

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



VARIANTNÍ ŘEŠENÍ NÁVRHU OCELOVÉ KONSTRUKCE SKLADOVACÍ HALY
VARIANT SOLUTION OF THE STEEL STORAGE HALL STRUCTURE DESIGN

Technická zpráva

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby
Vedoucí práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.

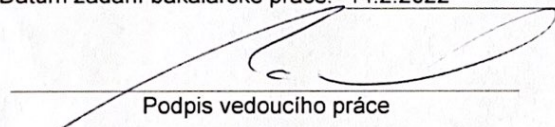
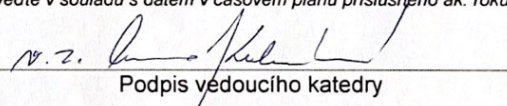
LADISLAV POPOVIČ
Praha, 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Popovič</u>	Jméno: <u>Ladislav</u>	Osobní číslo: <u>484391</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>SI</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Konstrukce a dopravní stavby</u>		

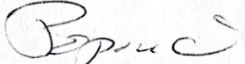
II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Variantní řešení návrhu ocelové konstrukce skladovací haly</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Variant solution of the steel storage hall structure design</u>	
Pokyny pro vypracování: Zpracování teoretického návrhu variant konstrukčního řešení ocelové haly, statický výpočet a posouzení hlavní nosné konstrukce. Zpracování výkresové části s dispozicí jednotlivých variant. Multikriteriální zhodnocení efektivity a ekonomického hlediska jednotlivých variant.	
Seznam doporučené literatury: - Ocelové konstrukce 2: zatížení / Jiří Studnička - Navrhování nosných konstrukcí: ocelové konstrukce / Jiří Studnička - normy EN pro navrhování ocelových konstrukcí	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Michal Netušil, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>14.2.2022</u>	Termín odevzdání BP v IS KOS: <u>15.5.2022</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 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“.

14.2.2022
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, 15.5. 2022

Podpis:

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Michalu Netušilovi, Ph.D. za jeho ochotu, trpělivost a především cenné rady, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout.

Anotace:

Cílem mé bakalářské práce je návrh a porovnání variantního řešení zastřešení ocelové konstrukce skladovací haly. Práce obsahuje návrh konstrukčního řešení, statický výpočet včetně posouzení hlavní nosné konstrukce, návrh klíčových detailů a výkresovou dokumentaci. Patky, založení a ztužující prvky nejsou předmětem návrhu v této práci.

Klíčová slova:

Ocelová hala, ocelová konstrukce, rámový vazník, příhradový vazník, 3D příhradový vazník, ztužidlo

Abstract:

The aim of my bachelor's thesis is to design and compare a variant solution for the roofing of a steel structure of a storage hall. The work contains a design solution, static calculation, including an assessment of the main construction elements, design of key details and drawing documentation. The fundamental, flap and stiffening elements are not the subject of proposal in this work.

Key words:

Steel storage hall, steel structure, frame truss, lattice truss, 3D lattice truss, stiffener

1 OBSAH

1	Obsah	- 4 -
	Úvod.....	- 5 -
1	Koncepce bakalářské práce.....	- 6 -
2	Základní popis variant.....	- 7 -
2.1	Varianta A	- 7 -
2.2	Varianta B	- 8 -
2.3	Varianta C	- 9 -
3	Statický výpočet.....	- 11 -
3.1	Varianta A	- 12 -
3.2	Varianta B	- 51 -
3.3	Varianta C	- 87 -
4	Materiály	- 120 -
5	Zhodnocení variant	- 121 -
	Závěr	- 123 -
	Seznam použité literatury	- 124 -
	Normy	- 124 -
	Literatura.....	- 124 -
	Internetové stránky.....	- 124 -
	Použité programy	- 124 -
	Příloha: výkresová dokumentace	

ÚVOD

Cílem práce je multikriteriální zhodnocení efektivity a ekonomického hlediska jednotlivých variant příhradových vazníků dvoulodní haly. Hala má sloužit jako skladovací prostory, čemu byla přizpůsobena dispozice a konstrukční návrh.

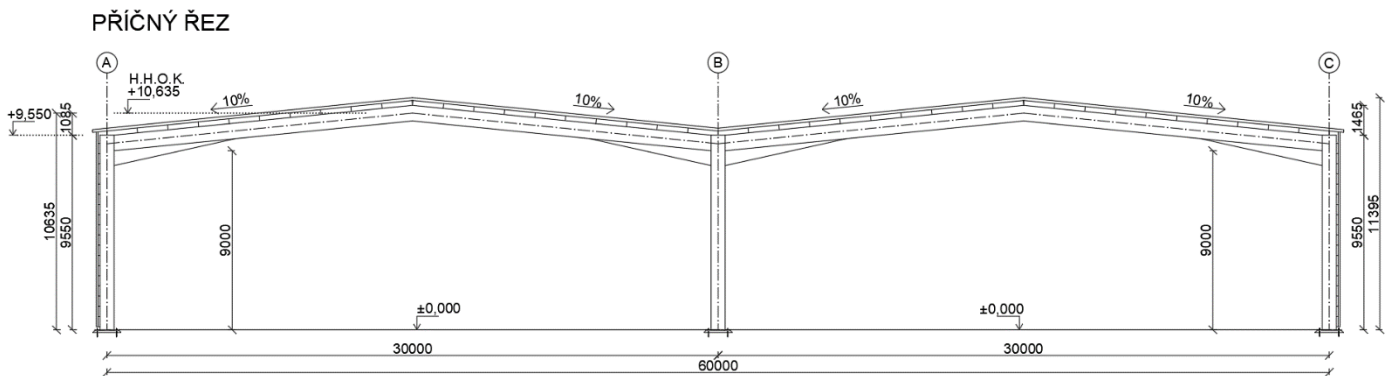
Práce se skládá z technické a průvodní zprávy obsahující základní popis variant, jejich následné konstrukční řešení se statickým výpočtem a posouzením hlavních nosných prvků a výkresovou dokumentaci celkové dispozice a hlavních konstrukčních detailů.

1 KONCEPCE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

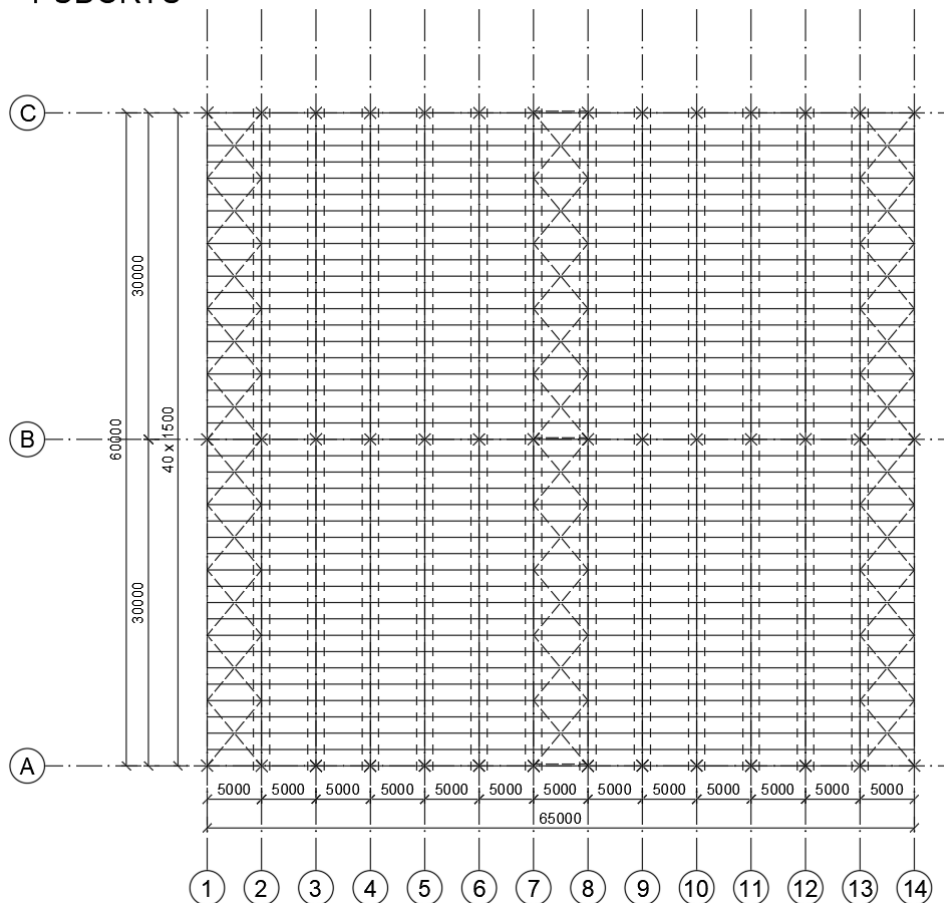
Navrhované varianty dvoulodních ocelových skladovacích hal hodnotíme především z hlediska spotřeby oceli. Jednotlivé varianty A, B a C jsou navrženy tak, aby bylo možné co nejrelevantnější porovnání výsledků a vyvození závěrů. Klimatická zatížení jsou uvažována pro větrnou oblast II a pro sněhovou oblast IV. Všechny tři varianty jsou sloupové haly s průřezem sloupu HEA. Haly se liší jednotlivými vazníky. Variantu A tvoří rámová příčná vazba s příčlemi průřezu IPE s náběhy v rámových rozích. Varianta B je navržena jako dvourozměrný příhradový vazník tvořený trubkovými průřezy. Varianta C je tvořena trojrozměrným obloukovým příhradovým vazníkem trojúhelníkového průřezu složeného z trubkových prutů. Jelikož je hala určena pro skladovací účely, musí být dosažen co největší využitelný prostor. Její požadovaná výška v nejnižších místech byla minimálně 9 metrů. Rozpon jedné lodě je 30 metrů a délka haly 65 metrů s konstantní vzdáleností vazeb 5 metrů.

2 ZÁKLADNÍ POPIS VARIANT

2.1 VARIANTA A



PŮDORYS



ŠÍŘKA 2 x 30,0m

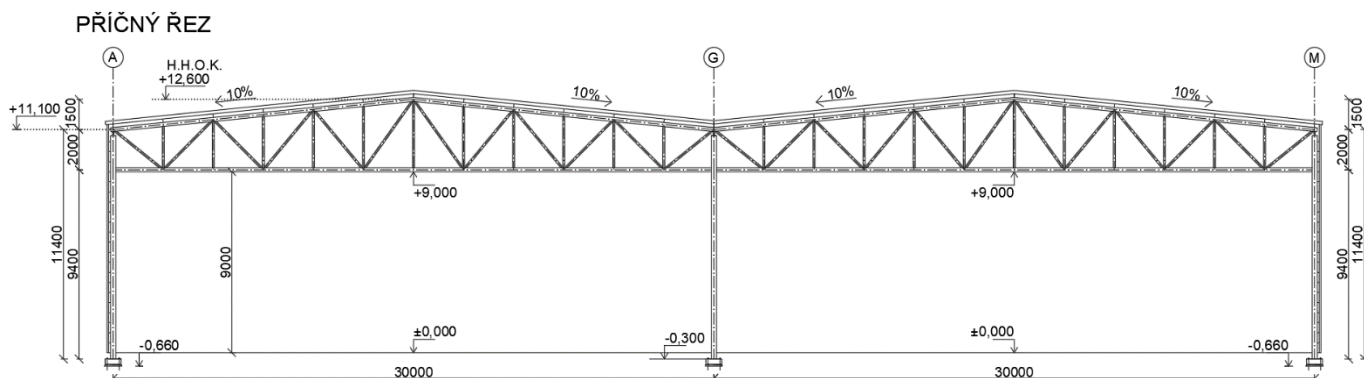
MODUL PŘÍČNÝCH VAZEB: 5,0m

VÝŠKA OKAPNÍ HRANY: 9,550m

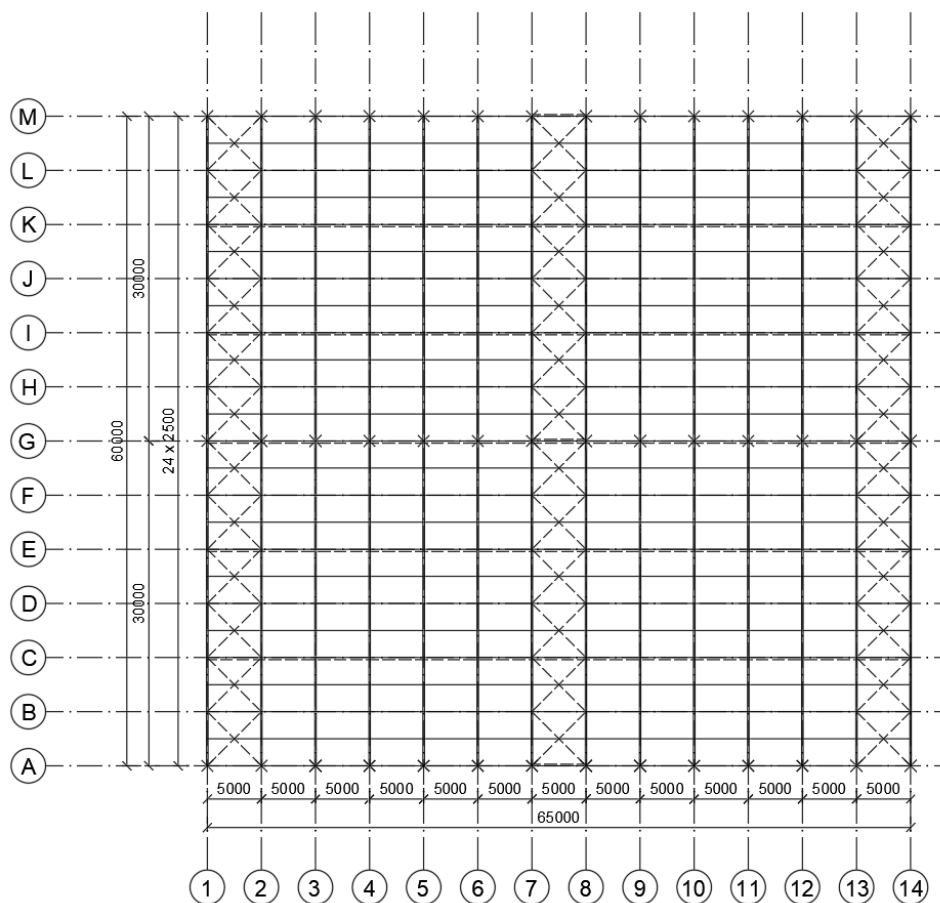
VÝŠKA HŘEBENE: 10,635m

SKLON SEDLOVÉ STŘECHY: 6,0°

2.2 VARIANTA B



PŮDORYS



ŠÍŘKA 2 x 30,0m

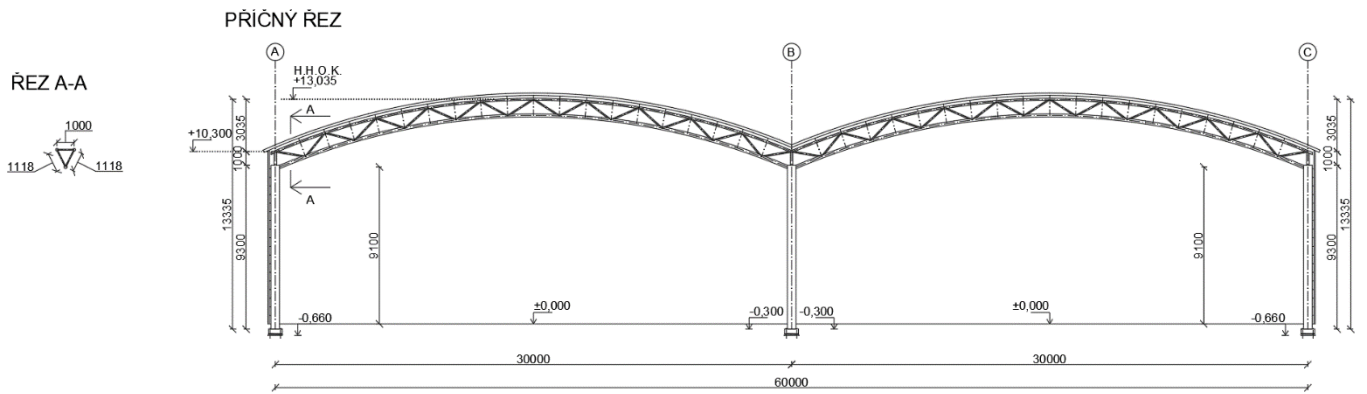
MODUL PŘÍČNÝCH VAZEB: 5,0m

VÝŠKA OKAPNÍ HRANY: 11,100m

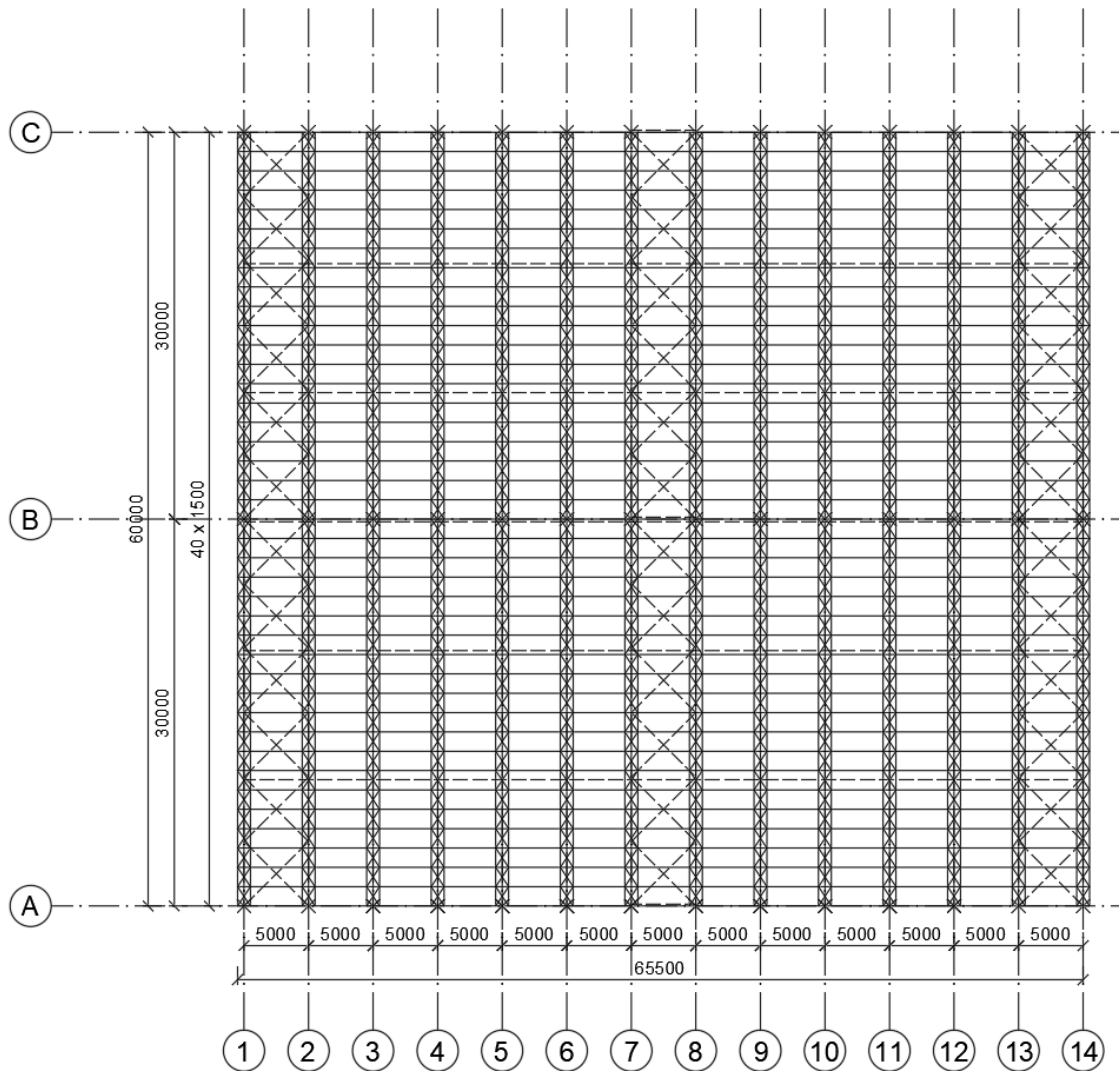
VÝŠKA HŘEBENE: 12,600m

SKLON SEDLOVÉ STŘECHY: 6,0°

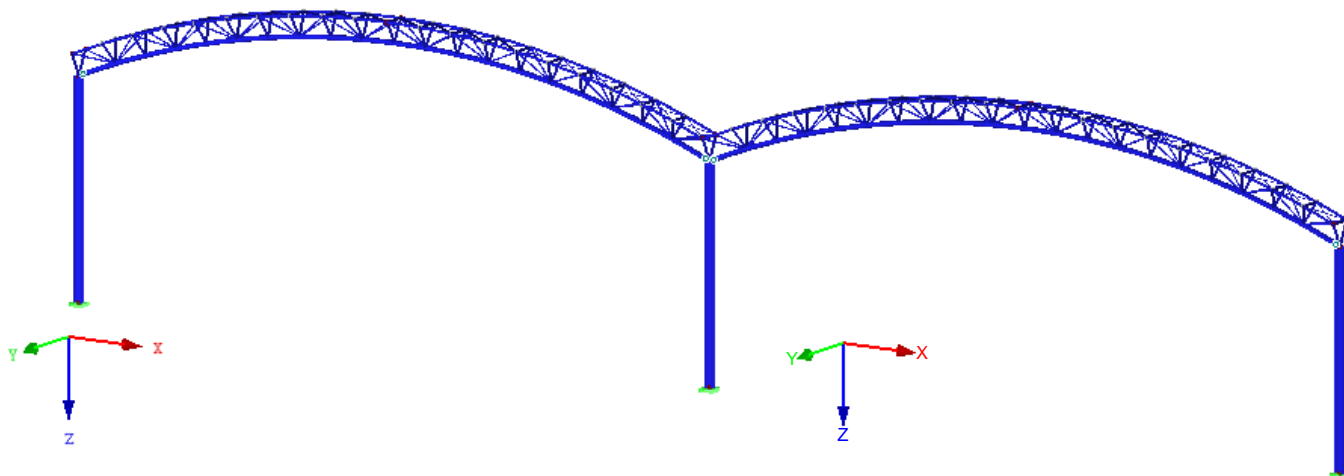
2.3 VARIANTA C



PŮDORYS



3D POHLED:



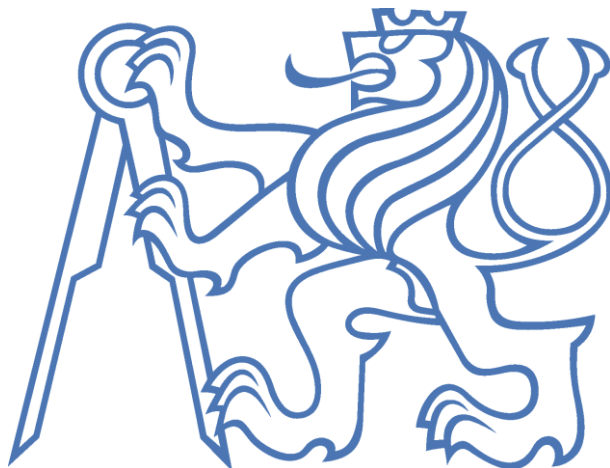
ŠÍŘKA 2 x 30,0m

MODUL PŘÍČNÝCH VAZEB: 5,0m

VÝŠKA OKAPNÍ HRANY: 9,700m

VÝŠKA HŘEBENE: 13,035m

RÁDIUS OBLOUKU VAZNÍKU: 38,590m



VARIANTNÍ ŘEŠENÍ NÁVRHU OCELOVÉ KONSTRUKCE SKLADOVACÍ HALY
VARIANT SOLUTION OF THE STEEL STORAGE HALL STRUCTURE DESIGN

3. Statický výpočet

Varianta A – Rámová příčná vazba

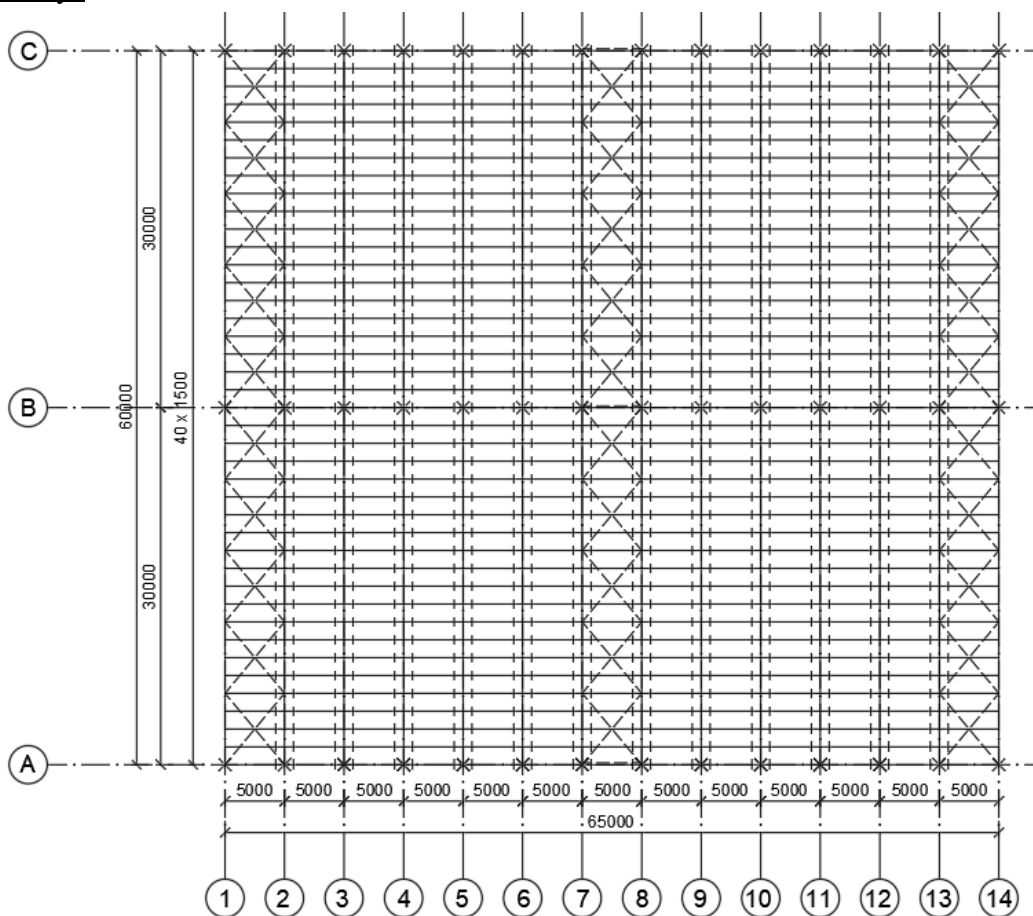
1 POPIS OBJEKTU

Předmětem návrhu je variantní zastřešení dvouúhlní ocelový haly o rozpětí 2 krát 30 metrů a délce 65 metrů. Příčné vazby jsou navrženy jako plnostěnné rámy a jsou od sebe vzdáleny 5 metrů.

