x 2,6	2464	0,75	1848	167,5	2,871	0,20	4,14	0,319	<1,0
V1,V3	4,04	TR 33,7 x 2,6	1380	0,75	1035	93,8	1,369	0,45	9,35	0,432	<1,0

Tab. 11: Posouzení prutů za požáru – tlačené pruty

Veličiny v tabulkách jsou vypočteny pomocí následujících vztahů:

Tah: $N_{fi,\theta,Rd} = k_{y,fi} \cdot N_{pl,Rd} \cdot (\gamma_{M,0}/\gamma_{M,fi}) = k_{y,\theta} \cdot A \cdot f_y = A \cdot f_{y,\theta}$

Kde: $k_{y,\theta}$ je redukční součinitel meze kluzu při teplotě oceli θ_a

$N_{pl,Rd}$ návrhová únosnost prvku při pokojové teplotě

$\gamma_{M,0}$ dílčí součinitel spolehlivosti materiálu za pokojové teploty

$\gamma_{M,fi}$ dílčí součinitel spolehlivosti při požáru

Tlak: $N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} = \chi_{fi} \cdot A \cdot f_{y,\theta}$

Součinitel vzpěrnosti pro návrhovou požární situaci

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\phi_{\theta} + \sqrt{\phi_{\theta}^2 - \lambda_{\theta}^2}}$$

$$\phi_{\theta} = \frac{1}{2} (1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_{\theta} + \lambda_{\theta}^2)$$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{235/f_y}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{\theta} = \frac{L_{cr,fi}}{i}$$

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \frac{\lambda_{\theta}}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}}}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{f_y}{235}}$$

Z výše uvedeného posouzení prvků vychází, že příhradový nosník vyhoví za požáru bez požární ochrany.

5 Literatura

OCELOVÉ KONSTRUKCE 01 – Cvičení, Michal Jandera, Martina Eliášová, Tomáš Vraný, 2015

OCELOVÉ KONSTRUKCE – Tabulky, Tomáš Vraný, František Wald, 2005

OCELOVÉ KONSTRUKCE 2, Prof. Ing. Josef Macháček, DrSc. Prof. Ing. Jirí Studnička, DrSc. 2005

Norma ČSN EN 1991-1-2 Příloha C

Norma ČSN EN 1990 Příloha A

Norma ČSN EN 1991-1-3 Zatížení sněhem

Norma ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem

Norma ČSN 730802

Modelování dynamiky požáru v budovách – experiment hoření těžkého nákladního vozidla, Wald František, Pokorný Marek, Horová Kamila, Hejtmánek Petr, Najmanová Hana, Benýšek Martin, Kurejková Marta, Schwarz Ivo, ČVUT v Praze 2017

Fire Dynamics Tools (FDT): Quantitative Fire Hazard Analysis for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program (NUREG-1805)