2 DISPOZICE

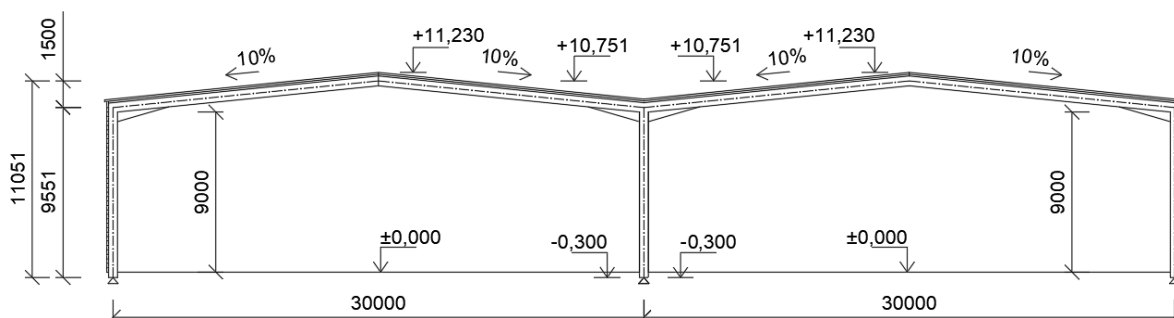
Obr.1

Půdorys



Obr.2

Příčný řez



3 ZATÍŽENÍ

Výpočet byl provedený v souladu s normou ČSN EN 1991-1. Lokalita, do který je hala zasazená leží v České republice, v městě Trutnov, v V. sněhové oblasti a ve II. větrné oblasti.

3.1 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

3.1.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

1. CHARAKTERISTICKÁ HODNOTA PLOŠNÉHO ZATÍŽENÍ SNĚHEM:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

μ_i = tvarový součinitel

$$\mu_{i1} = 0,8$$

$$\mu_{i2} = 0,8 + 0,8 \cdot \alpha/30 = 0,96$$

C_e = součinitel expozice pro otevřenou krajinu = 1

C_t = tepelný součinitel = 1

s_k = charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi = 2,5 kN/m²

$$s_{11} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5 = \underline{2,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{12} = 0,96 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5 = \underline{2,4 \text{ kN/m}^2}$$

2. NÁVRHOVÁ HODNOTA ZATÍŽENÍ SNĚHEM:

$$s_d = s \cdot \gamma_Q$$

γ_Q = dílčí součinitel proměnného zatížení = 1,5

$$s_{d1} = 2,0 \cdot 1,5 = \underline{3,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{d2} = 2,4 \cdot 1,5 = \underline{3,6 \text{ kN/m}^2}$$

3.1.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

1. ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} \text{ [m/s]}$$

C_{dir} = součinitel směru větru = 1 (doporučená hodnota)

C_{season} = součinitel ročního období = 1 (doporučená hodnota)

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

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 25 = \underline{25 \text{ m/s}}$$

2. ZÁKLADNÍ TLAK VĚTRU:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

Sklon střechy:

$$\alpha = 6^\circ$$

$$\rho = \text{měrná hmotnost vzduchu} = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_b = (1,25 \cdot 25^2)/2 = \underline{390,63 \text{ Pa}}$$

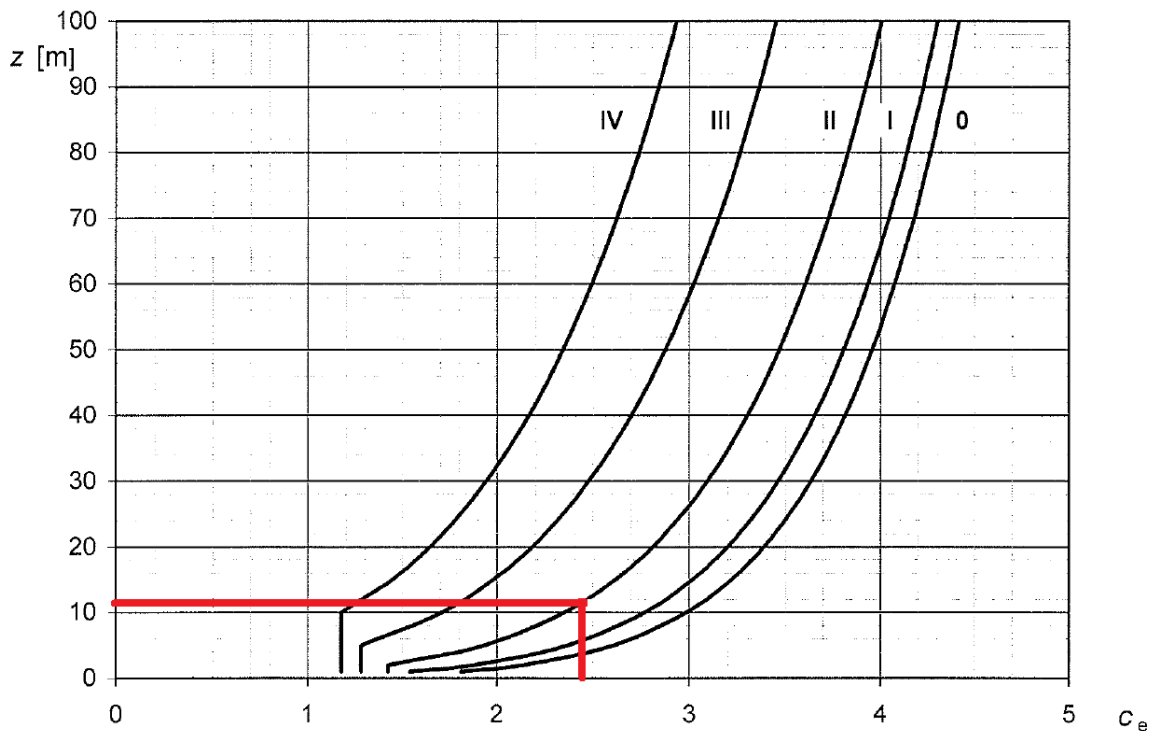
3. MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p = C_{e(z)} \cdot q_b \text{ [Pa]}$$

$C_{e(z)}$ = součinitel expozice – kategorie terénu II - viz. obr. 3 = 2,4

$$Z = 11,5\text{m}$$

Obr. 3 – Určení součinitele expozice



$$q_p = 2,4 \cdot 390,63 = \underline{937,512 \text{ Pa} = 0,938 \text{ kN/m}^2}$$

4. TLAK VĚTRU NA VNĚJŠÍ POVRCH

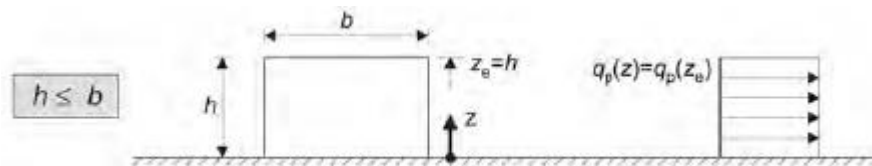
$$w_e = q_p \cdot C_{pe,10} \text{ [Pa]}$$

Návětrné plochy jsou větší než $10 \text{ m}^2 \rightarrow$ používáme $C_{pe,10}$

5. SVISLÉ STĚNY :

Vítr příčný:

Obr. 4 – Závislost dynamického tlaku na výšce



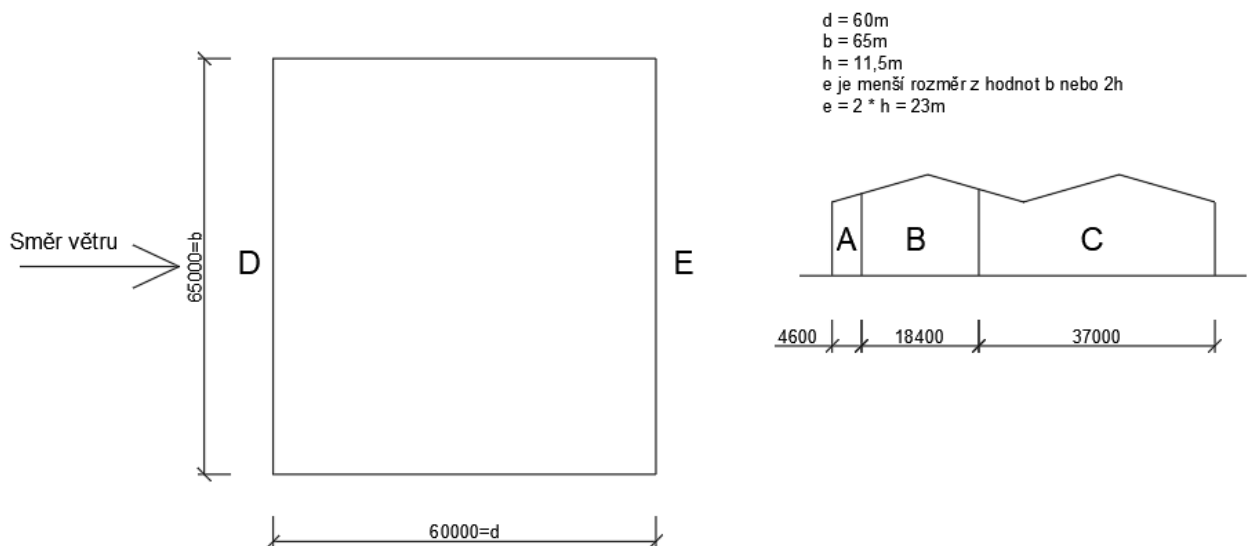
$$h/d = 11,5/60 = 0,192$$

Tabulka 7.1 – Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,20	0,938	-1,126
B	-0,80	0,938	-0,750
C	-0,50	0,938	-0,469
D	0,70	0,938	0,657
E	-0,30	0,938	-0,281

Obr. 5 – příčný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí



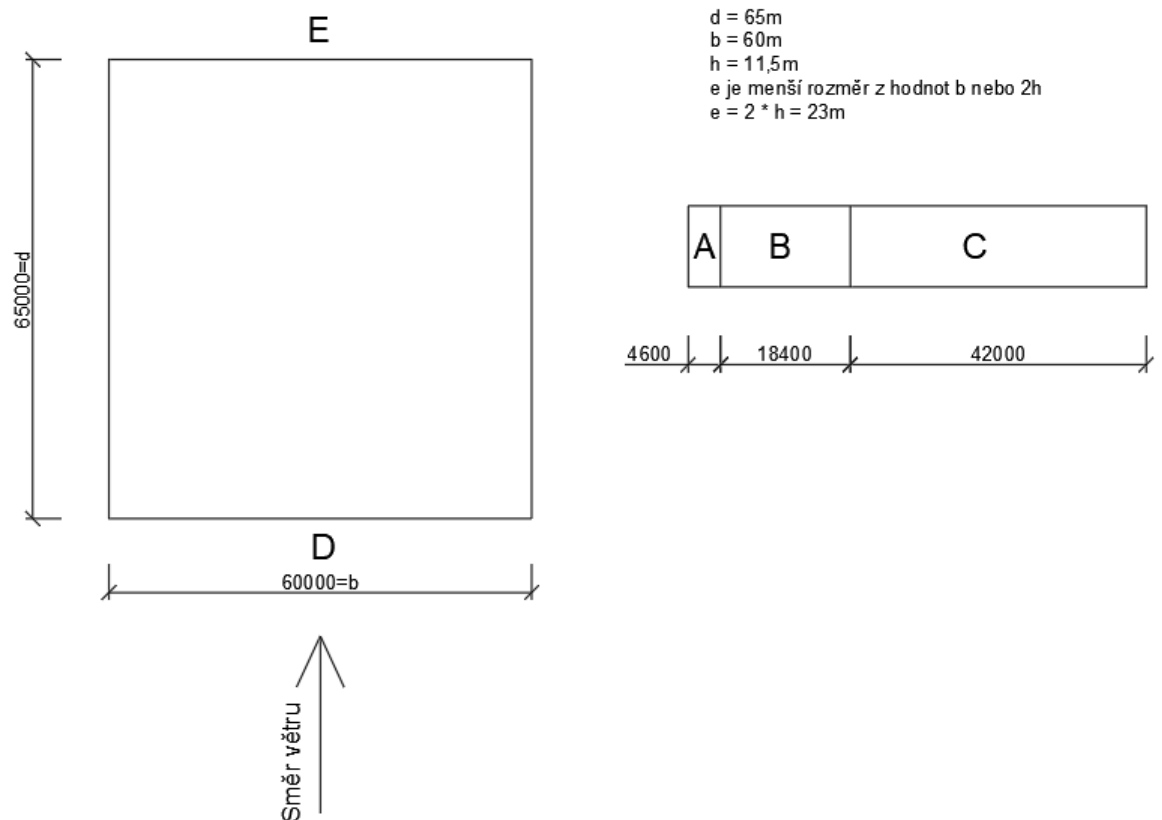
Vítr podélný:

$$h/d = 11,5/65 = 0,18 < 0,25$$

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,20	0,938	-1,126
B	-0,80	0,938	-0,750
C	-0,50	0,938	-0,469
D	0,70	0,938	0,657
E	-0,30	0,938	-0,281

Obr. 6 – podélný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí



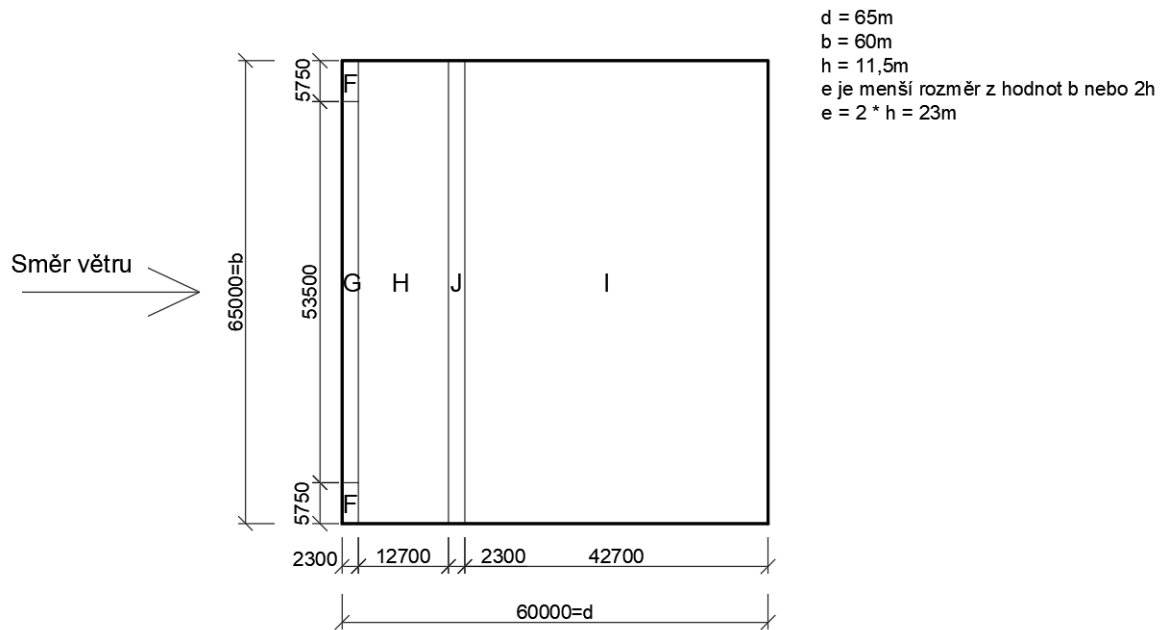
6. STŘECHA:

Vítr příčný (směr $\theta = 0^\circ$):

$\alpha_1 = 6^\circ$ (interpolace mezi 5° a 15°)

Oblast	$C_{pe,10}$		q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]	
	$\alpha = 6^\circ$	sání		tlak	sání
F	-1,62	0,02	0,938	-1,520	0,019
G	-1,16	0,02	0,938	-1,088	0,019
H	-0,57	0,02	0,938	-0,535	0,019
I	-0,58	-0,54	0,938	-0,544	-0,507
J	0,08	-0,54	0,938	0,075	-0,507

Obr. 7 – příčný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí

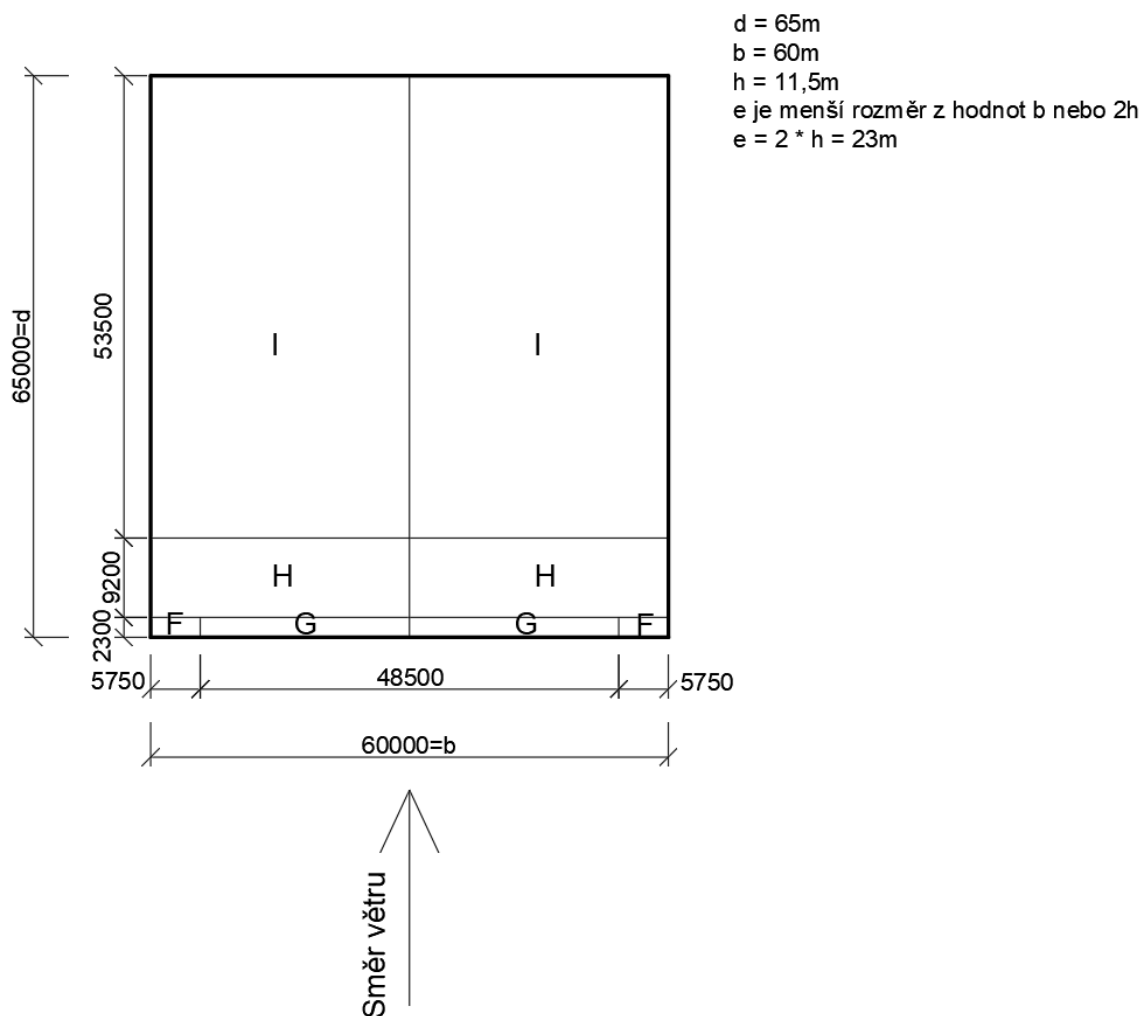


Vítr podélný (směr $\theta = 90^\circ$):

$\alpha_1 = 6^\circ$ (interpolace mezi 5° a 15°)

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
$\alpha = 6^\circ$			
F	-1,57	0,938	-1,473
G	-1,30	0,938	-1,219
H	-0,69	0,938	-0,647
I	-0,50	0,938	-0,469

Obr. 8 – podélný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí



3.2 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$$G_d = G_k \cdot \gamma_f$$

Tab. 1 – Stálé zatížení

Druh zatížení	Původ zatížení	G_k	$\gamma_f [-]$	G_d
Stálé	Izolační panely (odhad)	0,115 kN/m ²	1,35	0,155 kN/m ²
Stálé	Z vaznice (odhad)	0,076 kN/m'	1,35	0,103 kN/m'
Stálé	Příčle IPE 550	1,06 kN/m'	1,35	1,431 kN/m'
Stálé	Sloup HEA 500	1,55 kN/m'	1,35	2,092 kN/m'

ZDROJE INFORMACÍ: WWW.KINGSPAN.COM

[HTTP://KOVPROF.CZ/](http://KOVPROF.CZ/)

WWW.FERONA.CZ

4 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

4.1 NÁVRH STŘEŠNÍ KRYTINY

ZDROJE INFORMACÍ: WWW.KINGSPAN.COM

HTTP://KOVPROF.CZ/

4.1.1 IZOLAČNÍ STŘEŠNÍ PANELE

Charakteristické zatížení sněhem = 2,4 kN/m²

Maximální charakteristické zatížení sáním větru = -1,52 kN/m²

Rozpon = 1,50 m

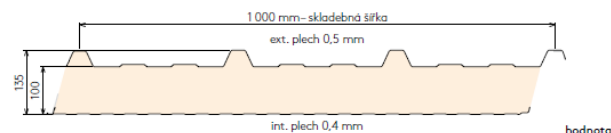
Spojité nosník o 3 a více polích

Dle tabulek výrobce

Střešní panel KS1000 RW 100

exteriérový plech 0,5 mm, S320GD profilace „trapéz“

interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



statický systém	barevná skupina	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 (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		6,69	5,69	5,06	4,35	3,68	3,16	2,74	2,40	2,12	1,89	1,71	1,56	1,44	1,34	1,26	1,18	1,12	1,07	1,02	0,99
spojitý nosník o 2 polích	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		6,76	4,76	3,77	3,16	2,76	2,46	2,24	2,06	1,92	1,80	1,70	1,56	1,44	1,34	1,26	1,18	1,12	1,07	1,02	0,99
spojitý nosník o 3 polích	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		7,64	5,35	4,21	3,52	3,06	2,73	2,48	2,28	2,12	1,89	1,71	1,56	1,44	1,34	1,26	1,18	1,12	1,07	1,02	0,99

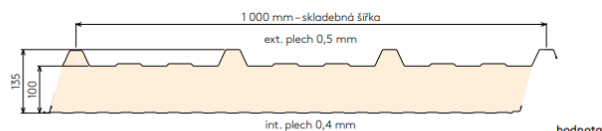
barevná skupina (zatřídění dle odstínu v RAL)
(f) – přípustná deformace pro krátkodobé zatížení L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

AA – min. šířka krajní podpory [mm]
X, XX – max. rozpon [m]
BB – min. šířka střední podpory [mm]