Programy: Scia Engineer 2015

Seznam příloh

Příloha 1 – Půdorys střechy 1:200

Příloha 2 – Řez A-A' 1:100

Příloha 3 – Montážní styk horního pásu

Příloha 4 – Montážní styk spodního pásu

Příloha 5 – Montážní styk diagonály

Seznam obrázků

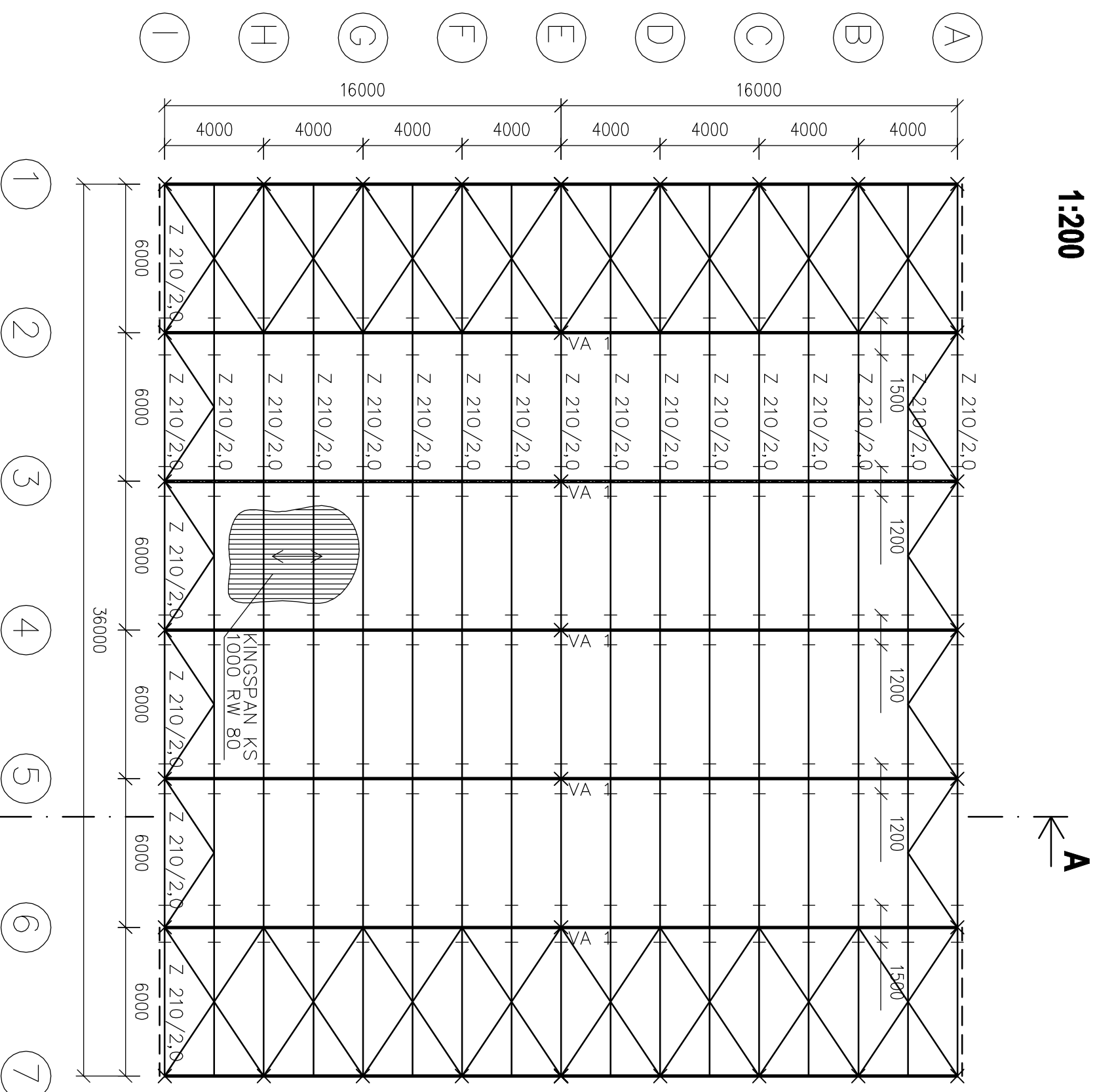
Obr. 1: Schéma půdorysu haly (zde bez ztužujících prvků)	3
Obr. 2: Schéma řezu příhradovým nosníkem	4
Obr. 3: Tvarové součinitele zatížení sněhem pro střechy vícelodních budov	5
Obr. 4: Schéma podepření střešního panelu	8
Obr. 5: Schéma zatížení vaznice	9
Obr. 6: Schéma zatížení příčným větrem na (mezilehlou) vaznici	10
Obr. 7: Schéma zatížení podélným větrem na (mezilehlou) vaznici	11
Obr. 8: Označení jednotlivých prutů příhradového nosníku	13
Obr. 9: Statický model příhradového nosníku	14
Obr. 10: Tvarové součinitele příhradového nosníku pro příčný vítr	15
Obr. 11: Statické schéma příhradového nosníku pro příčný vítr	16
Obr. 12: Tvarové součinitele příhradového nosníku pro podélný vítr	16
Obr. 13: Statické schéma příhradového nosníku pro podélný vítr	17
Obr. 14: Normálové síly ve vazníku v kombinaci KZS (1)	18
Obr. 15: Normálové síly ve vazníku v kombinaci KZS (4)	18
Obr. 16: Normálové síly ve vazníku v kombinaci KZS (5)	18
Obr. 17: Průhyb konstrukce	20
Obr. 18: Požární úsek servisní haly	22
Obr. 19: Rychlost uvolňování tepla, požár rozlitého oleje	26
Obr. 20: Délka plamene, požár rozlitého oleje	26
Obr. 21: Teplota plynu, požár rozlitého oleje	27
Obr. 22: Teplota spodního prutu S, požár rozlitého oleje	27
Obr. 23: Rychlost uvolňování tepla, nákladní vozidlo s přívěsem	28
Obr. 24: Délka plamene, požár nákladního vozidla	29
Obr. 25: Teplota plynu, požár nákladního vozidla	29
Obr. 26: Teplota spodního pasu S, požár nákladního vozidla	30
Obr. 27: Normálové síly ve vazníku v kombinaci KZS (1) – za požáru	31

Seznam tabulek

Tab. 1: Plošné zatížení větrem na jednotlivé oblasti zastřešení haly	7
Tab. 2: Tabulka únosnosti zatížení sněhem pro střešní panel KINGSPAN KS1000 RF80...8	
Tab. 3: Tabulka únosnosti sání větru pro střešní panel KINGSPAN KS1000 RF80	9
Tab. 4: Přípustná zatížení pro vaznice Z s rovnou stojinou	12
Tab. 5: Posouzení prutů – tažené pruty	19
Tab. 6: Posouzení prutů vazníků – tlačené pruty.....	19
Tab. 7: Plochy v požárním úseku	23
Tab. 8: Otvory v požárním úseku	23
Tab. 9: Redukční součinitele materiálových vlastností jednotlivých prutů	30
Tab. 10: Posouzení prutů za požáru – tažené pruty	31
Tab. 11: Posouzení prutů za požáru – tlačené pruty	31

PŮDORYS STŘECHY

1:200

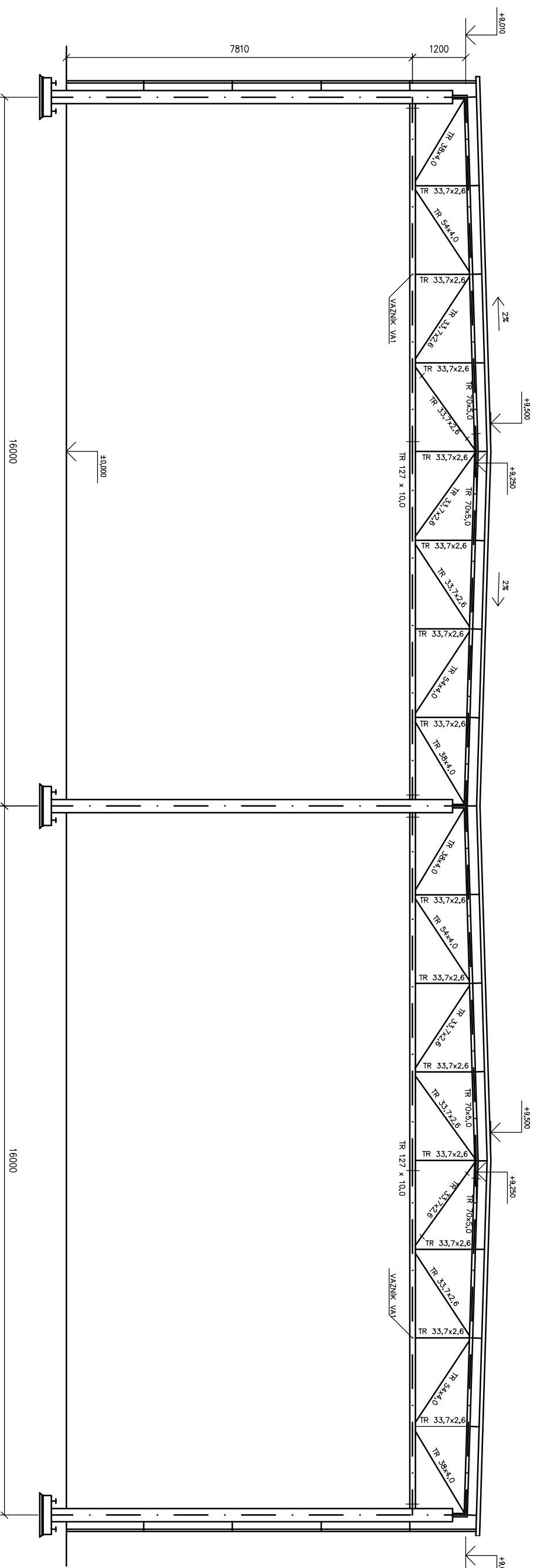


OCEL: S355J0.....VAZNÍK
S350GD.....VAZNICE Z300
S235J0.....OSTATNÍ
ŠROUBY:5,6

VYRACOVAL:	KONZULTANT:	ŠKOLNÍ ROK:	FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT
Josef Hruška	Ing. Kamila Cábová, Ph.D.	2016/2017	
PŘEDMĚT:	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
VYKRES:	PŮDORYS STŘECHY HALY		
MĚŘITKO	1:200	DATUM	28. 4. 2017
		Č. VYKRESU	1

ŘEZ A-A'