Střešní panel KS1000 RW 100

exteriérový plech 0,5 mm, S320GD profilace „trapéz“

interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



statický systém	barevná skupina	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 (f)	6,84	6,84	5,96	5,16	4,59	4,18	3,86	3,60	3,40	3,22	3,05	2,90	2,77	2,65	2,54	2,44	2,35	2,27	2,20	2,13
	II (f)	6,84	6,77	5,69	5,04	4,58	4,17	3,86	3,60	3,40	3,22	3,05	2,90	2,77	2,65	2,54	2,44	2,35	2,27	2,20	2,13
	III (f)	6,75	5,69	5,11	4,70	4,31	3,99	3,74	3,52	3,34	3,18	3,04	2,90	2,77	2,65	2,54	2,44	2,35	2,27	2,20	2,13
spojitý nosník o 2 polích	I (f)	9,60	7,16	5,01	3,94	3,31	2,88	2,56	2,32	2,13	1,98	1,85	1,74	1,64	1,56	1,49	1,42	1,37	1,32	1,27	1,23
	II (f)	9,60	6,78	4,72	3,72	3,13	2,73	2,44	2,22	2,04	1,90	1,78	1,67	1,59	1,51	1,44	1,38	1,33	1,28	1,24	1,20
	III (f)	9,60	6,16	4,28	3,39	2,86	2,51	2,26	2,06	1,91	1,78	1,67	1,58	1,50	1,44	1,38	1,32	1,27	1,23	1,19	1,15
spojitý nosník o 3 polích	I (f)	10,76	7,60	5,81	4,53	3,76	3,24	2,86	2,57	2,35	2,17	2,02	1,90	1,79	1,70	1,62	1,54	1,48	1,42	1,37	1,33
	II (f)	10,76	7,59	5,60	4,36	3,62	3,12	2,76	2,48	2,27	2,10	1,96	1,84	1,74	1,65	1,57	1,50	1,44	1,39	1,34	1,30
	III (f)	10,76	7,60	5,28	4,11	3,40	2,93	2,60	2,34	2,15	1,99	1,86	1,75	1,66	1,58	1,50	1,44	1,39	1,34	1,29	1,25

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

barevná skupina (zatřídění dle odstínu v RAL)
(f) – přípustná deformace pro krátkodobé zatížení L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

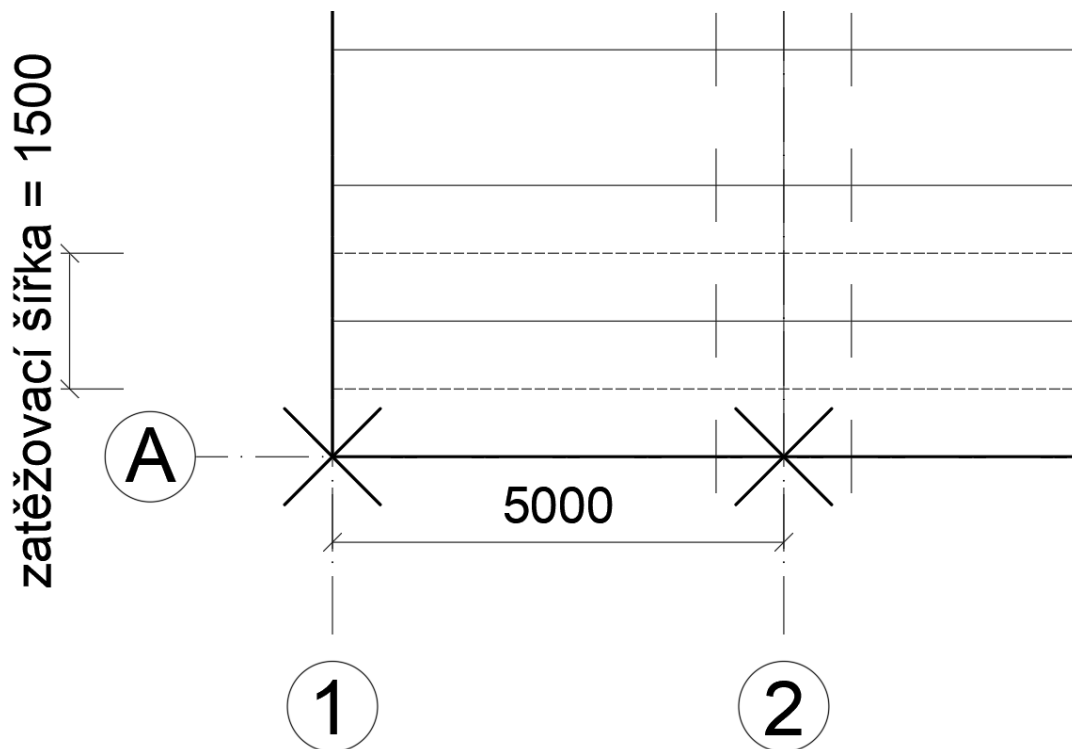
max. rozpon [m]

Střešní izolační panel Kingspan KS1000 RW 100 vyhovuje

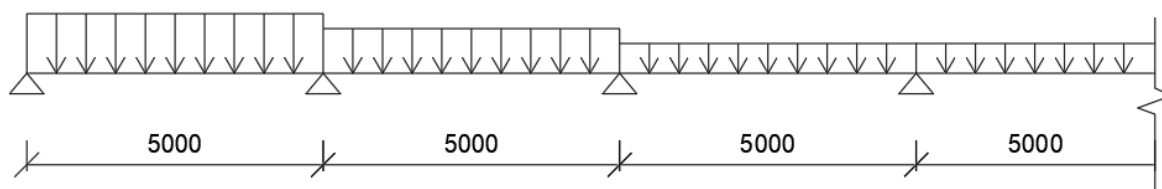
4.1.2 VAZNICE

1. ZATÍŽENÍ VAZNICE

Obr. 9 – zatěžovací šířka Z vaznice



Statické schéma – spojitý nosník o 5-ti a více polích



Tab. 2 – Maximální tlak

Druh zatížení	Původ zatížení	Výpočet [kN/m']	F_k [kN/m']	γ_f [-]	F_d [kN/m']
Stálé	Izolační panely	$0,115 \cdot 1,5$	0,173	1,35	0,234
Stálé	Z vaznice (odhad)	0,076	0,076	1,35	0,103
Proměnné	Sníh	$2,4 \cdot 1,5$	3,6	1,5	5,4
		Σ	3,849		5,737

Tab. 3 – Maximální sání (podélné)

Druh zatížení	Původ zatížení	Výpočet [kN/m']	F_k [kN/m']	γ_f [-]	F_d [kN/m']
Stálé	Izolační panely	$0,115 \cdot 1,5$	0,173	1	0,173
Stálé	Z vaznice (odhad)	0,076	0,076	1	0,076
Proměnné	Vítr podélný (oblast F)	$-1,473 \cdot 1,5$	-2,210	1,5	-3,315
		Σ	-1,961		-3,066

Tab. 4 – Maximální sání (příčné)

Druh zatížení	Původ zatížení	Výpočet [kN/m']	F _k [kN/m']	γ _f [-]	F _d [kN/m']
Stálé	Izolační panely	0,115 · 1,5	0,173	1	0,173
Stálé	Z vaznice (odhad)	0,076	0,076	1	0,076
Proměnné	Vítr příčný (oblast F)	-1,520 · 1,5	-2,280	1,5	-3,420
		Σ	-2,031		-3,171

Tab. 5 – Tabulka výrobce pro návrh Z vaznic „Kovové profily“

SPOJITÝ NOSNÍK O 5 A VÍCE POLÍCH - PŘESAHY 0,6 m + 0,9 m

Profil		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5.00	5.50	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
krajní : Z 240/2,5	1	7.20	6.09	5.23	4.81	4.43	4.09	3.79	3.52	3.28	3.06	2.86	2.48	2.16	1.90	1.67	1.49	1.33
	2	6.16	5.29	4.61	4.24	3.91	3.62	3.36	3.12	2.91	2.72	2.55	2.16	1.85	1.59	1.37	1.18	1.01
	3	-6.35	-5.14	-4.24	-3.89	-3.57	-3.30	-3.05	-2.83	-2.63	-2.45	-2.29	-2.00	-1.76	-1.56	-1.39	-1.25	-1.13
	4	-4.69	-3.75	-3.05	-2.78	-2.55	-2.34	-2.16	-1.99	-1.84	-1.71	-1.59	-1.38	-1.21	-1.06	-0.94	-0.84	-0.75
vnitřní : Z 240/2,0	5	9.91	7.44	5.73	5.07	4.51	4.03	3.61	3.25	2.94	2.66	2.42	2.02	1.70	1.44	1.24	1.07	0.93
	6	6.61	4.96	3.82	3.38	3.01	2.69	2.41	2.17	1.96	1.77	1.61	1.34	1.13	0.96	0.83	0.71	0.62
	1	9.37	7.96	6.88	6.36	5.90	5.50	5.13	4.80	4.50	4.23	3.99	3.45	3.01	2.64	2.32	2.07	1.85
	2	8.48	7.30	6.38	5.89	5.46	5.07	4.73	4.42	4.14	3.88	3.65	3.12	2.68	2.32	2.01	1.74	1.50
krajní : Z 240/3,0	3	-8.06	-6.53	-5.38	-4.93	-4.54	-4.19	-3.87	-3.59	-3.34	-3.11	-2.91	-2.54	-2.24	-1.99	-1.77	-1.59	-1.43
	4	-6.46	-5.18	-4.23	-3.87	-3.55	-3.26	-3.01	-2.78	-2.58	-2.40	-2.23	-1.94	-1.71	-1.50	-1.34	-1.19	-1.07
	5	12.2	9.17	7.07	6.25	5.56	4.96	4.45	4.01	3.62	3.28	2.98	2.49	2.09	1.78	1.53	1.32	1.15
	6	8.14	6.12	4.71	4.17	3.71	3.31	2.97	2.67	2.41	2.19	1.99	1.66	1.40	1.19	1.02	0.88	0.76

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Rádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 2 : Únosnost s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 4 : Únosnost pro sání s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 5 : Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Rádek č. 6 : Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Návrh: Vaznice Z 240/3 (krajní), Z 240/2,5 (vnitřní)

 Maximální tlak: $F_{ED} = 5,74 \text{ kN/m'}$
 $F_{RD} = 8,48 \text{ kN/m'}$
 $F_{ED} < F_{RD} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

 Maximální sání: $F_{ED} = - 3,17 \text{ kN/m'}$
 $F_{RD} = -6,46 \text{ kN/m'}$
 $F_{ED} < F_{RD} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

 Deformace L/200: $F_{EK} = 2,03 \text{ kN/m'}$
 $F_{RK} = 8,14 \text{ kN/m'}$
 $F_{EK} < F_{RK} \rightarrow \text{Vyhovuje}$
Vaznice Z 240/3 (krajní), Z 240/2,5 (vnitřní) vyhovuje

4.2 NÁVRH OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ

ZDROJE INFORMACÍ: WWW.KINGSPAN.COM

Maximální charakteristická hodnota sání na svislé stěny: -1,13 kN/m²

Maximální charakteristická hodnota tlaku na svislé stěny: 0,66 kN/m²

Rozpon = 5m

Prostý nosník

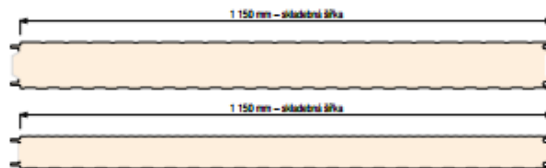
Dle tabulek výrobce

Tabulky únosnosti

KS1150 NF/TF

Stěnový panel KS1150 NF/TF 200

plech vnější/vnitřní 0,6/0,4 mm, profilace M/Q, S280GD
podle ČSN EN 14509



		TLAK								
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení							[kN/m ²]	Význam hodnot v tabulce:
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75		
prostý nosník ▲	I., II., III.	40	58	76	92	105	118	129	140	AA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BB min. šířka střední podpory [mm]
		16,48	12,23	9,99	8,65	7,74	7,06	6,54	6,12	
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	40	40	47	62	77	90	102	114	Příklady zařazení odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Přípustná deformace: - pro krátkodobé zatížení L/200 - pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
		10,72	8,25	7,16	6,50	6,04	5,69	5,40	5,14	
	60	61	95	125	153	180	204	227		
	II.	40	40	47	62	77	90	102	114	
		10,72	8,25	7,16	6,50	6,04	5,69	5,40	5,14	
	60	61	95	125	153	180	204	227		
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I.	40	43	59	73	86	98	109	119	
		14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36	
	60	86	118	146	172	196	218	239		
	II.	40	43	59	73	86	98	109	119	
		14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36	
	60	86	118	146	172	196	218	239		
III.	40	43	59	73	86	98	109	119		
	14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36		
60	86	118	146	172	196	218	239			

		SÁNÍ								
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení							[kN/m ²]	Význam hodnot v tabulce:
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75		
prostý nosník ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	X,XX max. rozpon [m]
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	Příklady zařazení odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Přípustná deformace: - pro krátkodobé zatížení L/200 - pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,20	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

Stěnový izolační panel Kingspan KS1150 NF vyhovuje

4.3 NÁVRH NOSNÝCH PRVKŮ

ZDROJE INFORMACÍ:

ČSN EN 1993-1-1

OCELOVÉ KONSTRUKCE – TABULKY

4.3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Osová vzdálenost příčných vazeb = 5m

1. ZS 1: VLASTNÍ TÍHA

Tab. 6 – Působící síly od vlastní tíhy

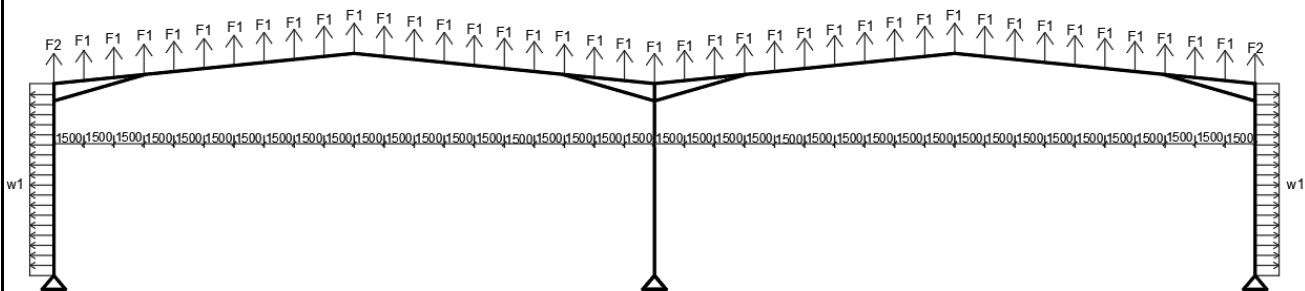
Vlastní tíha vazníku zohlední software.

Vlastní tíha	výpočet: zš · plošné zatížení	Fk [kN/m']
Střešní izolační panely	$5 \cdot 0,115$	0,575
Z vaznice	přepočítáno na spojitě zatížení = $(0,093 \cdot 5)/1,5$	0,31
Stěnové izolační panely	$5 \cdot 0,211$	1,055
	Σ	1,940

2. ZS 2: VÍTR PODÉLNÝ

Tab. 7 – Působící síly od podélného větru

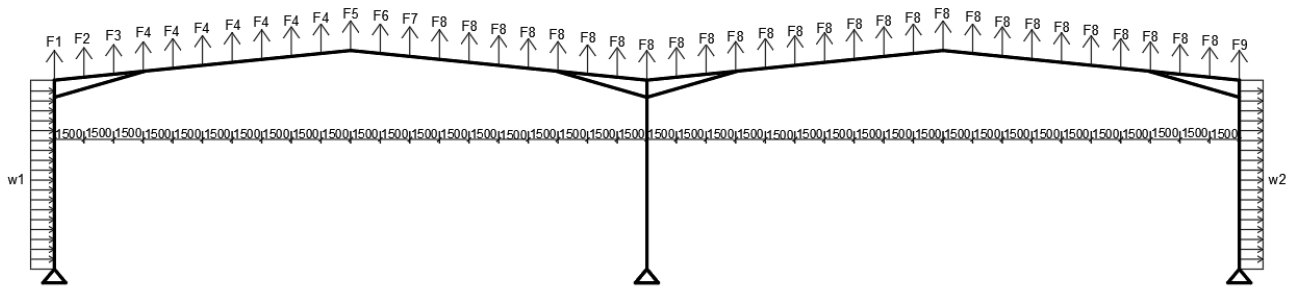
Podélný vítr 1	výpočet: (plocha dílčích oblastí) · (zatížení v oblasti)	Fk [kN]
F1	$7,5 \cdot (-0,647)$	-4,853
F2	$5,75 \cdot (-0,647)$	-3,720
w1	$2,1 \cdot (1,126) + 2,9 \cdot (0,750)$	4,540 kN/m'



3. ZS 3: VÍTR PŘÍČNÝ

Tab. 8– Působící síly od příčného větru

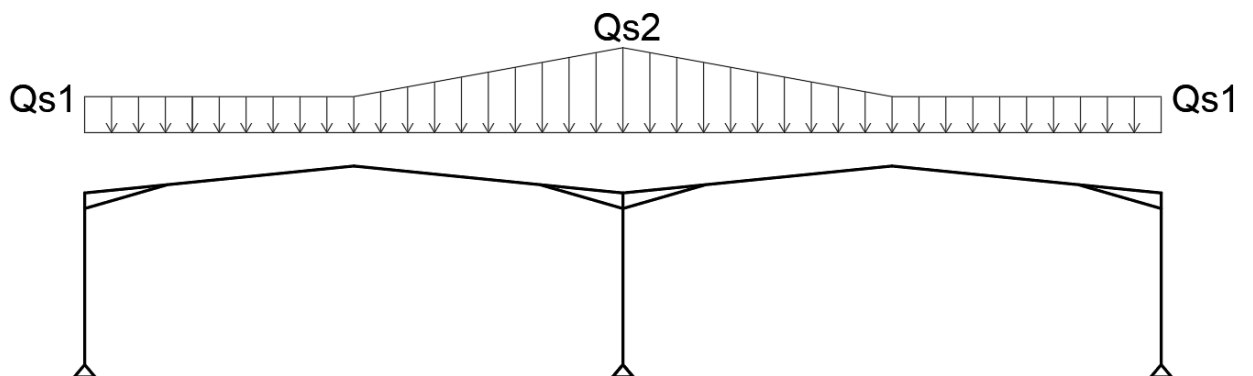
Příčný vítr 1	výpočet: (plocha dílčích oblastí) · (zatížení v oblasti)	F _k [kN]
F1	$2,0125 \cdot (-1,088) + 3,7375 \cdot (-1,52)$	-7,8706
F2	$4,875 \cdot (-1,520) + 2,625 \cdot (-1,088)$	-10,266
F3	$0,1625 \cdot (-1,520) + 0,0875 \cdot (-1,088) + 7,25 \cdot (-0,535)$	-4,221
F4	$7,5 \cdot (-0,535)$	-4,0125
F5	$3,75 \cdot (-0,535) + 3,75 \cdot (-0,507)$	-3,908
F6	$7,5 \cdot (-0,507)$	-3,803
F7	$0,25 \cdot (-0,507) + 7,25 \cdot (-0,544)$	-4,071
F8	$7,5 \cdot (-0,544)$	-4,080
F9	$5,75 \cdot (-0,544)$	-3,128
w1	$0,750 \cdot 5$	3,750 kN/m'
w2	$0,281 \cdot 5$	1,405 kN/m'



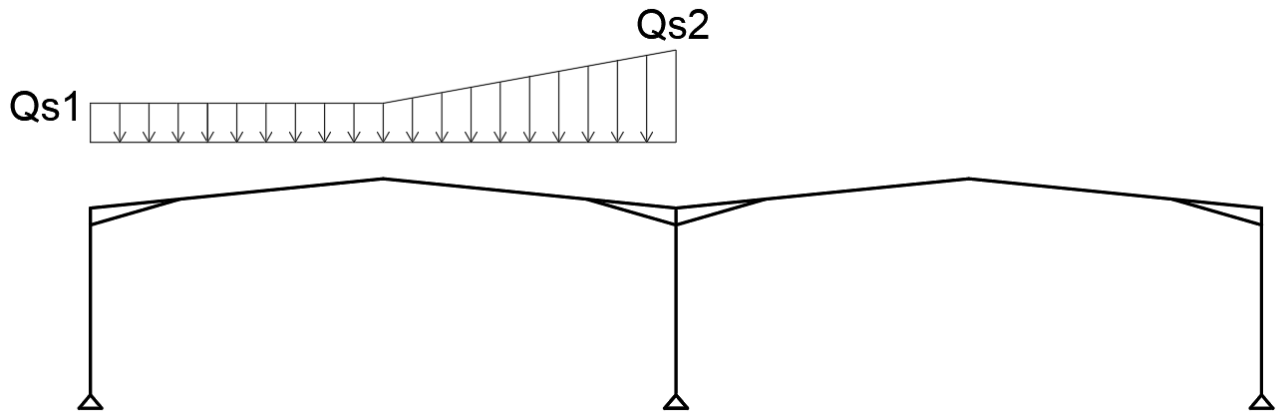
4. ZS 4: SNÍH

$$Q_{s1} = z.š. \cdot s = 5 \cdot 2,0 = \underline{10,0 \text{ kN/m'}}$$

$$Q_{s2} = z.š. \cdot s = 5 \cdot 2,4 = \underline{12,0 \text{ kN/m'}}$$



5. ZS 5: SNÍH VLEVO



4.3.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

$\gamma_G = 1,35$

$\gamma_{G,min} = 1,0$

$\gamma_Q = 1,5$

$\psi_0 = 0,6$ pro
vítr

$\psi_0 = 0,5$ pro
sníh

KZ 1: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4$

KZ 2: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,6 \cdot ZS3 \cdot 1,5$

KZ 3: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot ZS4$

KZ 4: $1,00 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3$

KZ 5: $1,00 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS2$

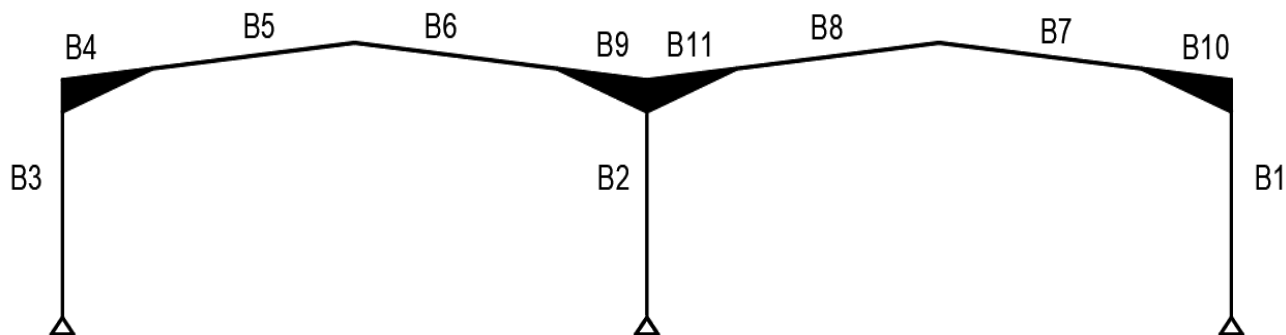
KZ 6: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS3 \cdot 1,5$