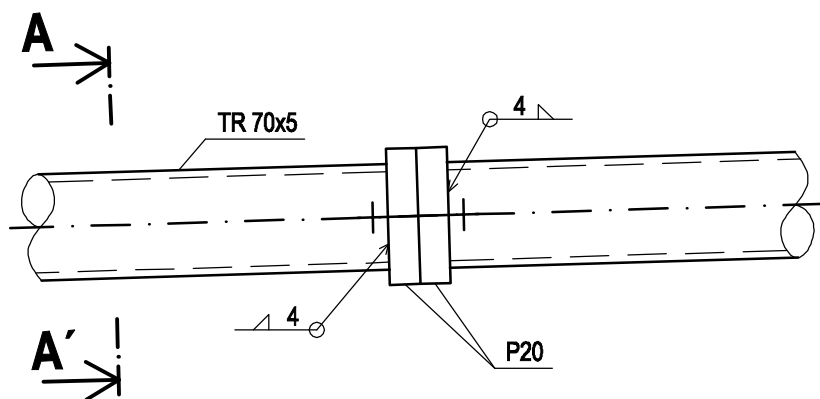
1:100



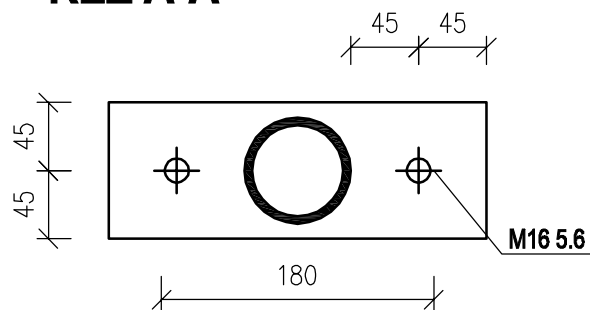
OCEL: S355J0.....VAZNÍK
S350GD.....VAZNICE Z300
S235J0.....OSTATNÍ

ŠROUBY:5.6

VYRACOVAL:	KONZULTANT:	ŠKOLNÍ ROK:	FAKULTA STAVEBNÍ		
Josef Hruška	Ing. Kamila Cábová, Ph.D.	2016/2017			
PŘEDMĚT:	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE				
VÝKRES:	ŘEZ A-A'				
MĚŘITKO	1:100	DATUM	28. 4. 2017	Č. VÝKRESU	2

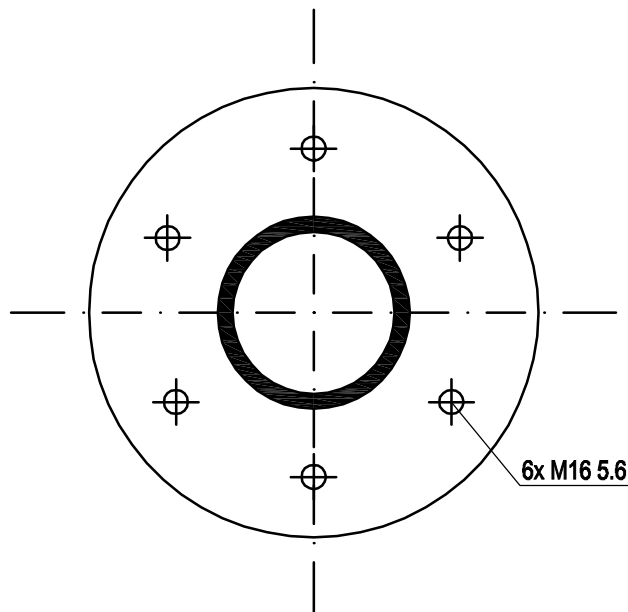
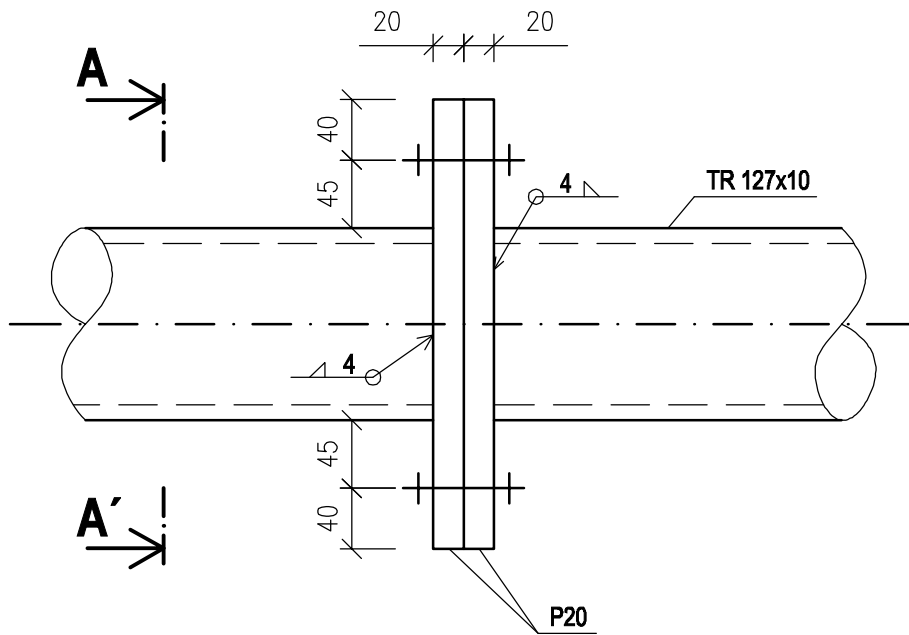