KZ 7: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS5$

KZ 8: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot ZS5$

MSP 1: $ZS1 + ZS4$

4.3.3 STATICKÉ SCHÉMA



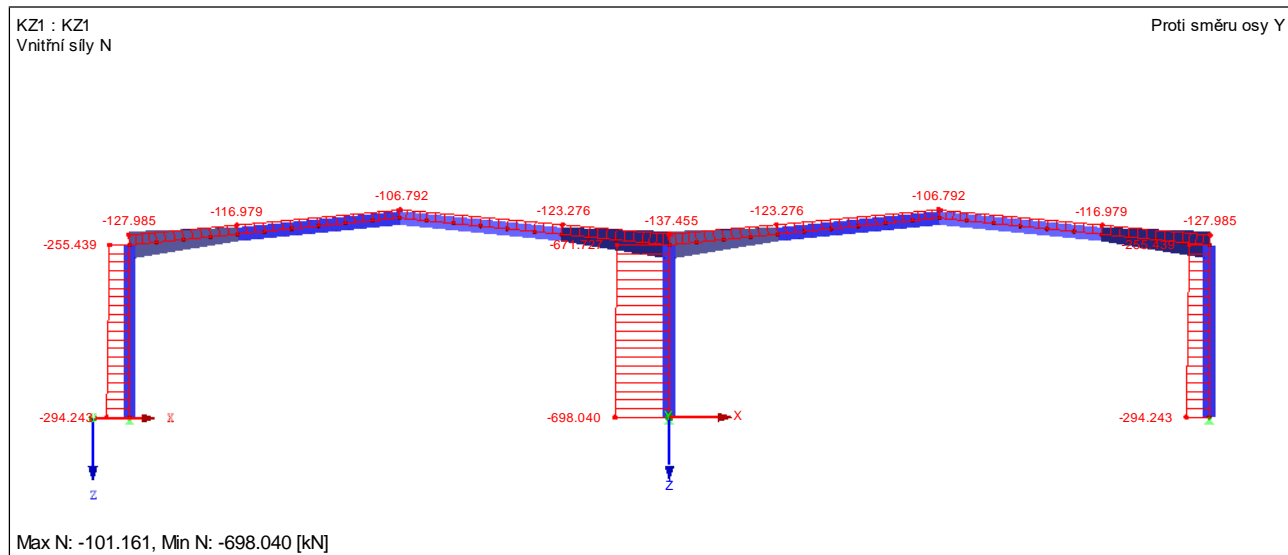
4.3.4 MAXIMÁLNÍ VNITŘNÍ SÍLY NA JEDNOTLIVÝCH PRVCÍCH

Výpočet byl proveden pomocí programu *RFEM5.26*

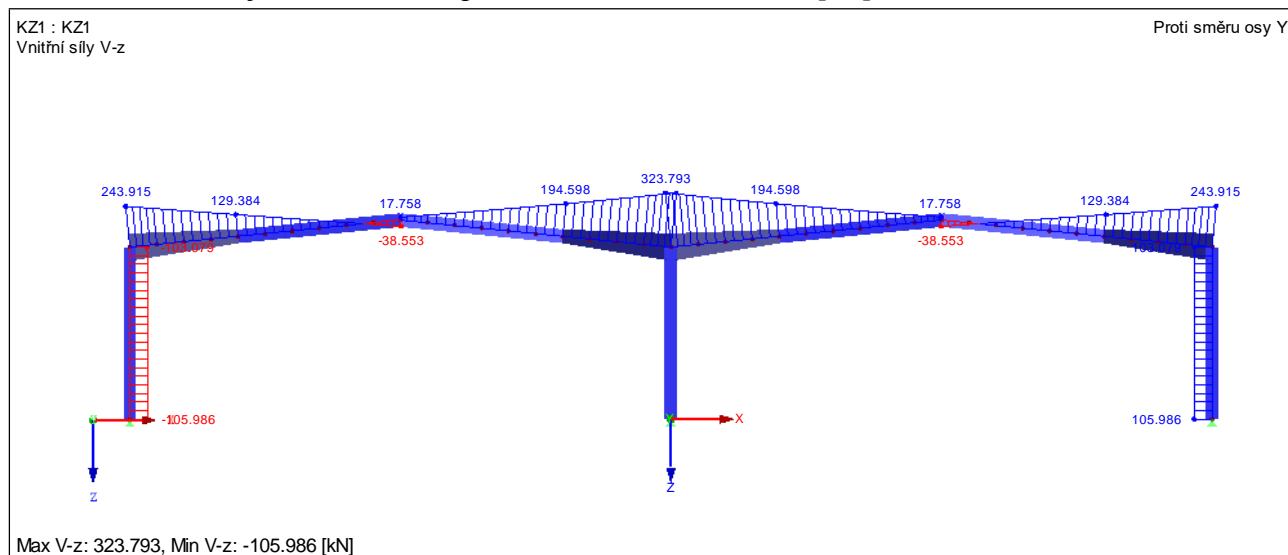
Tab. 9 – Maximální vnitřní síly na jednotlivých prvcích

Pr- vek	Vz [kN]	Kombi- nace	My [kNm]	Kombi- nace	N [kN]			
					Tah [kN]	Kombi- nace	Tlak [kN]	Kombi- nace
B1	106,021	KZ1	1002,630	KZ1	31,016	KZ5	-294,256	KZ1
B2	111,082	KZ6	1048,720	KZ6	63,123	KZ5	-698,012	KZ1
B3	-113,329	KZ7	-1071,610	KZ7	38,676	KZ4	-307,455	KZ7
B4	256,514	KZ7	-1071,610	KZ7	49,847	KZ5	-136,342	KZ7
B5	141,993	KZ7	669,813	KZ7	52,386	KZ5	-125,540	KZ7
B6	194,581	KZ1	651,454	KZ7	52,631	KZ5	-129,209	KZ7
B7	129,396	KZ1	568,409	KZ1	52,386	KZ5	-117,015	KZ1
B8	194,581	KZ1	531,407	KZ1	52,631	KZ5	-123,310	KZ1
B9	323,775	KZ1	-1973,320	KZ1	50,093	KZ5	-142,379	KZ7
B10	243,925	KZ1	-1002,630	KZ1	49,847	KZ5	-128,023	KZ1
B11	323,775	KZ1	-1973,320	KZ1	50,093	KZ5	-137,489	KZ1

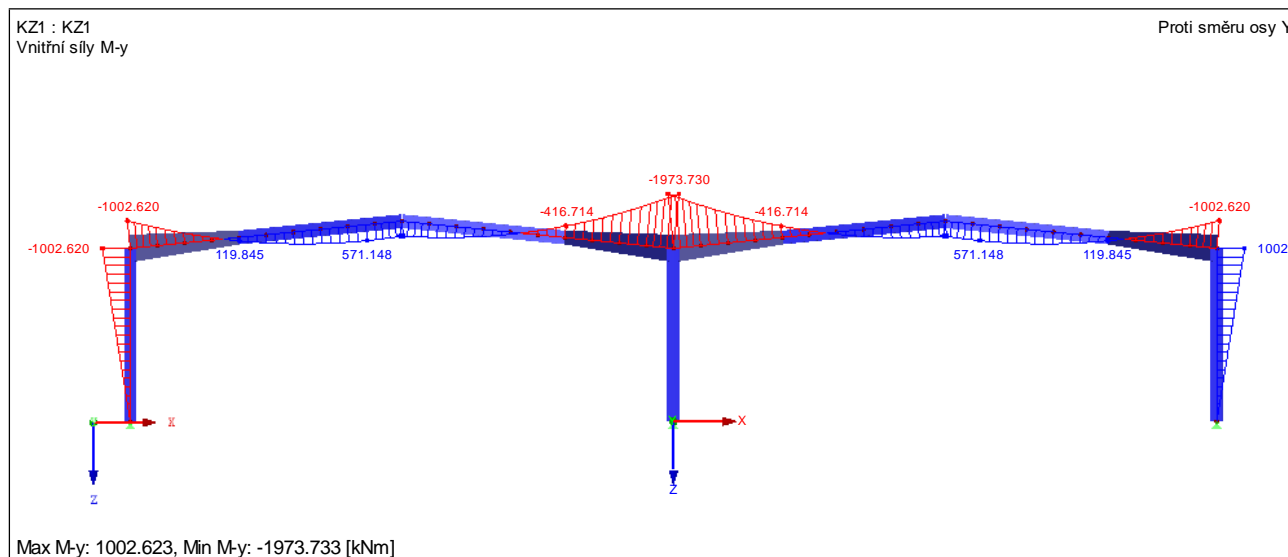
Obr. 10 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 1 [kN]



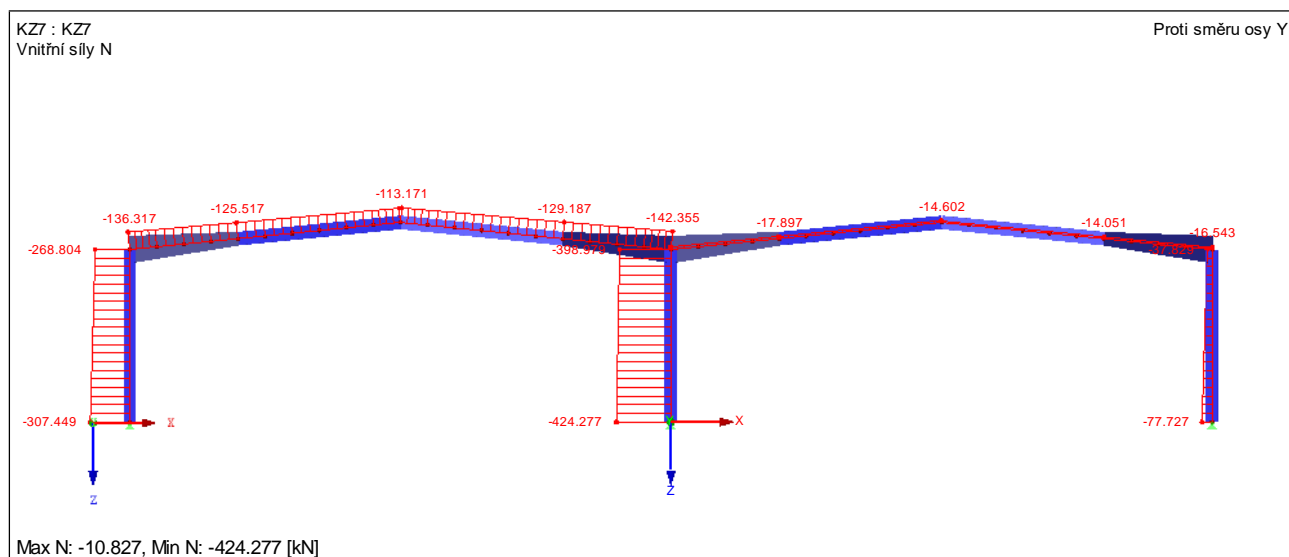
Obr. 11 – Posouvající síla „V_z“ na prvcích od kombinace KZ 1 [kN]



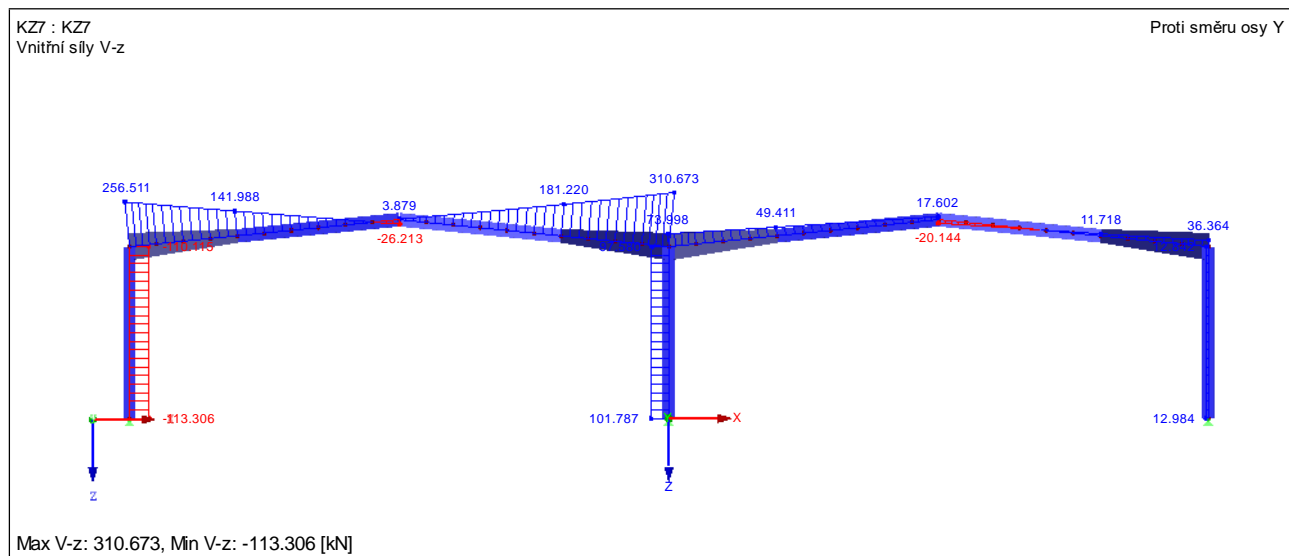
Obr. 12 – Ohybový moment „M_y“ na prvcích od kombinace KZ 1 [kNm]



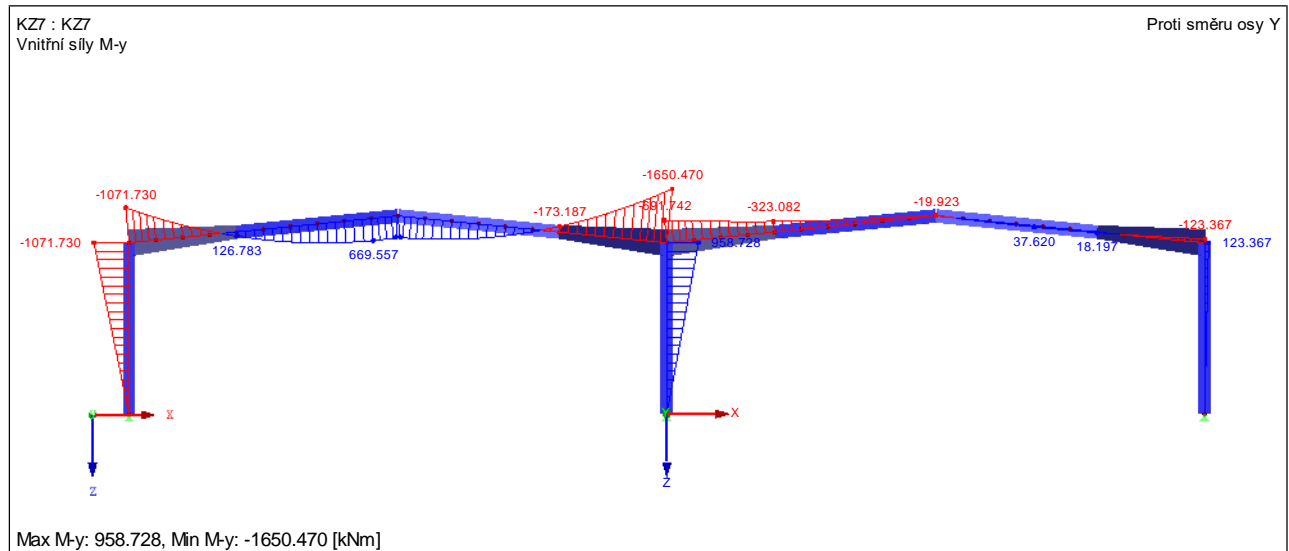
Obr. 13 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 7 [kNm]



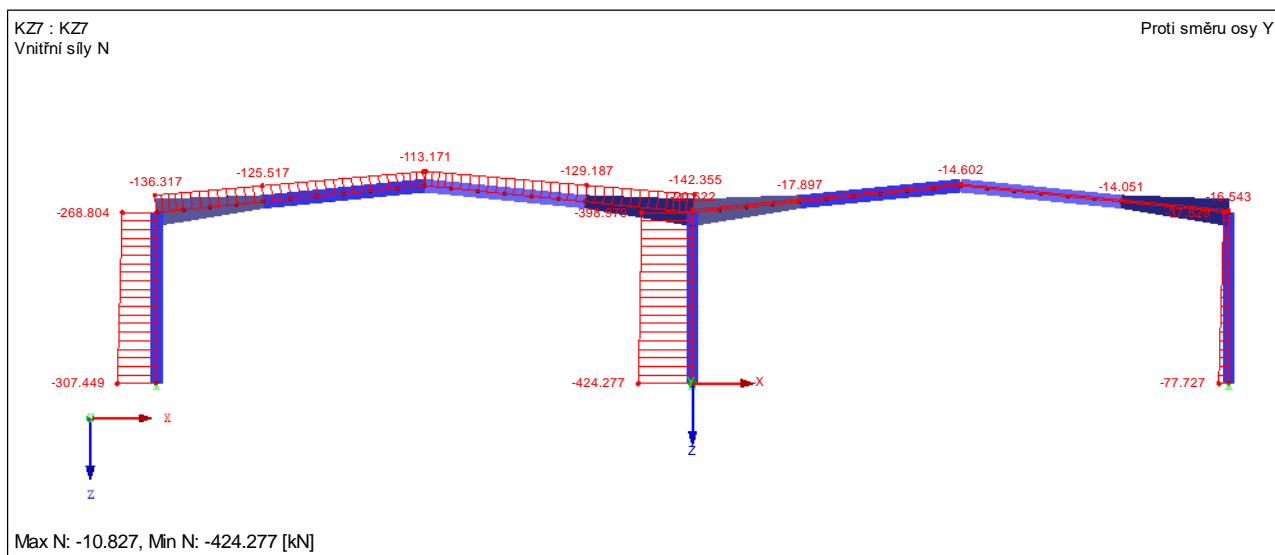
Obr. 14 – Posouvající síla „V_z“ na prvcích od kombinace KZ 7 [kNm]



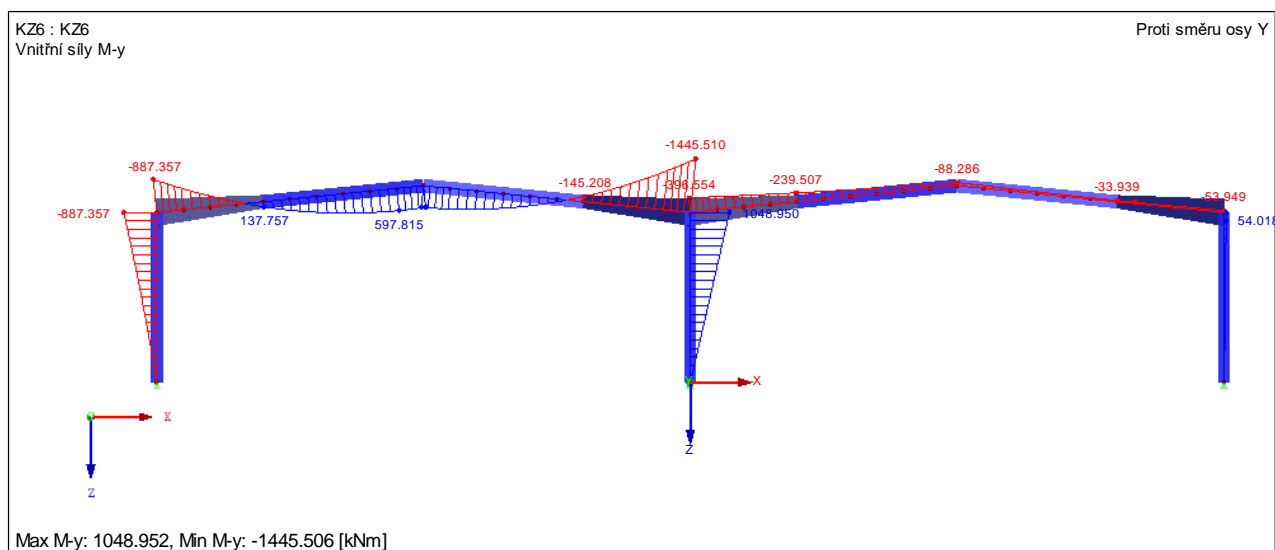
Obr. 15 – Ohybový moment „M_y“ na prvcích od kombinace KZ 7 [kNm]



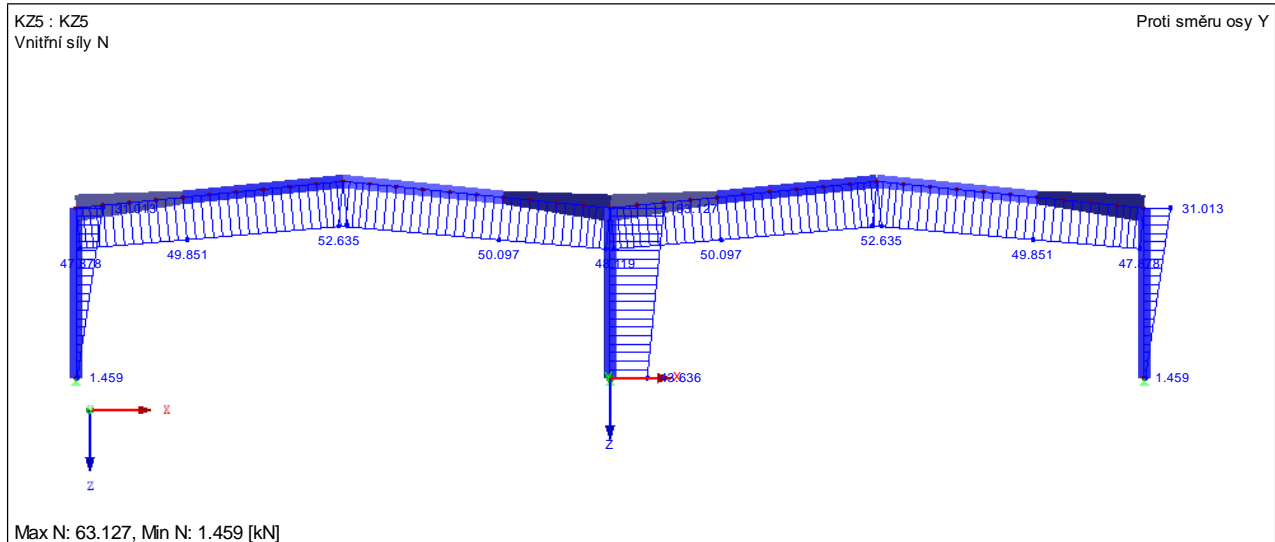
Obr. 16 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 6 [kNm]



Obr. 17 – Ohybový moment „M_y“ na prvcích od kombinace KZ 6 [kNm]



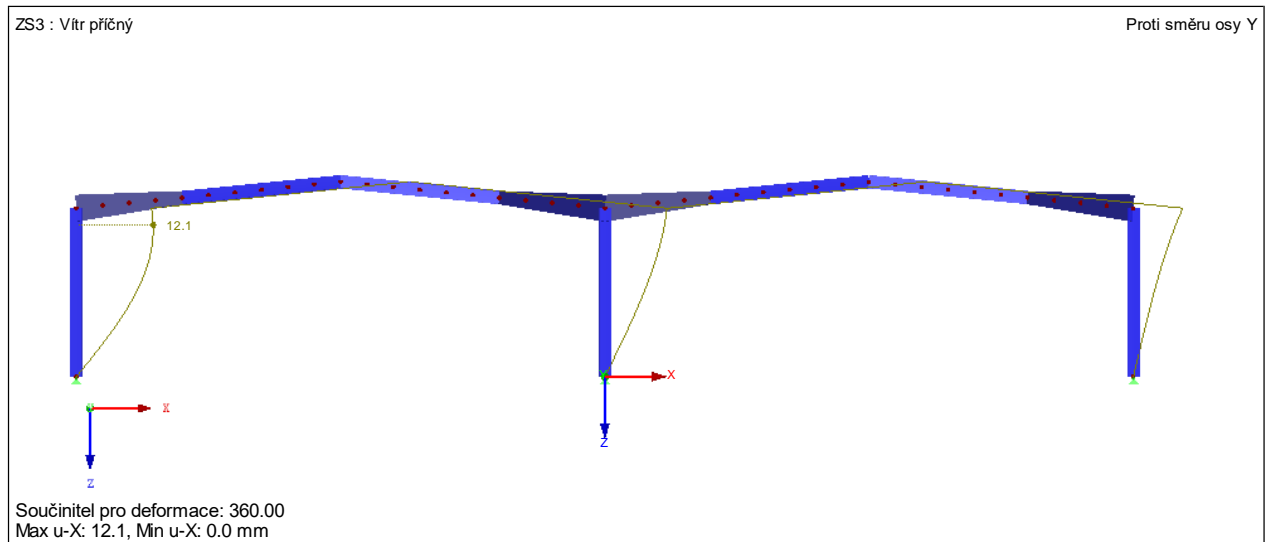
Obr. 18 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 5 [kNm]



4.3.5 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

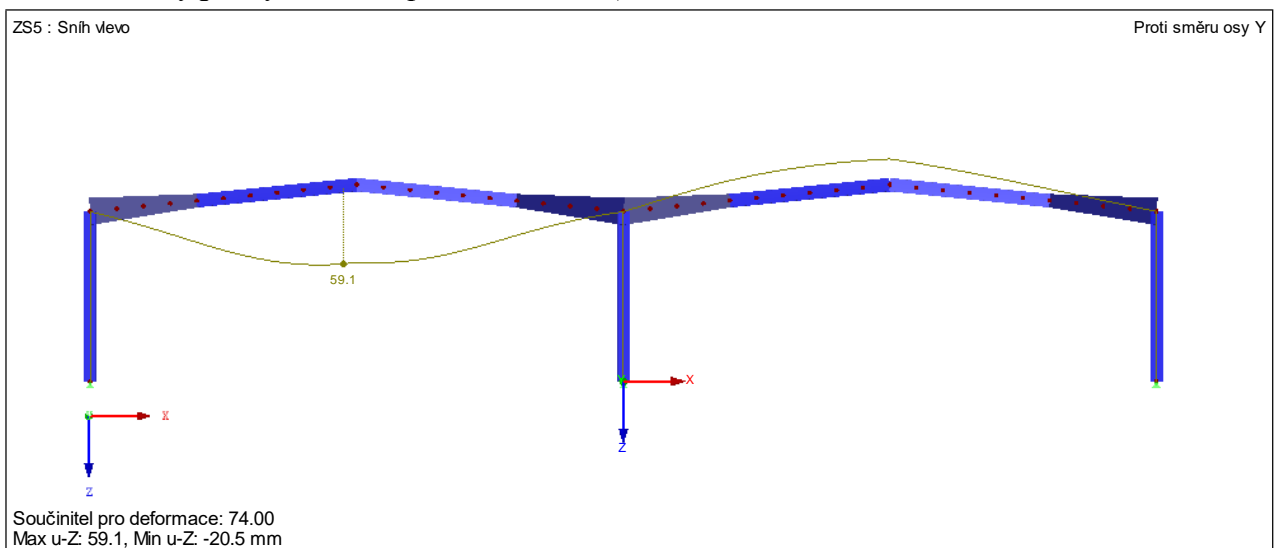
Deformace budou určeny pro charakteristické hodnoty zatížení $\gamma_f = 1$. Výpočet byl proveden pomocí výpočetního programu RFEM5.26.

Obr. 19 – Vodorovný posun „ δ_x “ na prvcích od ZS3 (vítr příčný) [mm]



$$\delta_x = 12,1 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{h}{150} = \frac{9550}{150} = 63,67 \text{ mm}$$

Obr. 20 – Svislý průhyb „ δ_z “ na prvcích od ZS5 (sníh vlevo) [mm]



$$\delta_z = 59,1 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{L}{200} = \frac{30000}{200} = 150 \text{ mm}$$

Podmínky MSP jsou splněny

4.3.6 NÁVRH SLOUPU

1. VNITŘNÍ SÍLY

Nejnamáhanější sloup - prostřední sloup (B2 – viz odstavec 4.3.3).

KZ 1

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -698,012 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ kN (neovlivní dimenzi průřezu)}$$

KZS 6

$$M_{Ed} = 1048,720 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -342,881 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 111,082 \text{ kN (neovlivní dimenzi průřezu)}$$

Návrh: HE 700 A

2. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = 26050 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 11700 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 215300 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 7032 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,y} = 6241 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 288 \text{ mm}$$

$$I_z = 12180 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 68,4 \text{ mm}$$

$$I_t = 513,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 13350000 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

5. POSOUZENÍ SLOUPU NA TLAK S VLIVEM VYBOČENÍ

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

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{19277}{288} = 66,93$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{9550}{68,4} = 139,62$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,88$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1,83$$

χ_y = součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy y = 0,747

χ_z = součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy z = 0,245

$$N_{b,Rd} = 26050 \cdot 355 \cdot 0,245 = 2265,70 \text{ kN} > 698,012 \text{ kN}$$

→ **HE 700A Vyhovuje na tlak s vlivem vybočení**

6. POSOUZENÍ SLOUPU NA MOMENT S VLIVEM KLOPENÍ

$$M_{b,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \cdot \chi_{LT} \geq M_{Ed}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{M_{CR}}}$$

$$M_{CR} = \mu_{CR} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$\mu_{CR} = \frac{C1}{k} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\beta = 0,75$$

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

$$k_w = 1 \text{ (na straně bezpečí)}$$

$$L = 9550 \text{ mm}$$

$$G = 80700 \text{ MPa}$$

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$k_{wt} = 0,86$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

$$C_1 = 1,85$$

$$k = 1 \text{ (na straně bezpečí)}$$

$$\mu_{CR} = 2,440$$

$$M_{CR} = 2614,24 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,977$$

$$\chi_{LT} = 0,653$$

$$M_{b,Rd} = 7032 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 0,653 = 1630,12 \text{ kNm} > 1048,72 \text{ kNm}$$

→ **HE 700A Vyhovuje na ohyb s vlivem klopení**

7. POSOUZENÍ SLOUPU NA INTERAKCI MOMENTU A NORMÁLOVÉ SÍLY

$$\frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{ED}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ED}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{ED}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} \cdot (1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}) \\ c_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}) \end{array} \right.$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z}{(c_{m,LT-0,25}) \cdot \chi_z} \cdot \frac{N_{ED}}{A \cdot f_{yd}} \\ 1 - \frac{0,1}{(c_{m,LT-0,25}) \cdot \chi_z} \cdot \frac{N_{ED}}{A \cdot f_{yd}} \end{array} \right.$$

$$c_{my} = 0,9$$

$$c_{m,LT} = 0,6$$

Kombinace 6

$$k_{yy} = 0,930$$

$$k_{zy} = 0,957$$

$$\frac{342,881 \cdot 10^3}{0,753 \cdot 26050 \cdot 355} + 0,930 \cdot \frac{1048,720 \cdot 10^6}{0,653 \cdot 7032 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,65 \leq 1$$

$$\frac{342,881 \cdot 10^3}{0,245 \cdot 26050 \cdot 355} + 0,957 \cdot \frac{1048,720 \cdot 10^6}{0,653 \cdot 7032 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,77 \leq 1$$

Interakce M+N = 0,65 < 1 → Vyhovuje

Interakce M+N = 0,77 < 1 → Vyhovuje

→ **HE 700A vyhovuje**

4.3.7 NÁVRH PŘÍČLE – V POLI

1. VNITŘNÍ SÍLY

$$M_{Ed} = 669,813 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -136,342 \text{ kN}$$

Posouvající síla je zanedbatelná

Návrh: IPE 750x173

2. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = 22130 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 20583 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 6873 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = 6218790 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 304,9 \text{ mm}$$

$$i_z = 55,7 \text{ mm}$$

$$I_t = 2709000 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 9420 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

3. ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

Průřez namáhaný tlakem a ohybem

$$\alpha = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{N_{Ed}}{f_y \cdot t_w \cdot d} \right)$$

$$\alpha > 0,5 : \frac{d}{t_w} \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$$

$$\varepsilon = 0,81$$

$$t_w = 14,4 \text{ mm}$$

$$d = 684,8 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,50$$

$$47,56 < 58,32 \rightarrow \text{průřez třídy 1}$$

4. POSOUZENÍ PŘÍČLE NA OHYB S VLIVEM KLOPENÍ

$$M_{b, Rd} = W_{pl, y} \cdot f_{yd} \cdot \chi_{LT} \geq M_{Ed, max}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl, y} \cdot f_{yd}}{M_{CR}}}$$

$$M_{CR} = \mu_{CR} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$\mu_{CR} = \frac{C_1}{k} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$k_w = 1 \text{ (na straně bezpečí)}$$

$$L = 1500 \text{ mm (rozteč vaznic)}$$

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$k_{wt} = 6,288$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})$$

$$C_{1,0} = 2,33$$

$$C_{1,1} = 2,59$$

$$C_1 = 2,59$$

$k = 1$ (na straně bezpečí)

$$\mu_{CR} = 16,491$$

$$M_{CR} = 61466,1 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,2$$

$$\chi_{LT} = 1,0$$

$$M_{b,Rd} = 6218,790 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 1,0 = 2207,67 \text{ kNm} > 669,813 \text{ kNm}$$

→ **IPE 750x173 vyhovuje na ohyb s vlivem klopení**

5. POSOUZENÍ PŘÍČLE NA INTERAKCI MOMENTU A NORMÁLOVÉ SÍLY

$$\frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{ED}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ED}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{ED}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

N_{Ed} = normálová síla na příčli = -136,342 kNm

M_{Ed} = ohybový moment na příčli = 669,813 kNm

Vybočení kolmo k ose z – $L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot 1500 = 1500 \text{ mm}$ (rozteč vaznic)

Vybočení kolmo k ose y – $L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 1 \cdot 15075 = 15075 \text{ mm}$

χ_y = součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy y = 0,870

χ_z = součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy z = 0,945

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} \cdot (1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} \\ c_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} \end{array} \right.$$

$$k_{zy} = \max \left\{ 1 - \frac{0,6 + \lambda_z}{(c_{m,LT} - 0,25) \cdot \chi_z} \cdot \frac{N_{ED}}{A \cdot f_{yd}} \right.$$

$$c_{my} = 0,9$$

$$c_{m,LT} = 0,6$$

$$k_{yy} = 0,908$$

$$k_{zy} = 0,950$$

Interakce $M+N = 0,659 < 1 \rightarrow$ Vyhovuje

Interakce $M+N = 0,687 < 1 \rightarrow$ Vyhovuje

IPE 750x173 vyhovuje

4.3.8 NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU – V MÍSTĚ NÁBĚHU

1. VNITŘNÍ SÍLY

$$M_{Ed} = 1973,730 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -137,455 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 323,793 \text{ kN (posouvající síla neovlivní dimenze)}$$

Návrh: Příčle IPE 750x173 + náběh IPE 750x173 – diagonálně odpálen a přivařen k pásnici příčle IPE 750x173

2. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = 38133 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 20609 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 990774,52 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 16141 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,y} = 13318,72 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

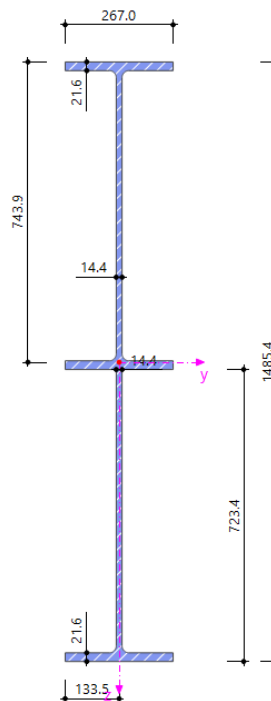
$$i_y = 509,7 \text{ mm}$$

$$I_z = 10318,72 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 52 \text{ mm}$$

$$I_t = 401,06 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 36707880,06 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$



3. ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

Výpočet polohy neutrální osy – předpokládám, že poloha těžiště vyjde do spodní pásnice IPE 750x173.

$z_{pl} = (A_{IPE750x173} - \frac{A}{2})/b = 11,5 < 21,6 = \text{předpoklad je splněn} \rightarrow$ neutrální osa se nachází ve spodní pásnici IPE 750x173.

Stojina je tedy celá tlačená, vliv normálové síly na zatřídění lze zanedbat.

$$\text{Štíhlost stojiny: } \frac{d}{t_w} = \frac{684,8}{21,6} = 30,70 < 42\varepsilon = 30,78 \rightarrow \text{stojina je třídy 2}$$

$$\text{Štíhlost přečnávající části pásnice: } \frac{c}{t_f} = \frac{126}{21,6} = 5,83 < 9\varepsilon = 7,29 \rightarrow \text{pásnice je třídy 1}$$

Průřez je tedy třídy 2 → Výpočet je možné provést plasticky

4. POSOUZENÍ RÁMOVÉHO ROHU NA OHYB S VLIVEM KLOPENÍ

$$\mathbf{M}_{b, Rd} = \mathbf{W}_{pl, y} \cdot f_{yd} \cdot \chi_{LT} \geq \mathbf{M}_{Ed, max}$$

$$\tilde{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl, y} \cdot f_{yd}}{M_{CR}}}$$

$$M_{CR} = \mu_{CR} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$\mu_{CR} = \frac{C_1}{k} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

$$L = 1,1 \cdot L_0$$

$L_0 = 8490 \text{ mm} = \text{délka úseku se záporným momentem}$

$$L = 1,1 \cdot 8490 = 9339 \text{ mm}$$

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

$$k_w = 1$$

$$k_{wt} = 1,639$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

$$C_1 = 1,85$$

$$k = 1$$

$$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

$$\mu_{CR} = 3,552$$

$$M_{CR} = 3170,240 \text{ kNm}$$

$$\tilde{\lambda}_{LT} = 1,34$$

$\chi_{LT} = 0,408$ (křivka b, svařované průřezy)

$M_{b,Rd} = 16141 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 0,408 = 2337,862 \text{ kNm} > 1973,730 \text{ kNm}$

→ **Průřez vyhovuje na ohyb s vlivem klopení**

5. POSOUZENÉ PRŮŘEZU NA SMYK

$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = 4224,007 \text{ kN} > 323,793 \text{ kN}$

$0,5 \cdot V_{pl,Rd} > V_{Ed} \rightarrow$ malý smyk

→ **Průřez vyhovuje na smyk**

6. POSOUZENÍ NÁBĚHU NA OHYB S VLIVEM KLOPENÍ – UPROSTŘED NÁBĚHU

$M_{Ed} = 1195,222 \text{ kNm}$

$A = 32925 \text{ mm}^2$

$I_y = 525484,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$I_w = 21628022,76 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$I_t = 365,06 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$W_{pl,y} = 11211,820 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$i_y = 399,5 \text{ mm}$

$I_z = 10309,72 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$i_z = 56,0 \text{ mm}$

$M_{b,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \cdot \chi_{LT} \geq M_{Ed, \max}$

$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})$

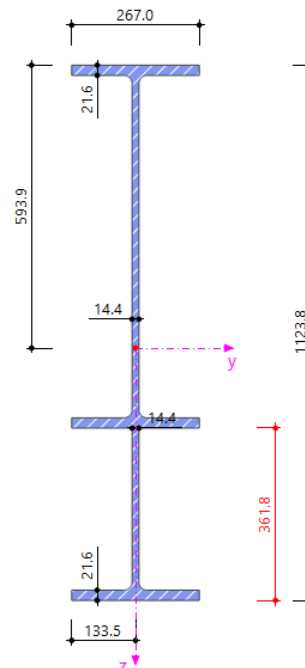
$C_{1,0} = 1,77$

$C_{1,1} = 1,85$

$C_1 = 1,85$

$k = 1$

$k_w = 1$



$$L = 9339 \text{ mm}$$

$$k_{wt} = 1,318$$

$$\mu_{CR} = 3,061$$

$$M_{CR} = 2605,377 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 1,24$$

$$\chi_{LT} = 0,457$$

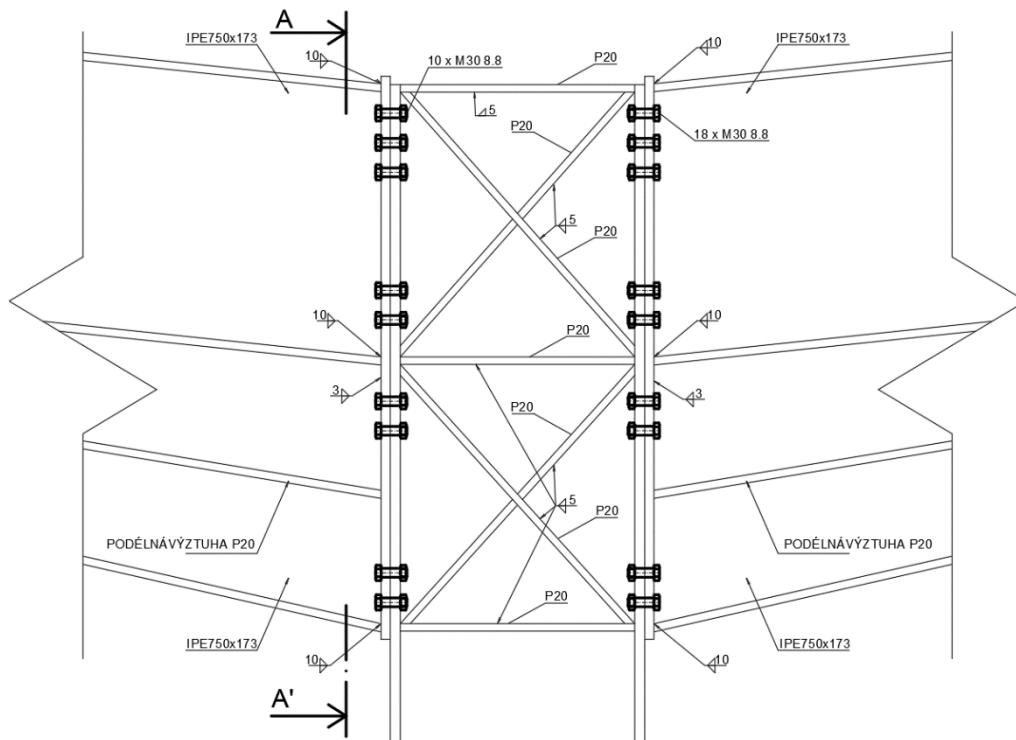
$$M_{b, Rd} = 11211,820 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 0,457 = 1818,95 \text{ kNm} > 1195,22 \text{ kNm}$$

→ **Průřez 3 metry od osy sloupu vyhovuje na ohyb s vlivem klopení**

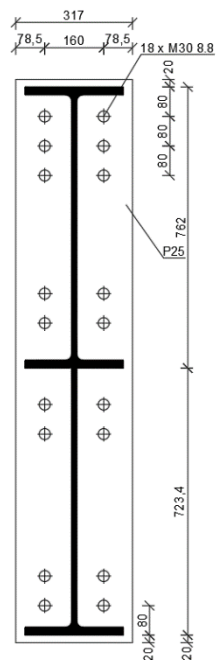
4.3.9 ŠROUBOVÝ PŘÍPOJ RÁMOVÉHO ROHU, OSA B

1. NÁVRH GEOMETRIE:

DETAIL D1



ŘEZ A-A'



rozměr $m = \frac{160-14,4}{2} - 0,8 \cdot a \cdot \sqrt{2} \cong 68mm$ (pro svar okolo stojiny $a = 4mm$)

$$e = \frac{317 - 160}{2} = 78,5mm$$

$$m_2 = 80 - 21,6 - 0,8 \cdot a \cdot \sqrt{2} \cong 54mm$$

$$n = \min(e; 1,25 \cdot m) = \min(78,5; 85) = 78,5mm$$

$$p = 80mm$$

Ramena sil od osy pásnice náběhu ke šroubům:

$$r_1 = 1485,4 - 80 - \frac{21,6}{2} = 1394,6mm$$

$$r_2 = 1394,6 - 80 = 1314,6mm$$

$$r_3 = 1314,6 - 80 = 1234,6mm$$

Návrh: Běžné šrouby (kategorie A), M 30, jakost 8.8

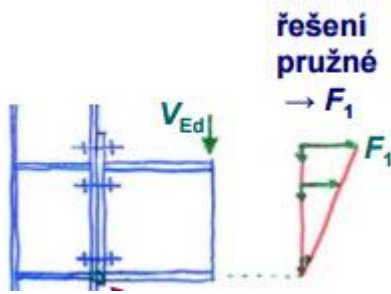
2. VNITŘNÍ SÍLY

KZ 1

$$M_{Ed} = -1973,730 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -137,455 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 323,793 \text{ kN}$$



$$F_1 \cdot r_1 + F_2 \cdot r_2 + F_3 \cdot r_3 = M_{Ed}$$

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{r_2}{r_1}$$

$$F_3 = F_1 \cdot \frac{r_3}{r_1}$$

$$F_1 \cdot 1,395 + F_1 \cdot \frac{1,315 \cdot 1,315}{1,395} + F_1 \cdot \frac{1,235 \cdot 1,235}{1,395} = 1973,730$$

$$F_1 = 529,44 \text{ kN}$$

$$F_2 = 499,08 \text{ kN}$$

$$F_3 = 468,72 \text{ kN}$$

PRVNÍ ŘADA ŠROUBŮ POD PÁSNICÍ

$$F_{Ed} = 529,44 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v tahu: $F_{t,Rd} = 323,1 \text{ kN}$ (tabulky)

Pomocné veličiny:

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{68}{68 + 78,5} = 0,46$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{54}{68 + 78,5} = 0,37$$

$\alpha = 6,2$ z grafu (tabulky ČSN EN 1993-1-8)

Účinná šířka náhradního T průřezu L_{eff} je nejmenší z hodnot:

$$\min(2\pi m; \alpha m; \pi m + p; \alpha m - 2 \cdot m + 0,5p - 0,625e) = \min(427; 422; 294; 277) \\ = 277 \text{ mm}$$

Plastická momentová únosnost T průřezu:

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{L_{eff} \cdot t_f^2}{4} \cdot f_{yd} = \frac{277 \cdot 27^2}{4} \cdot 355 = 17,9 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Únosnost náhradního T průřezu pro dvojici šroubů je dána nejmenší hodnotou z následujících tří vztahů:

1. Porušení desky T-profilu – úplná plastifikace pásnice

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 17,9 \cdot 10^6}{68} = 1052,9 \cdot 10^3 N$$

2. Porušení desky T-profilu a šroubů – porušení šroubů a pásnice

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + 2 \cdot n \cdot F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 17,9 \cdot 10^6 + 2 \cdot 78,5 \cdot 323100}{68+78,5} = 590,6 \cdot 10^3 N - \underline{\text{rozhoduje}}$$

3. Porušení šroubů

$$F_{T,3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 323,1 \cdot 10^3 = 646,2 \cdot 10^3 N$$

$$F_{Rd} = 590,6 \text{ kN} > F_{Ed} = 529,44 \text{ kN} \rightarrow \underline{\text{Vyhovuje}}$$

DRUHÁ ŘADA ŠROUBŮ POD PÁSNICÍ

Účinná šířka náhradního T průřezu L_{eff} je nejmenší z hodnot:

$$\min(2\pi m; 4m + 1,25e; \pi m + p; 2m + 0,5p + 0,625e) = \min(427; 370; 294; 225) \\ = 225 \text{ mm}$$

Momentová únosnost T průřezu:

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{L_{eff} \cdot t_f^2}{4} \cdot f_{yd} = \frac{225 \cdot 27^2}{4} \cdot 355 = 14,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Únosnost náhradního T průřezu pro dvojici šroubů je dána nejmenší hodnotou z následujících tří vztahů:

1. Porušení desky T-profilu

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 14,6 \cdot 10^6}{68} = 858,8 \cdot 10^3 N$$

2. Porušení desky T-profilu a šroubů – porušení šroubů a pásnice

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + 2 \cdot n \cdot F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 14,6 \cdot 10^6 + 2 \cdot 78,5 \cdot 323100}{68+78,5} = 545,6 \cdot 10^3 N - \underline{\text{rozhoduje}}$$

3. Porušení šroubů

$$F_{T,3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 323,1 \cdot 10^3 = 646,2 \cdot 10^3 N$$

$$F_{Rd} = 545,6 \text{ kN} > F_{Ed} = 499,08 \text{ kN} \rightarrow \underline{\text{Vyhovuje}}$$

TŘETÍ ŘADA ŠROUBŮ POD PÁSNICÍ:

Účinná šířka náhradního T průřezu L_{eff} je nejmenší z hodnot:

$$\min(2\pi m; 4m + 1,25e; \pi m + p; 2m + 0,5p + 0,625e) = \min(427; 370; 294; 225) \\ = 225\text{mm}$$

Momentová únosnost T průřezu:

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{L_{eff} \cdot t_f^2}{4} \cdot f_{yd} = \frac{225 \cdot 27^2}{4} \cdot 355 = 14,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Únosnost náhradního T průřezu pro dvojici šroubů je dána nejmenší hodnotou z následujících tří vztahů:

1. Porušení desky T-profilu – úplná plastifikace pásnice

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 14,6 \cdot 10^6}{68} = 858,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

2. Porušení desky T-profilu a šroubů – porušení šroubů a pásnice

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd} + 2 \cdot n \cdot F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 14,6 \cdot 10^6 + 2 \cdot 78,5 \cdot 323100}{68+78,5} = 545,6 \cdot 10^3 \text{ N} - \text{rozhoduje}$$

3. Porušení šroubů

$$F_{T,3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 323,1 \cdot 10^3 = 646,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{Rd} = 545,6 \text{ kN} > F_{Ed} = 468,72 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}}$$

3. SMYKOVÁ ÚNOSNOST PŘÍPOJE

Návrhová únosnost jednostřížného šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = 215,4 \text{ kN (tabulky)}$$

Návrhová únosnost jednoho šroubu v otažení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{b,Rd} = 393,45 \text{ kN (tabulky)}$$

Rozhoduje $F_{v,Rd}$

$$\mathbf{F_{v,10,Rd} = 10 \cdot 215,4 = 2154 \text{ kN} > 323,793 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}}$$

4. KOMBINACE SMYKU A TAHU

Pro nejvíce namáhaný šroub – horní 1. řada šroubů pod pásnicí

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$F_{v,Ed} = 323,793/10 = 32,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 215,4 \text{ kN (tabulky)}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{M_{Ed} \cdot r_1}{\sum r_i^2} = \frac{1973,730 \cdot 1,395}{1,395^2 + 1,315^2 + 1,235^2} = 529,4 \text{ kN}$$

→ pro jeden šroub 264,7 kN

$$F_{t,Rd} = 323,1 \text{ kN (tabulky)}$$

$$\frac{32,4}{215,4} + \frac{264,7}{1,4 \cdot 323,1} = 0,74 < 1 \rightarrow \text{vyhovuje na kombinaci smyku a tahu}$$

5. SVARY ČELNÍCH DESEK

Zjednodušený návrh – veškerý moment přisoudím svarům okolo pásnic

Návrh: koutový svar $a_w = 10 \text{ mm}$ na pásnicích a $a_w = 3 \text{ mm}$ na stojině

Svar okolo pásnice:

$$M_{Ed} = 1973,73 \text{ kNm}$$

$$N_f = \frac{M_{Ed}}{r} = \frac{1973,73}{(1485,4 - 21,6) \cdot 10^{-3}} = 1348,36 \text{ kN}$$

Délka svaru okolo pásnice:

$$l_{we} = 2 \cdot b - 2 \cdot R - t_w = 2 \cdot 267 - 2 \cdot 17 - 14,4 = 485,6 \text{ mm}$$

Napětí:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_f}{a_w \cdot l_{we}} = 196,34 \text{ MPa}$$