ŘEZ A-A'




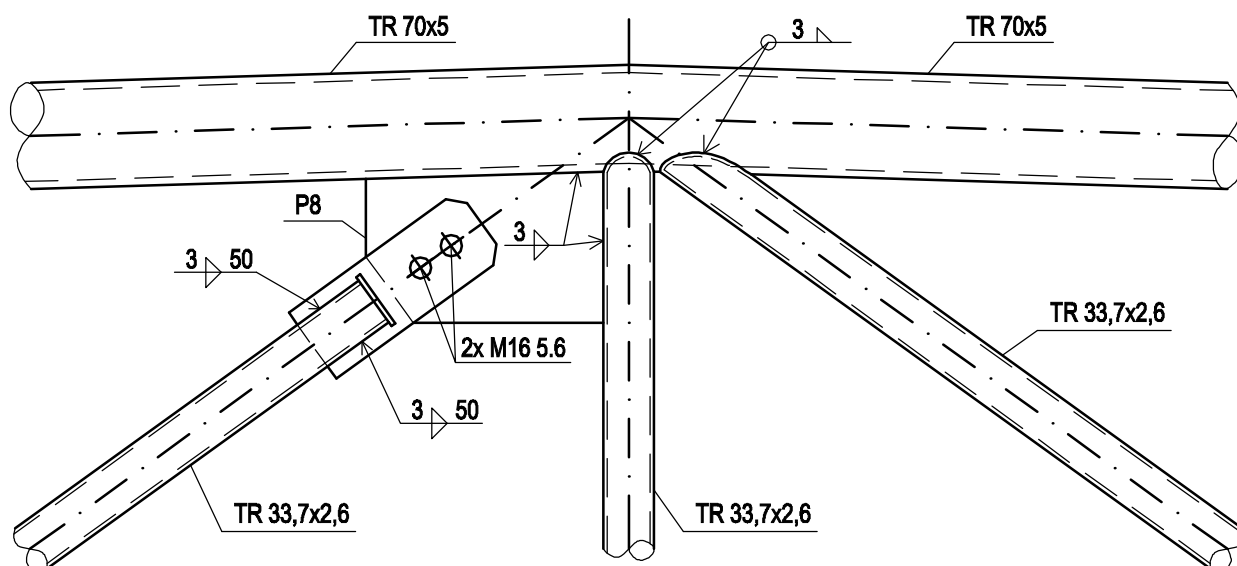
OCEL: S355J0.....VAZNÍK
S350GD.....VAZNICE Z300
S235J0.....OSTATNÍ
ŠROUBY:5.6

VYRACOVAL: Josef Hruška	KONZULTANT: Ing. Kamila Cábová, Ph.D.	ŠKOLNÍ ROK: 2016/2017	FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT 		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE					
VÝKRES: MONTÁŽNÍ STYK HORNÍHO PÁSU					
MĚŘITKO	1:5	DATUM	10. 5. 2017	Č. VÝKRESU	3



OCEL: S355J0.....VAZNÍK
S350GD.....VAZNICE Z300
S235J0.....OSTATNÍ
ŠROUBY: 5.6

VYRACOVAL: Josef Hruška	KONZULTANT: Ing. Kamila Čábová, Ph.D.	ŠKOLNÍ ROK: 2016/2017	FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT 		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE					
VÝKRES: MONTÁŽNÍ STYK SPODNÍHO PÁSU					
MĚŘITKO	1:5	DATUM	10. 5. 2017	Č. VÝKRESU	4



OCEL: S355J0.....VAZNÍK
S350GD.....VAZNICE Z300
S235J0.....OSTATNÍ
ŠROUBY:5.6

VYRACOVAL: Josef Hruška	KONZULTANT: Ing. Kamila Cábová, Ph.D.	ŠKOLNÍ ROK: 2016/2017	FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT 		
PŘEDMĚT: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE					
VÝKRES: MONTÁŽNÍ STYK DIAGONÁLY					
MĚŘITKO	1:5	DATUM	10. 5. 2017	Č. VÝKRESU	5