Podmínka pro posouzení svaru:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 392,68 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 417,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 196,34 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392 \text{ MPa}$$

→ **svar $a_w = 10 \text{ mm}$ okolo pásnic vyhovuje**

Svar stojiny k čelní desce:

$$V_{Ed} = 323,793 \text{ kN}$$

Návrh: $a_w = 3 \text{ mm}$

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l} = \frac{323,793 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot (1485,4 - 3 \cdot 21,6)} = 38,0 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{Mw}}$$

$$= \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 251,47 \text{ MPa}$$

→ **svar $a_w = 3\text{mm}$ okolo stojiny vyhovuje**

6. POSOUZENÍ STĚNY SLOUPU NA SMYK

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{0,9 \cdot 11700 \cdot 355}{\sqrt{3}} = 2158,2 \text{ kN}$$

Moment je z obou stran sloupu – sečtu tedy působící momenty

$$V_{wp,Ed} = \frac{M_{Ed}}{h} = \frac{2 \cdot 1973,730 \cdot 10^6}{690} = 5720,96 \text{ kN}$$

$$2158,2 \text{ kN} < 5720,96 \text{ kN}$$

→ **stěna sloupu nevyhoví na smyk, je třeba šikmá výztuha**

Návrh: Oboustranná šikmá výztuha P20, šířka 140 mm

Výztuha musí přenést tlakovou sílu $V_{wp,Ed} - V_{wp,Rd} = 5720,96 - 2158,2 = 3562,76 \text{ kN}$

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

$$A = 4 \cdot 20 \cdot 140 = 11200 \text{ mm}$$

$\chi = 0,9$ (odhad – výztuhy jsou přivařené z jedné strany ke stojině sloupu)

$$N_{b,Rd} = 0,9 \cdot 11200 \cdot 355 = 3578,40 \text{ kN}$$

$$3578,40 > 3562,76 \text{ kN}$$

→ **4x šikmá výztuha P20x140 vyhovuje**

7. VODOROVNÉ VÝZTUHY SLOUPU

Návrh: Oboustranná výztuha $2 \cdot 140 = 280 \text{ mm}$, u všech tří pásnic náběhu

Trojice vodorovných výztuh by měla být schopna přenést alespoň takový moment, jako pásnice sloupu

$$M_{pl,Rd} = 280 \cdot t_s \cdot f_{yd} \cdot d_s = 280 \cdot t_s \cdot 355 \cdot 1485,4 = 147,6 \cdot 10^6 \text{ ts Nmm}$$

Potřebná tloušťka výztuhy:

$$t_s \geq \frac{A_f \cdot f_{yd} \cdot z_{min}}{105,2 \cdot 10^6} = \frac{300 \cdot 27 \cdot 355 \cdot 690}{147,6 \cdot 10^6} = 13,4 \text{ mm}$$

Návrh: $t_s = 20 \text{ mm}$

Koutové svary připojující výztuhy ke stojině:

Návrh: koutový svar $a_w = 5\text{mm}$

$$V_{Ed} = M_{Ed} / d_s = 3947,46 / 1,485 = 2658 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{4 \cdot 5 \cdot (690 - 2 \cdot 27)} = \frac{2658 \cdot 10^3}{4 \cdot 5 \cdot (690 - 2 \cdot 27)} = 209 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{Mw}}$$

$$= \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 251,5 \text{ MPa}$$

→ *vyhovuje – 3x výztuha v úrovni pásnic náběhů*

ZÁVĚR

Vnitřní síly a deformace potřebné pro posouzení byly vypočteny v programu Dlubal RFEM 5.26. Modelem byl 2D rámový vazník. Jednotlivé prvky byly posouzeny z hlediska MSÚ a MSP dle platných norem. Výkresová dokumentace je součástí přílohy bakalářské práce.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Půdorys.....	12
Obrázek 2: Příčný řez.....	12
Obrázek 3: Určení součinitele expozice.....	14
Obrázek 4: Závislost dynamického tlaku na výšce.....	14
Obrázek 5: Příčný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí.....	15
Obrázek 6: Podélný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí.....	16
Obrázek 7: Příčný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí.....	17
Obrázek 8: Podélný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí.....	18
Obrázek 9: Zatěžovací šířka Z vaznice.....	20
Obrázek 10: Normálová síla „ N “ na prvcích od kombinace KZ 1.....	27
Obrázek 11: Posouvající síla „ V_z “ na prvcích od kombinace KZ 1.....	27
Obrázek 12: Ohybový moment „ M_y “ na prvcích od kombinace KZ 1.....	27
Obrázek 13: Normálová síla „ N “ na prvcích od kombinace KZ 7.....	28
Obrázek 14: Posouvající síla „ V_z “ na prvcích od kombinace KZ 7.....	28
Obrázek 15: Ohybový moment „ M_y “ na prvcích od kombinace KZS 7.....	28
Obrázek 16: Normálová síla „ N “ na prvcích od kombinace KZ 6.....	29
Obrázek 17: Ohybový moment „ M_y “ na prvcích od kombinace KZS 6.....	29
Obrázek 18: Normálová síla „ N “ na prvcích od kombinace KZ 5.....	29
Obrázek 19: Vodorovný posun „ δ_x “ na prvcích od ZS 3 (příčný vítr).....	30
Obrázek 20: Svislý průhyb „ δ_z “ na prvcích od ZS 5 (sníh vlevo).....	30
Obrázek 21: Posun styčnic.....	32

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Stálé zatížení.....	18
Tabulka 2: Maximální tlak	20
Tabulka 3: Maximální sání (podélné).....	20
Tabulka 4: Maximální sání (příčné).....	21
Tabulka 5: Tabulka výrobce pro návrh Z vaznic „Kovové profily“.....	21
Tabulka 6: Působící síly od vlastní tíhy	23
Tabulka 7: Působící síly od podélného větru	23
Tabulka 8: Působící síly od příčného větru	24
Tabulka 9: Maximální vnitřní síly na jednotlivých prvcích.....	26

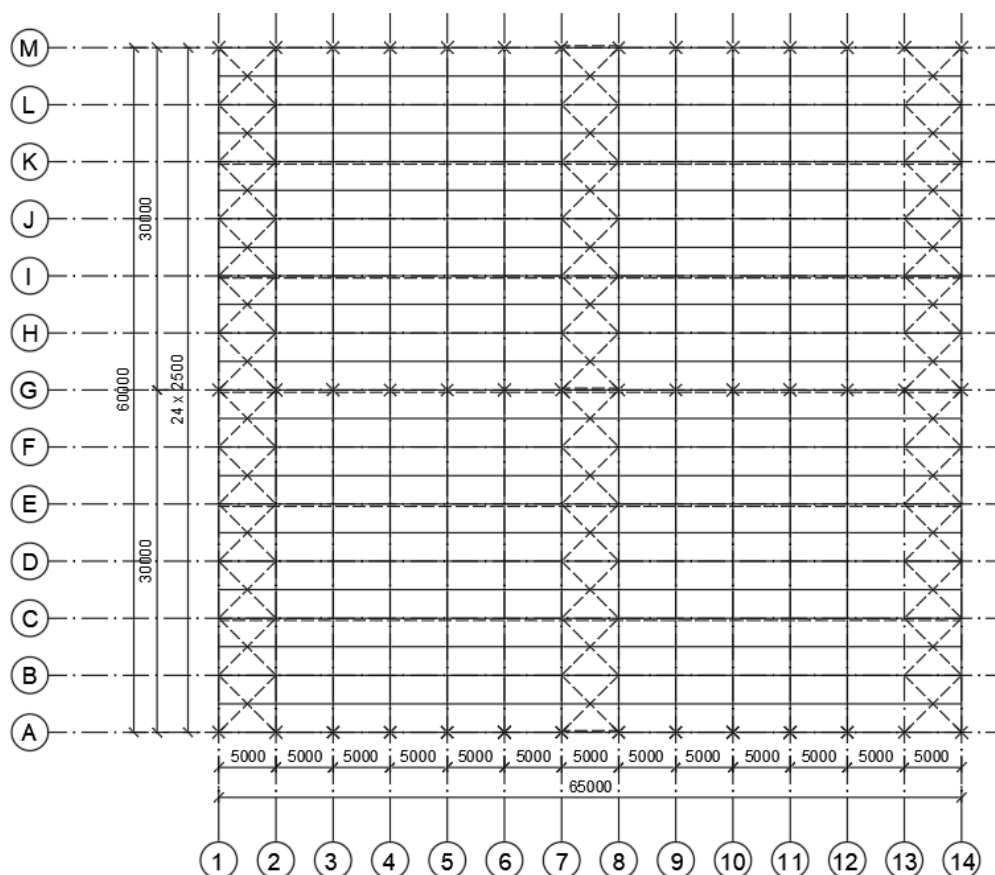
Varianta B – Příčná vazba s 2D příhradovým vazníkem

1 POPIS OBJEKTU

Předmětem návrhu je variantní zastřešení dvoulodní ocelový haly o rozpětí 2 krát 30 metrů a délce 65 metrů. Příčné vazby jsou navrženy jako příhradové vazníky a jsou od sebe vzdáleny 5 metrů.

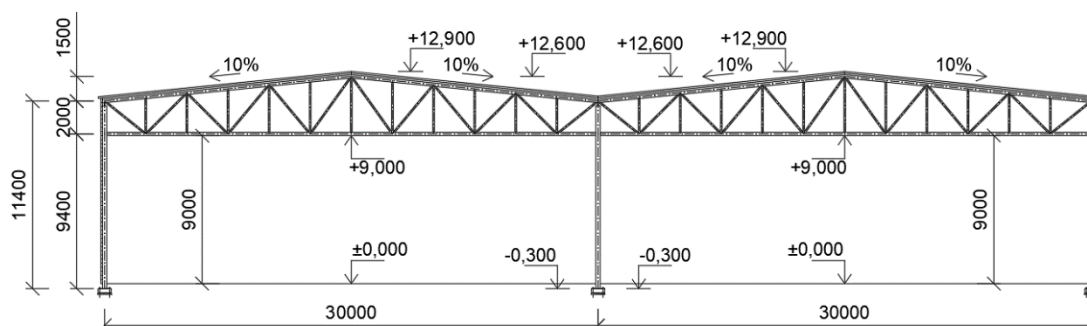
2 DISPOZICE

Obr.1



Obr.2

Příčný řez



3 ZATÍŽENÍ

Výpočet byl provedený v souladu s normou ČSN EN 1991-1. Lokalita, do který je hala zasazená leží v České republice, v městě Trutnov, v V. sněhové oblasti a ve II. větrné oblasti.

3.1 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

3.1.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

1. CHARAKTERISTICKÁ HODNOTA PLOŠNÉHO ZATÍŽENÍ SNĚHEM:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

μ_i = tvarový součinitel

$$\mu_{i1} = 0,8$$

$$\mu_{i2} = 0,8 + 0,8 \cdot \alpha/30 = 0,96$$

C_e = součinitel expozice pro otevřenou krajinu = 1

C_t = tepelný součinitel = 1

s_k = charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi = 2,5 kN/m²

$$s_{11} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5 = \underline{2,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{12} = 0,96 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5 = \underline{2,4 \text{ kN/m}^2}$$

2. NÁVRHOVÁ HODNOTA ZATÍŽENÍ SNĚHEM:

$$s_d = s \cdot \gamma_Q$$

γ_Q = dílčí součinitel proměnného zatížení = 1,5

$$s_{d1} = 2,0 \cdot 1,5 = \underline{3,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{d2} = 2,4 \cdot 1,5 = \underline{3,6 \text{ kN/m}^2}$$

3.1.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

1. ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} \text{ [m/s]}$$

C_{dir} = součinitel směru větru = 1 (doporučená hodnota)

C_{season} = součinitel ročního období = 1 (doporučená hodnota)

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

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 25 = \underline{25 \text{ m/s}}$$

2. ZÁKLADNÍ TLAK VĚTRU:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

Sklon střechy:

$$\alpha = 6^\circ$$

$$\rho = \text{měrná hmotnost vzduchu} = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_b = (1,25 \cdot 25^2)/2 = \underline{390,63 \text{ Pa}}$$

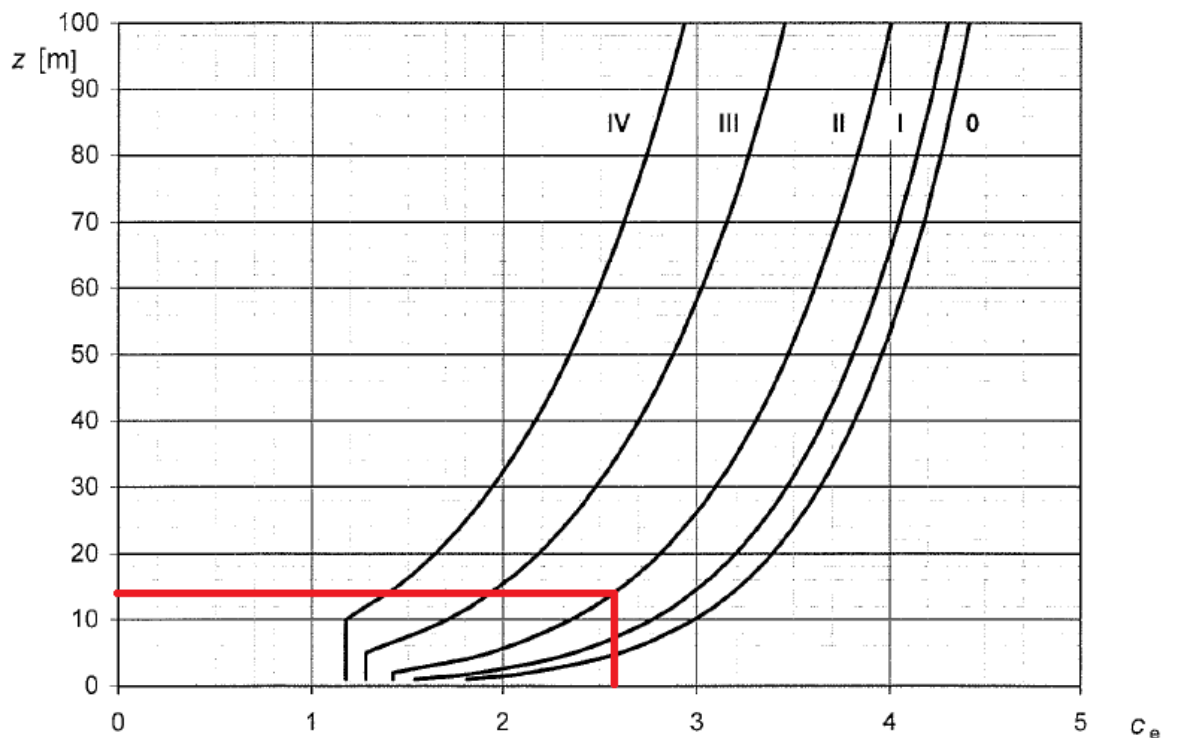
3. MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p = C_{e(z)} \cdot q_b \text{ [Pa]}$$

$C_{e(z)}$ = součinitel expoziční – kategorie terénu II - viz. obr. 3 = 2,6

$$Z = 13,2 \text{ m}$$

Obr. 3 – Určení součinitele expoziční



$$q_p = 2,6 \cdot 390,63 = \underline{1015,638 \text{ Pa} = 1,016 \text{ kN/m}^2}$$

4. TLAK VĚTRU NA VNĚJŠÍ POVRCH

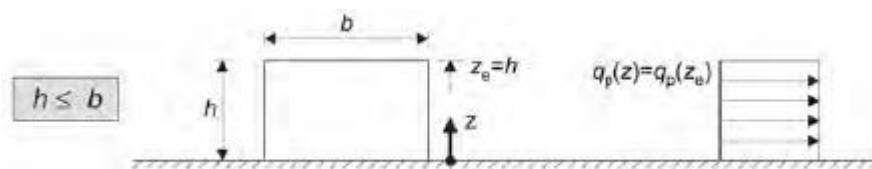
$$w_e = q_p \cdot C_{pe,10} \text{ [Pa]}$$

Návětrné plochy jsou větší než $10 \text{ m}^2 \rightarrow$ používáme $C_{pe,10}$

5. SVISLÉ STĚNY :

Vítr příčný:

Obr. 4 – Závislost dynamického tlaku na výšce



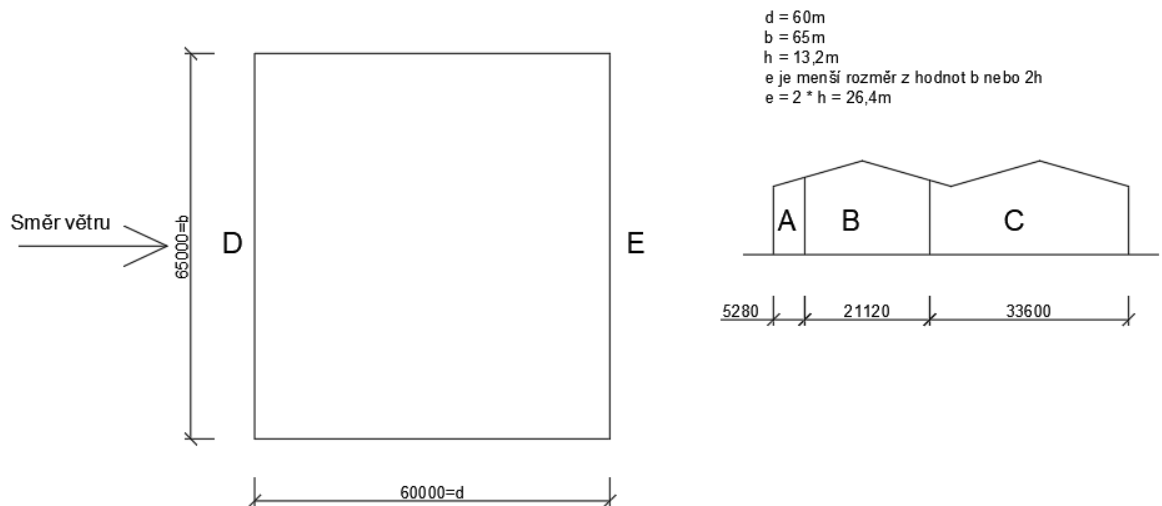
$$h/d = 13,2/60 = 0,220$$

Tabulka 7.1 – Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svíslé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,20	1,016	-1,219
B	-0,80	1,016	-0,813
C	-0,50	1,016	-0,508
D	0,70	1,016	0,711
E	-0,30	1,016	-0,305

Obr. 5 – příčný vítr, svíslé stěny, rozložení oblastí

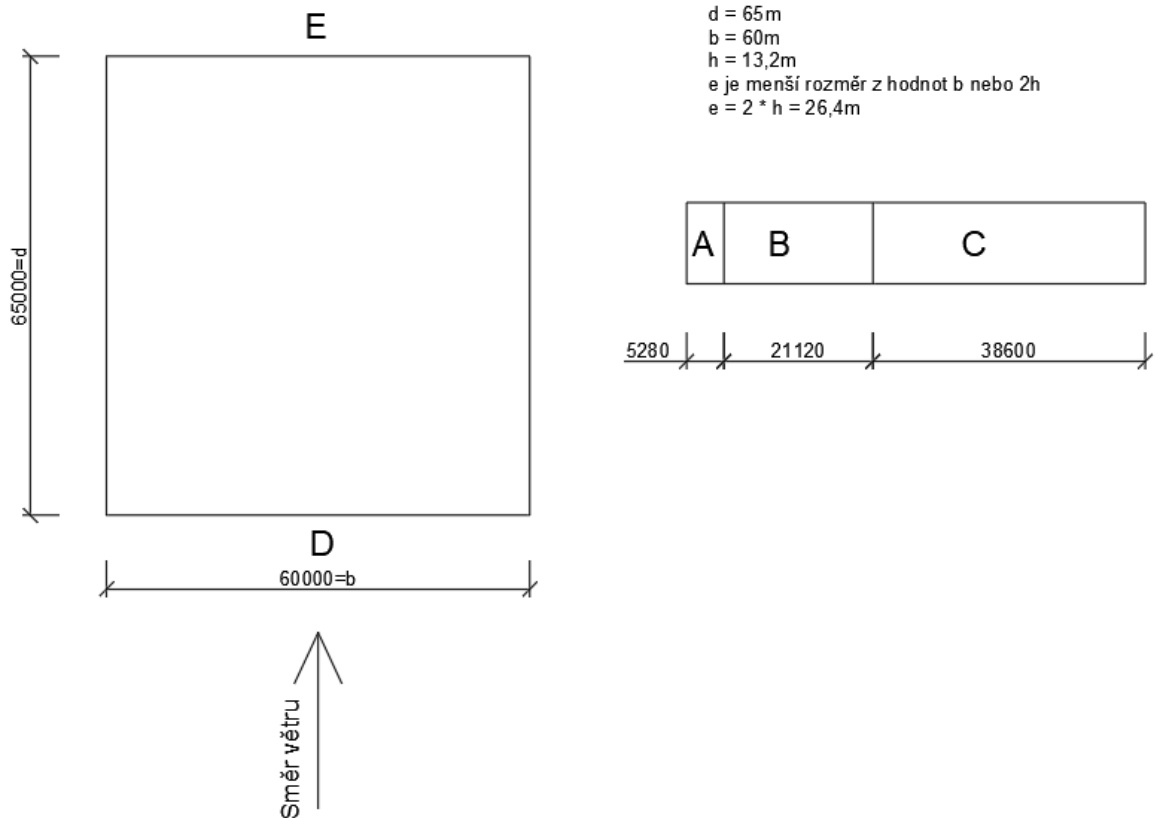

Vítr podélný:

$$h/d = 13,2/65 = 0,20 < 0,25$$

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,20	1,016	-1,219
B	-0,80	1,016	-0,813
C	-0,50	1,016	-0,508
D	0,70	1,016	0,711
E	-0,30	1,016	-0,305

Obr. 6 – podélný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí



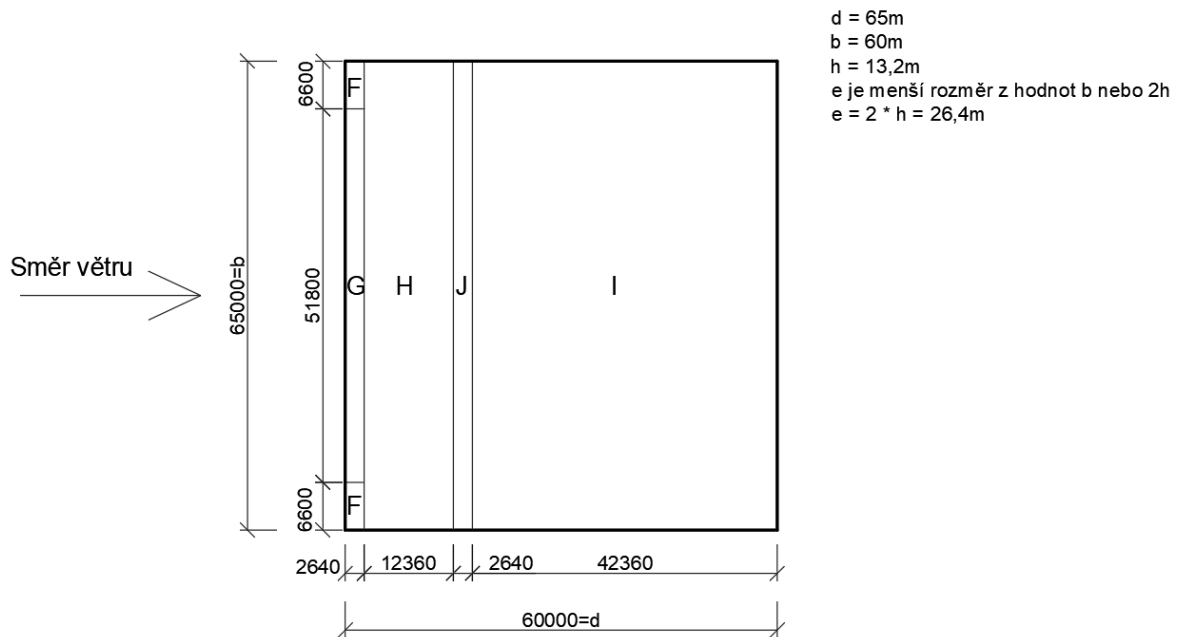
6. STŘECHA:

Vítr příčný (směr $\theta = 0^\circ$):

$\alpha_1 = 6^\circ$ (interpolace mezi 5° a 15°)

Oblast	$C_{pe,10}$		q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]	
	$\alpha = 6^\circ$	sání		tlak	sání
F	-1,62	0,02	1,016	-1,646	0,020
G	-1,16	0,02	1,016	-1,179	0,020
H	-0,57	0,02	1,016	-0,579	0,020
I	-0,58	-0,54	1,016	-0,589	-0,549
J	0,08	-0,54	1,016	0,081	-0,549

Obr. 7 – příčný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí

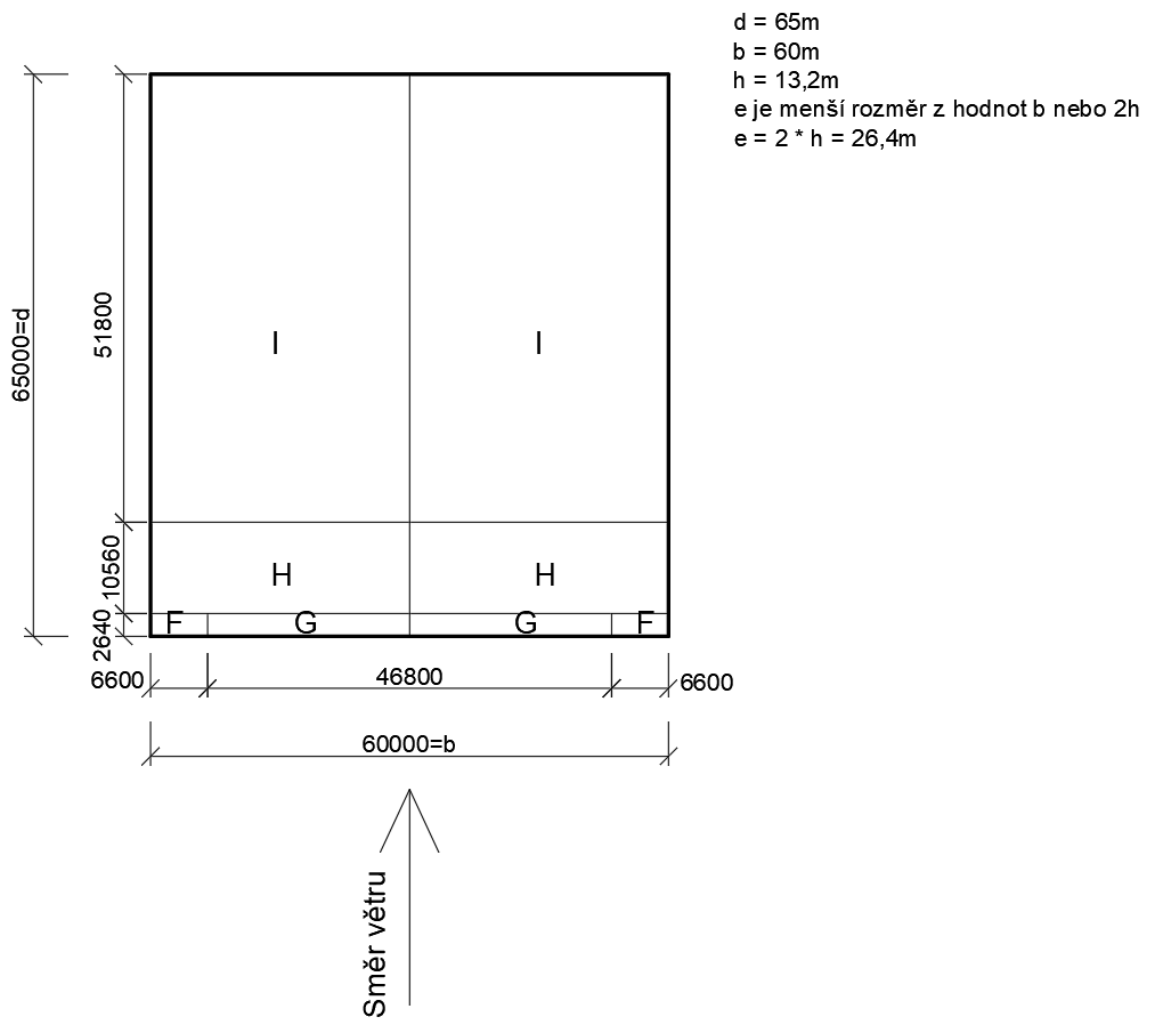


Vítr podélný (směr $\theta = 90^\circ$):

$\alpha_1 = 6^\circ$ (interpolace mezi 5° a 15°)

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
$\alpha = 6^\circ$			
F	-1,57	1,016	-1,595
G	-1,30	1,016	-1,321
H	-0,69	1,016	-0,701
I	-0,50	1,016	-0,508

Obr. 8 – podélný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí



4 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

4.1 NÁVRH STŘEŠNÍ KRYTINY

ZDROJE INFORMACÍ: WWW.KINGSPAN.COM

4.1.1 IZOLAČNÍ STŘEŠNÍ PANELE

Charakteristické zatížení sněhem = 2,4 kN/m²

Maximální charakteristické zatížení sáním větru = -1,646 kN/m²

Rozpon = 2,50 m

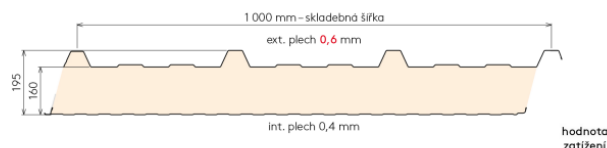
Spojité nosník o 3 a více polích

Dle tabulek výrobce

Střešní panel KS1000 RW 160

exteriérový plech 0,6 mm, S320GD profilace „trapéz“

interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



statický systém	barevná skupina	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 (f)	40	40	40	40	43	45	46	46	44	43	41	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		9,16	7,86	7,02	6,00	5,16	4,50	3,95	3,48	3,06	2,70	2,40	2,13	1,91	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14	1,14
spojitý nosník o 2 polích	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		8,50	6,06	4,80	4,02	3,49	3,10	2,80	2,57	2,38	2,22	2,08	1,97	1,87	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14	1,14
spojitý nosník o 3 polích	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		9,52	6,74	5,31	4,42	3,82	3,39	3,06	2,80	2,59	2,51	2,27	2,13	1,91	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14	1,14

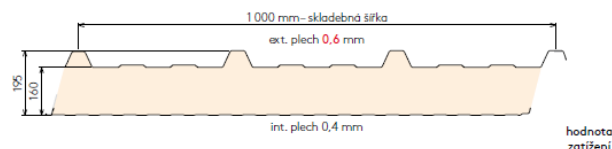
barevná skupina (zatřídění dle odstínu v RAL)
(f) – přípustná deformace pro krátkodobé zatížení
L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

AA – min. šířka krajní podpory [mm]
X,XX – max. rozpon [m]
BB – min. šířka střední podpory [mm]

Střešní panel KS1000 RW 160

exteriérový plech 0,6 mm, S320GD profilace „trapéz“

interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



statický systém	barevná skupina	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 (f)	9,51	9,51	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82
	II (f)	9,51	9,51	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82
	III (f)	9,51	8,78	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82
spojitý nosník o 2 polích	I (f)	9,81	8,97	6,00	4,62	3,83	3,30	2,92	2,64	2,41	2,22	2,07	1,94	1,83	1,73	1,65	1,57	1,50	1,44	1,39	1,34
	II (f)	9,81	8,40	5,59	4,32	3,59	3,10	2,76	2,50	2,29	2,12	1,98	1,86	1,76	1,67	1,59	1,52	1,46	1,40	1,35	1,30
	III (f)	9,81	7,48	4,96	3,86	3,24	2,83	2,53	2,31	2,13	1,98	1,86	1,75	1,66	1,58	1,51	1,45	1,39	1,34	1,29	1,25
spojitý nosník o 3 polích	I (f)	12,82	9,68	7,01	5,33	4,35	3,70	3,24	2,90	2,63	2,41	2,24	2,09	1,97	1,86	1,76	1,68	1,61	1,54	1,49	1,43
	II (f)	12,81	9,68	6,72	5,10	4,16	3,54	3,10	2,78	2,52	2,32	2,16	2,02	1,90	1,80	1,71	1,63	1,56	1,50	1,45	1,40
	III (f)	12,81	9,56	6,27	4,74	3,86	3,29	2,89	2,60	2,36	2,18	2,03	1,91	1,80	1,71	1,63	1,56	1,50	1,44	1,39	1,34

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlouk šířka větší.

barevná skupina (zatřídění dle odstínu v RAL)
(f) – přípustná deformace pro krátkodobé zatížení
L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

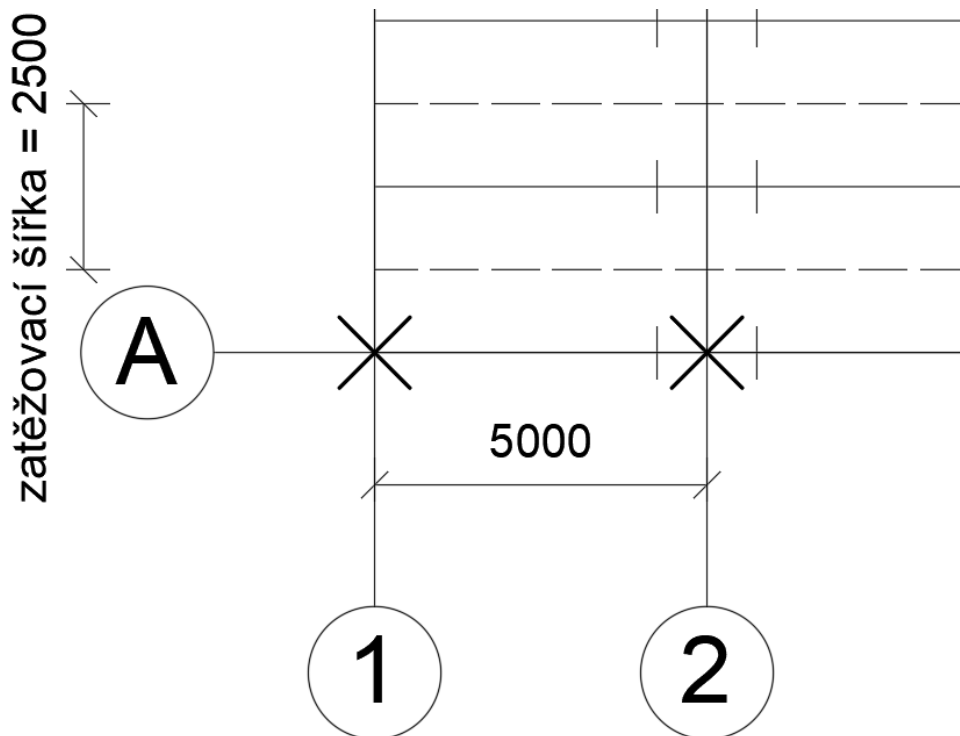
max. rozpon [m]

Střešní izolační panel Kingspan KS1000 RW 160 vyhovuje

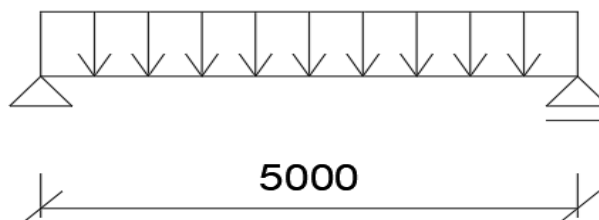
4.1.2 VAZNICE

1. ZATÍŽENÍ VAZNICE

Obr. 9 – zatěžovací šířka IPE vaznice



Statické schéma – spojitý nosník o 1 poli



Tab. 1 – Maximální tlak

Druh zatížení	Původ zatížení	Výpočet [kN/m']	F _k [kN/m']	γ _f [-]	F _d [kN/m']
Stálé	Izolační panely	0,139 · 2,5	0,348	1,35	0,470
Stálé	IPE vaznice (odhad)	0,184	0,184	1,35	0,248
Proměnné	Sníh	2,4 · 2,5	6,0	1,5	9,0
		Σ	6,532		9,718

2. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL VAZNICE

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + s_d) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (9,718) \cdot 5,0^2 = 30,369 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + s_d) \cdot L = \frac{1}{2} \cdot (9,718) \cdot 5,0 = 24,295 \text{ kN}$$

3. NÁVRH PROFILU IPE

Protože nosník je zajištěn proti ztrátě příčné a torzní stability a lze očekávat, že bude splňovat požadavky pro průřez 1. třídy, je možné stanovit nutný plastický průřezový modul podle vztahu:

$$W_{pl,y,min} = \frac{M_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{30,369 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{355} = 98,378 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Návrh IPE 180} - W_{pl,y} = 166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 > 98,378 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{v,z} = 1125 \text{ mm}^2$$

Zatřídění průřezu:

$$\text{Stojina: } \frac{d}{t_w} = \frac{146,0}{5,3} = 27,547 < 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,32 \rightarrow \text{1. třída}$$

$$\text{Pásnice: } \frac{c}{t_f} = \frac{45,5}{8,0} = 5,6875 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 0,81 = 7,29 \rightarrow \text{1. třída}$$

Moment únosnosti IPE 180:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,15} = 51,37 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 51,37 \text{ kNm} > M_{Ed} = 30,369 \text{ kNm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{1125 \cdot 355}{1,15 \cdot \sqrt{3}} = 200,503 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 200,503 \text{ kN} > V_{Ed} = 24,295 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení MSP

$$\delta_{max} = \frac{L}{200} = \frac{5000}{200} = 25,0 \text{ mm}$$

$$\delta = \delta_G + \delta_Q = \frac{5 \cdot (g_k + g_k^{IPE}) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{5 \cdot s_k \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot (0,532) \cdot 5000^4}{384 \cdot 210000 \cdot 1317 \cdot 10^4} + \frac{5 \cdot 6 \cdot 5000^4}{384 \cdot 210000 \cdot 1317 \cdot 10^4} = 19,220 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} > \delta$$

$$25,00 \text{ mm} > 19,22 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vaznice IPE 180 vyhovuje

4.2 NÁVRH OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ

ZDROJE INFORMACÍ: WWW.KINGSPAN.COM

Maximální charakteristická hodnota sání na svislé stěny: -1,22 kN/m²

Maximální charakteristická hodnota tlaku na svislé stěny: 0,71 kN/m²

Rozpon = 5m

Prostý nosník

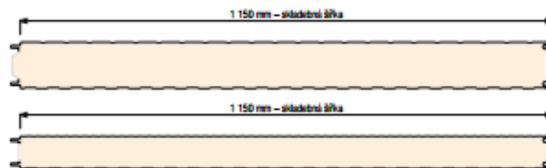
Dle tabulek výrobce

Tabulky únosnosti

KS1150 NF/TF

Stěnový panel KS1150 NF/TF 200

plech vnější/vnitřní 0,6/0,4 mm, profilace M/Q, S280GD
podle ČSN EN 14509



		TLAK								
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení							[kN/m ²]	Význam hodnot v tabulce:
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75		
prostý nosník ▲	I., II., III.	40	58	76	92	105	118	129	140	AA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BB min. šířka střední podpory [mm]
		16,48	12,23	9,99	8,65	7,74	7,06	6,54	6,12	
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	40	40	47	62	77	90	102	114	Příklady zařazení odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Přípustná deformace: - pro krátkodobé zatížení L/200 - pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
		10,72	8,25	7,16	6,50	6,04	5,69	5,40	5,14	
	60	61	95	125	153	180	204	227		
	II.	40	40	47	62	77	90	102	114	
		10,72	8,25	7,16	6,50	6,04	5,69	5,40	5,14	
	60	61	95	125	153	180	204	227		
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I.	40	43	59	73	86	98	109	119	
		14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36	
	60	86	118	146	172	196	218	239		
	II.	40	43	59	73	86	98	109	119	
		14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36	
	60	86	118	146	172	196	218	239		
III.	40	43	59	73	86	98	109	119		
	14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36		
60	86	118	146	172	196	218	239			

		SÁNÍ								
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení							[kN/m ²]	Význam hodnot v tabulce:
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75		
prostý nosník ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	X,XX max. rozpon [m]
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	Příklady zařazení odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Přípustná deformace: - pro krátkodobé zatížení L/200 - pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,20	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

Stěnový izolační panel Kingspan KS1150 NF vyhovuje

4.3 NÁVRH NOSNÝCH PRVKŮ

ZDROJE INFORMACÍ:

ČSN EN 1993-1-1

OCELOVÉ KONSTRUKCE – TABULKY

4.3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Osová vzdálenost příčných vazeb = 5m

1. ZS 1: VLASTNÍ TÍHA

Tab. 2 – Působící síly od vlastní tíhy

Vlastní tíha vazníku zohlední software.

Vlastní tíha	výpočet: zš · plošné zatížení	Fk [kN/m']
Střešní izolační panely	$5 \cdot 0,139$	0,695
IPE 180 vaznice	přepočítáno na spojitě zatížení = $(0,184 \cdot 5)/2,5$	0,31
Stěnové izolační panely	$5 \cdot 0,211$	1,055

Síly do uzlů:

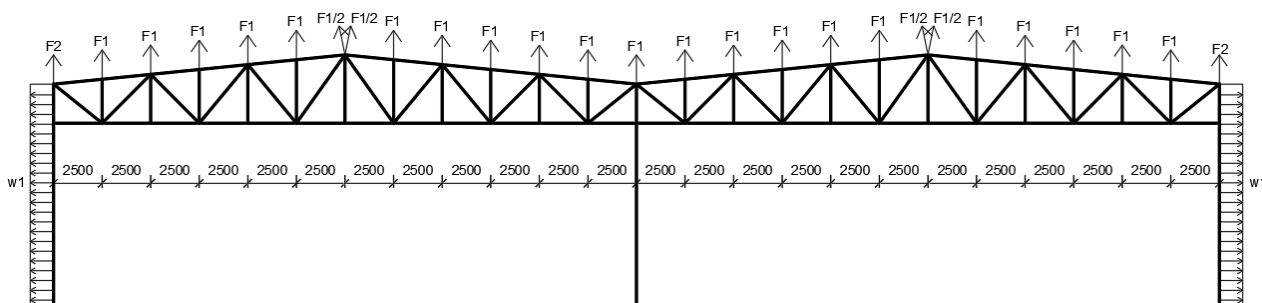
$$F1 = 0,695 \cdot 2,5 + 0,31 \cdot 2,5 = \mathbf{2,513 \text{ kN}}$$

$$F2 = 0,695 \cdot 1,65 + 0,31 \cdot 1,65 = \mathbf{1,658 \text{ kN}}$$

2. ZS 2: VÍTR PODÉLNÝ

Tab. 3 – Působící síly od podélného větru

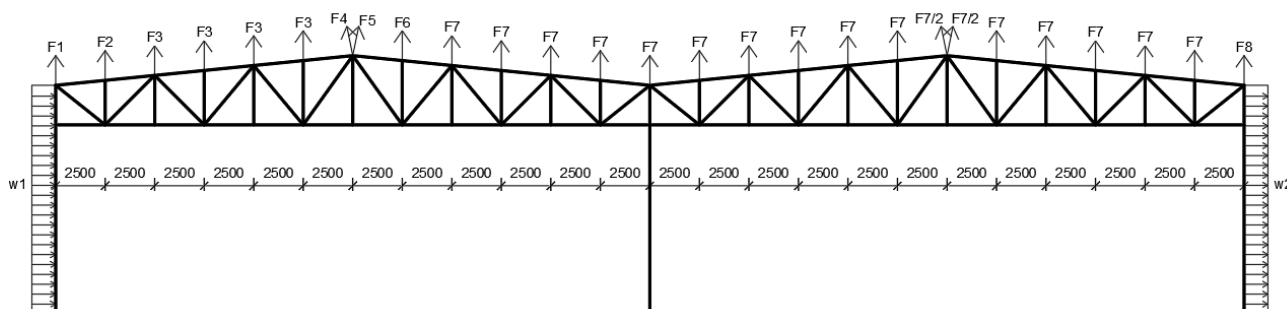
Podélný vítr 1	výpočet: (plocha dílčích oblastí) · (zatížení v oblasti)	Fk [kN]
F1	$12,5 \cdot (-0,701)$	-8,763
F2	$8,25 \cdot (-0,701)$	-5,783
w1	$2,78 \cdot (1,219) + 2,22 \cdot (0,813)$	5,194 kN/m'



3. ZS 3: VÍTR PŘÍČNÝ

Tab. 4– Působící síly od příčného větru

Příčný vítr 1	výpočet: (plocha dílčích oblastí) · (zatížení v oblasti)	F _k [kN]
F1	$1,485 \cdot (-1,179) + 6,765 \cdot (-1,646)$	-12,886
F2	$5,699 \cdot (-1,646) + 1,251 \cdot (-1,179) + 5,55 \cdot (-0,579)$	-14,069
F3	$12,5 \cdot (-0,579)$	-7,238
F4	$6,25 \cdot (-0,579)$	-3,619
F5	$6,25 \cdot (-0,549)$	-3,431
F6	$6,95 \cdot (-0,549) + 5,55 \cdot (-0,589)$	-7,085
F7	$12,5 \cdot (-0,589)$	-7,363
F8	$8,25 \cdot (-0,589)$	-4,859
w1	$0,711 \cdot 5$	3,555 kN/m'
w2	$0,305 \cdot 5$	1,525 kN/m'



4. ZS 4: SNÍH

$$F_{s1} = 1,650 \cdot 5 \cdot 2,000 = \underline{16,50 \text{ kN}}$$

$$F_{s2} = 2,500 \cdot 5 \cdot 2,000 = \underline{25,00 \text{ kN}}$$

$$F_{s3} = 2,500 \cdot 5 \cdot 2,067 = \underline{25,84 \text{ kN}}$$

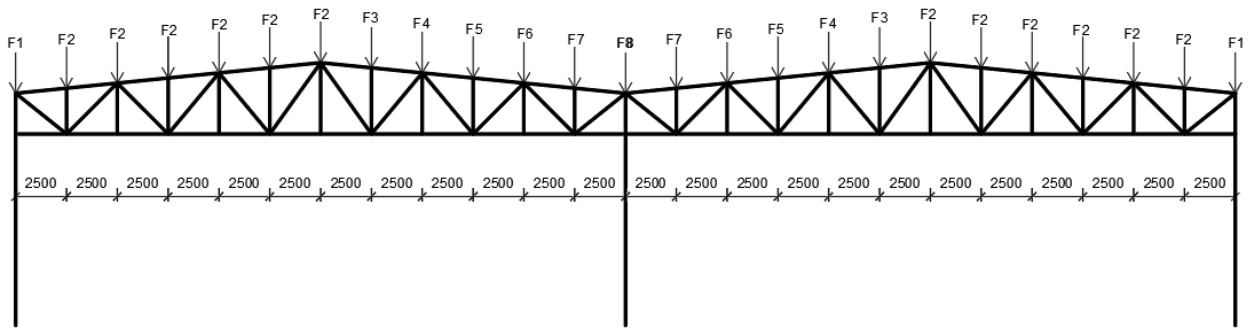
$$F_{s4} = 2,500 \cdot 5 \cdot 2,133 = \underline{26,66 \text{ kN}}$$

$$F_{s5} = 2,500 \cdot 5 \cdot 2,200 = \underline{27,50 \text{ kN}}$$

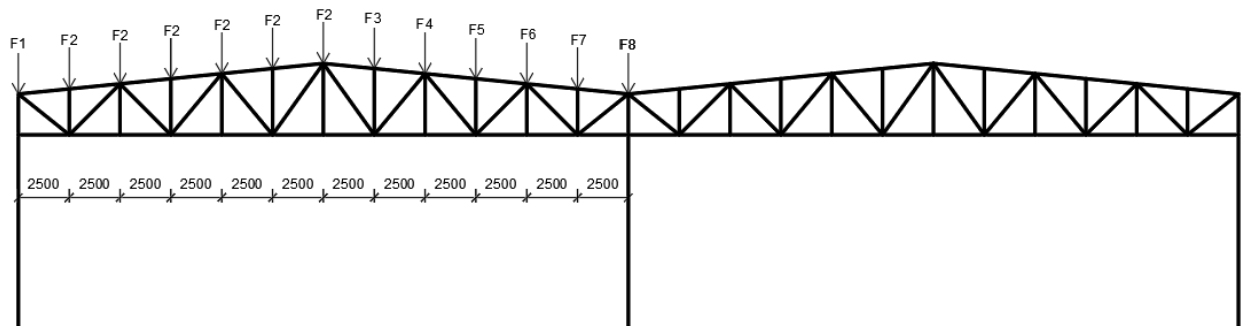
$$F_{s6} = 2,500 \cdot 5 \cdot 2,267 = \underline{28,34 \text{ kN}}$$

$$F_{s7} = 2,500 \cdot 5 \cdot 2,333 = \underline{29,16 \text{ kN}}$$

$$F_{s8} = 2,500 \cdot 5 \cdot 2,400 = \underline{30,00 \text{ kN}}$$



5. ZS 5: SNÍH VLEVO



4.3.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_{G,\min} = 1,0$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

$$\psi_0 = 0,6 \text{ pro}$$

vítr

$$\psi_0 = 0,5 \text{ pro}$$

sníh

$$\text{KZ 1: } 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4$$

$$\text{KZ 2: } 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,6 \cdot ZS3 \cdot 1,5$$

$$\text{KZ 3: } 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot ZS4$$

$$\text{KZ 4: } 1,00 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3$$

$$\text{KZ 5: } 1,00 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS2$$

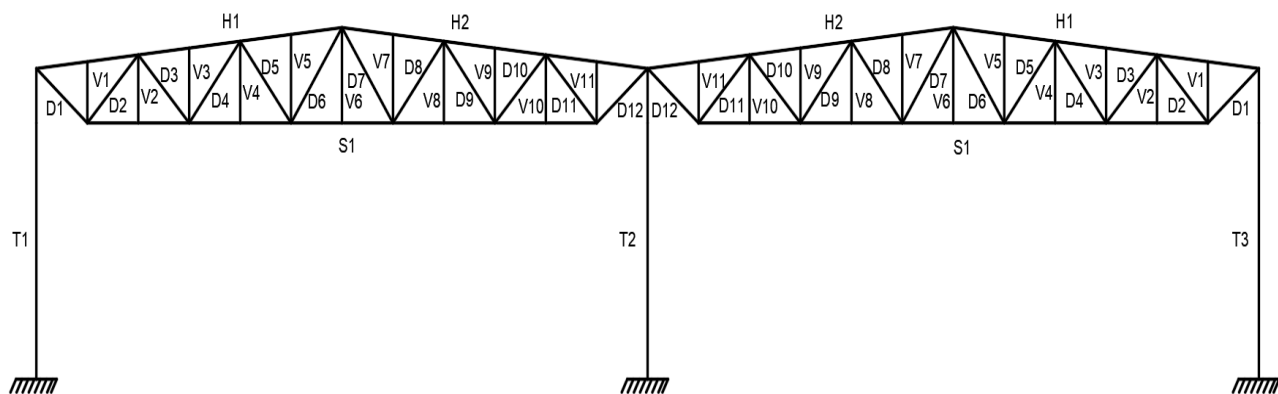
$$\text{KZ 6: } 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS3 \cdot 1,5$$

$$\text{KZ 7: } 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS5$$

$$\text{KZ 8: } 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot ZS5$$

$$\text{MSP 1: } ZS1 + ZS4$$

4.3.3 STATICKÉ SCHÉMA



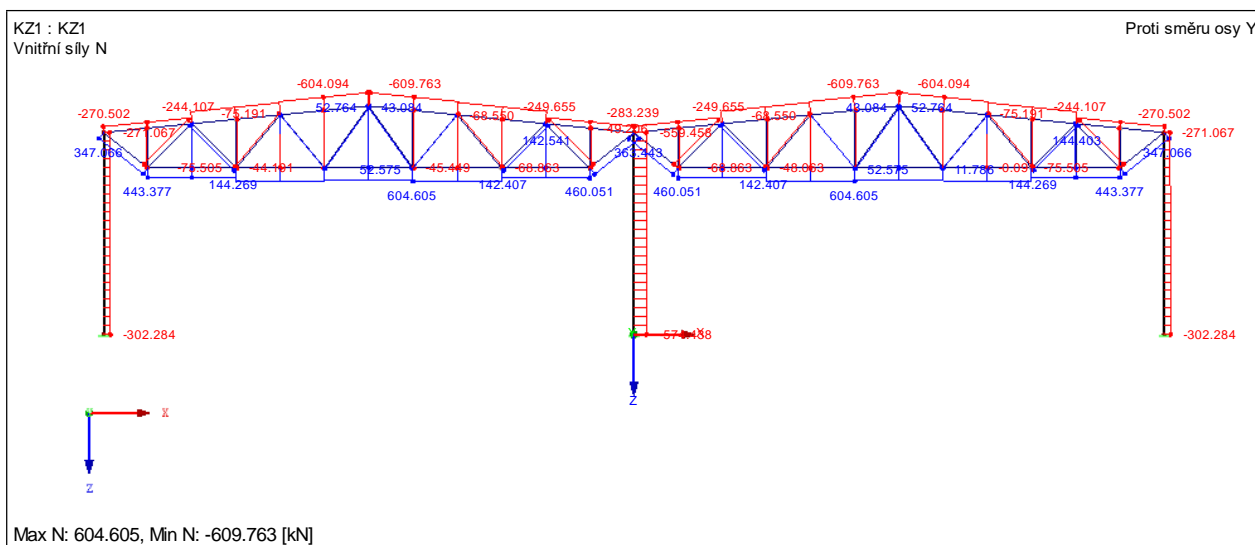
4.3.4 MAXIMÁLNÍ VNITŘNÍ SÍLY NA JEDNOTLIVÝCH PRVCÍCH

Výpočet byl proveden pomocí programu *Dlubal RFEM 5.26*

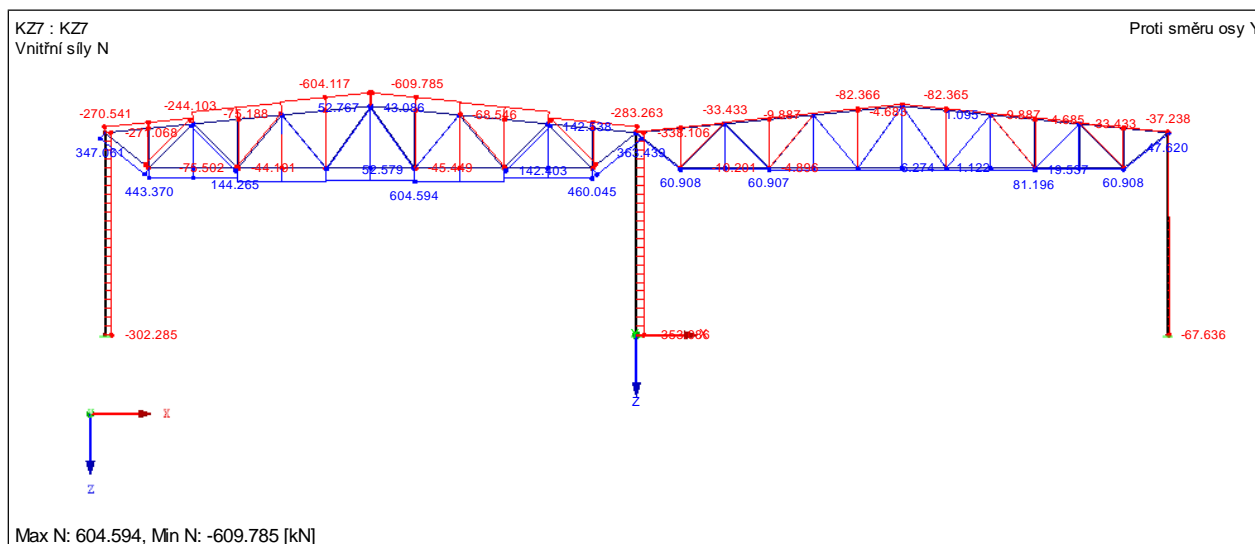
Tab. 5 – Maximální vnitřní síly na jednotlivých prvcích

Prvek	Vz [kN]	Kombi-nace	My [kNm]	Kombi-nace	N [kN]			
					Tah [kN]	Kombi-nace	Tlak [kN]	Kombi-nace
T1	-55,414	KZ5	216,540	KZ3	61,357	KZ4	301,480	KZ1
T2	12,100	KZ3	127,619	KZ3	104,914	KZ5	572,828	KZ1
T3	55,414	KZ5	168,176	KZ3	54,312	KZ5	301,479	KZ1
S	-	-	-	-	604,605	KZ1	101,944	KZ5
H	-	-	-	-	142,747	KZ5	614,044	KZ7
D1	-	-	-	-	346,053	KZ1	65,081	KZ4
D2	-	-	-	-	43,062	KZ5	244,338	KZ7
D3	-	-	-	-	144,388	KZ7	23,862	KZ5
D4	-	-	-	-	10,578	KZ5	76,159	KZ7
D5	-	-	-	-	12,332	KZ7	0	-
D6	-	-	-	-	42,849	KZ1	12,538	KZ5
D7	-	-	-	-	52,515	KZ1	12,538	KZ5
D8	-	-	-	-	3,745	KZ7	1,772	KZ4
D9	-	-	-	-	11,491	KZ4	69,53	KZ7
D10	-	-	-	-	142,511	KZ7	23,862	KZ5
D11	-	-	-	-	43,062	KZ5	249,903	KZ7
D12	-	-	-	-	362,397	KZ7	63,228	KZ5
V1	-	-	-	-	18,185	KZ4	42,369	KZ7
V2	-	-	-	-	0,975	KZ3	0	-
V3	-	-	-	-	10,122	KZ5	43,434	KZ7
V4	-	-	-	-	1,03	KZ3	0,902	KZ7
V5	-	-	-	-	10,12	KZ5	43,643	KZ7
V6	-	-	-	-	1,199	KZ3	0	-
V7	-	-	-	-	10,12	KZ5	44,941	KZ7
V8	-	-	-	-	1,017	KZ3	0,96	KZ7
V9	-	-	-	-	10,12	KZ5	47,281	KZ7
V10	-	-	-	-	0,953	KZ3	0	KZ7
V11	-	-	-	-	10,167	KZ5	48,661	KZ7

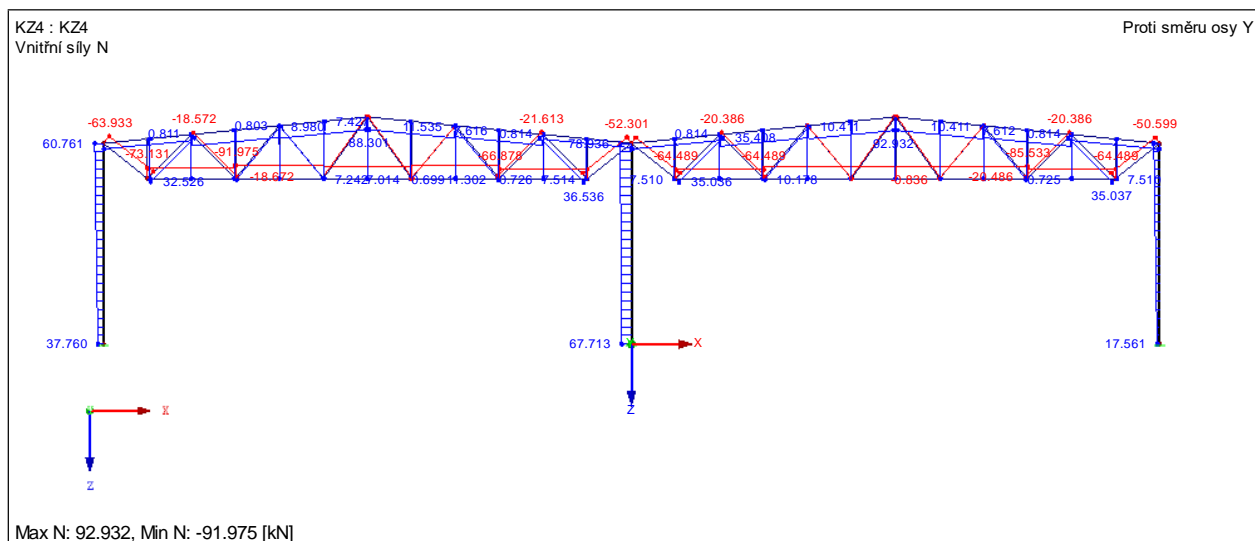
Obr. 10 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 1 [kN]



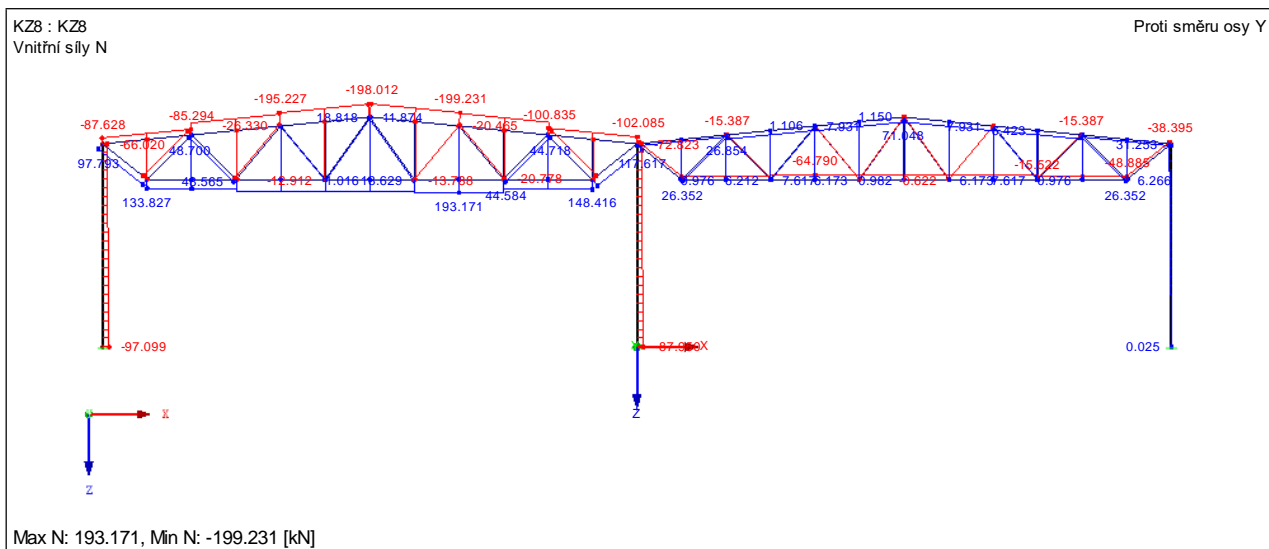
Obr. 11 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 7 [kN]



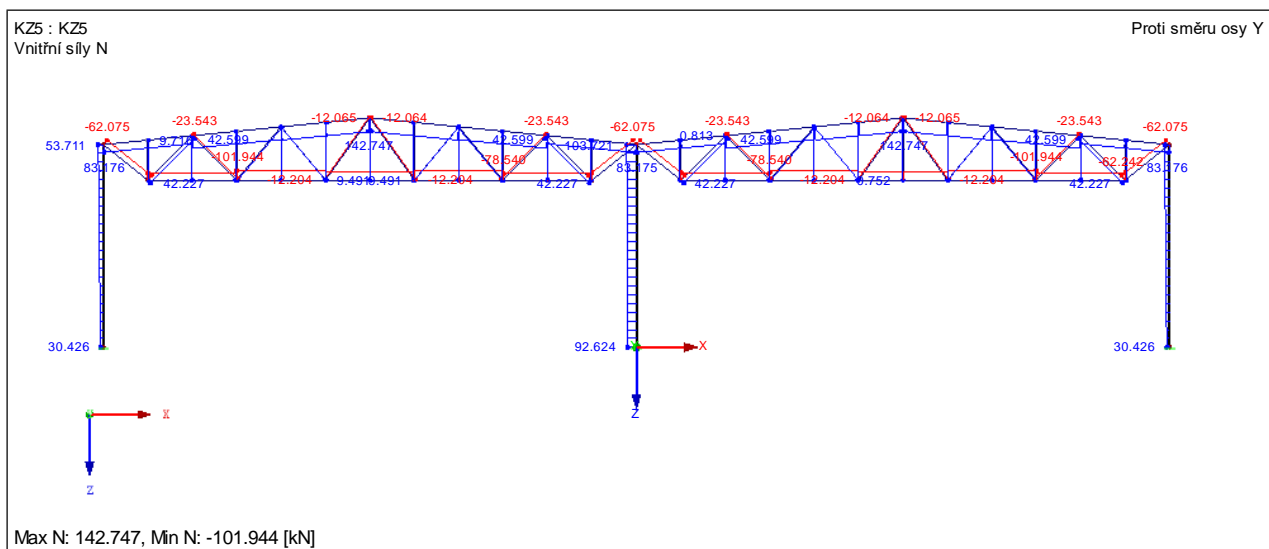
Obr. 12 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 4 [kNm]



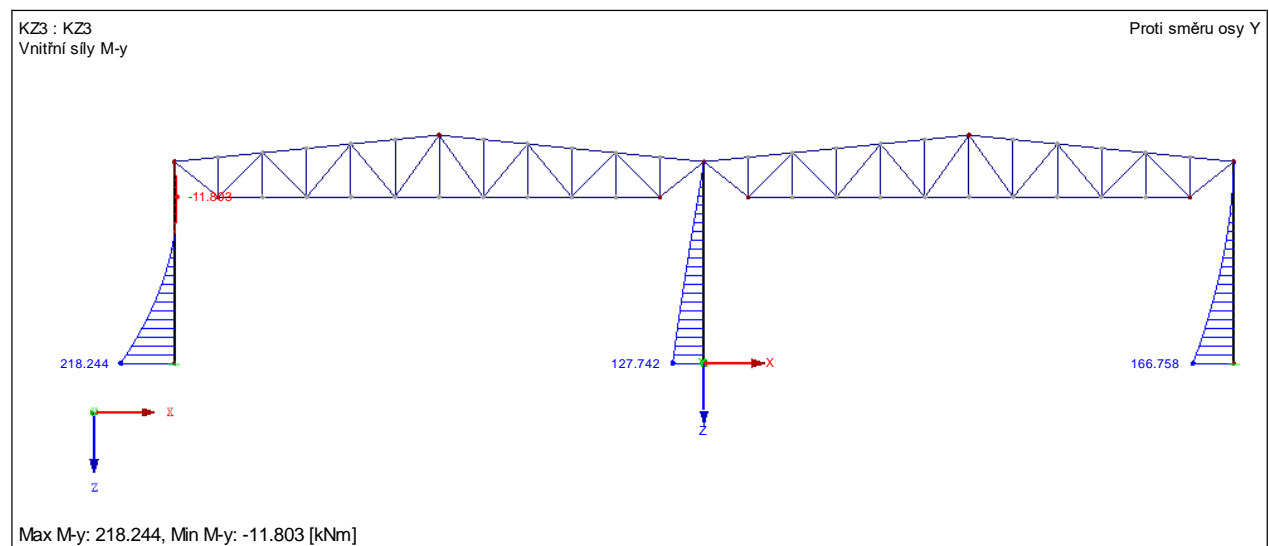
Obr. 13 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 8 [kNm]



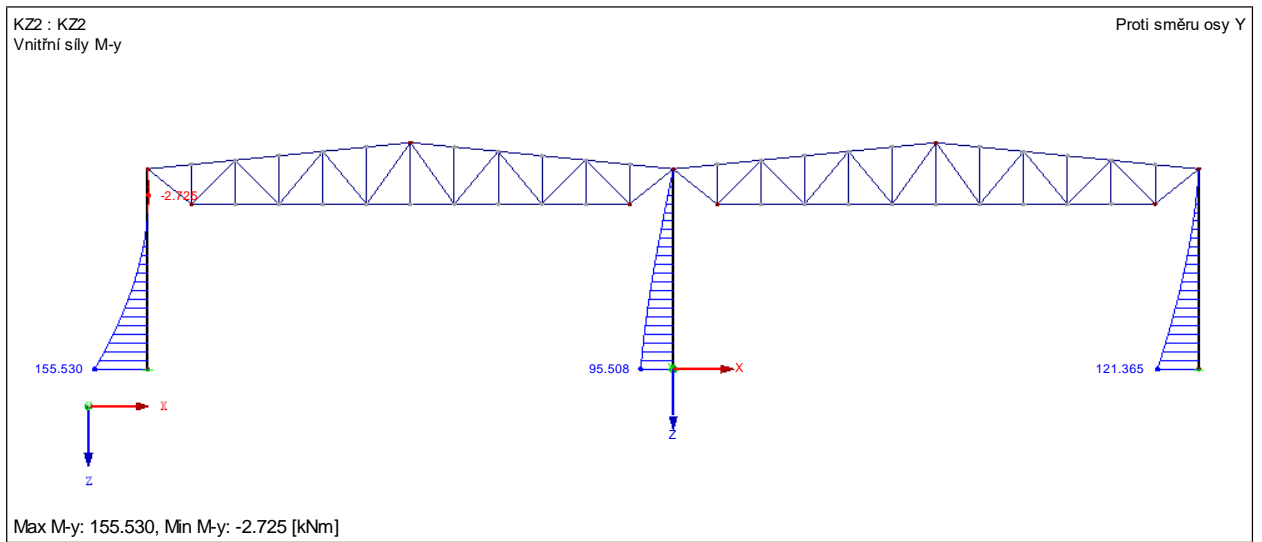
Obr. 14 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 5 [kNm]



Obr. 15 – Ohybový moment „M_y“ na prvcích od kombinace KZ 3 [kNm]



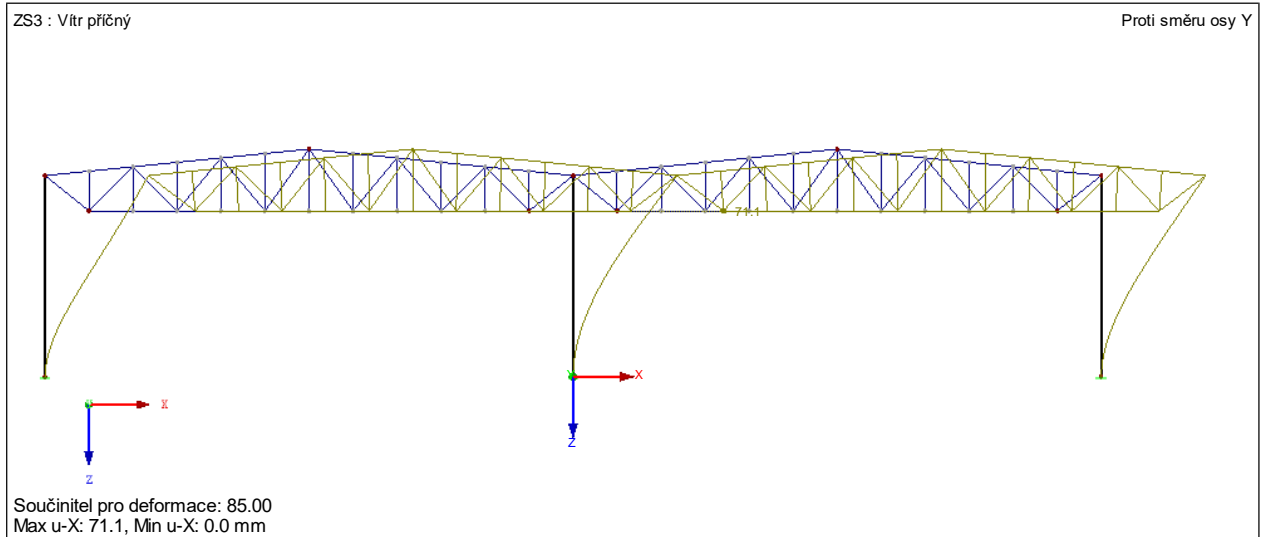
Obr. 16 – Ohybový moment „ M_y “ na prvcích od kombinace KZ 2 [kNm]



4.3.5 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

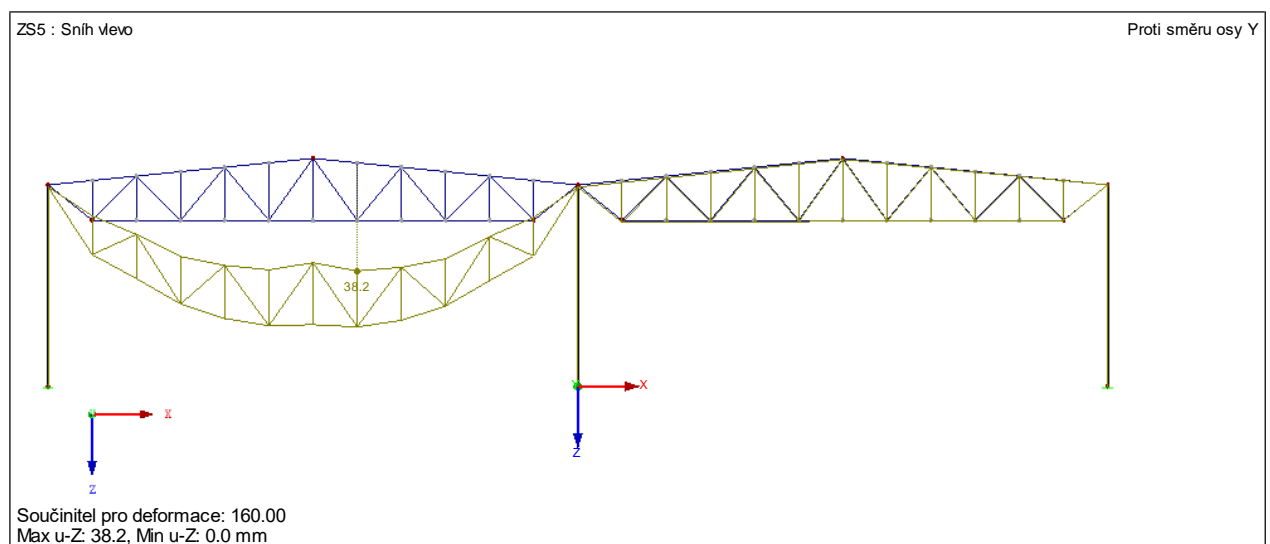
Deformace budou určeny pro charakteristické hodnoty zatížení $\gamma_f = 1$. Výpočet byl proveden pomocí výpočetního programu Dlubal Rfem.

Obr. 17 – Vodorovný posun „ δ_x “ na prvcích od ZS3 (vítr příčný) [mm]



$$\delta_x = 71,1 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{h}{150} = \frac{11400}{150} = 76,0 \text{ mm}$$

Obr. 18 – Svislý průhyb „ δ_z “ na prvcích od ZS5 (sněž vlevo) [mm]



$$\delta_z = 38,2 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{30000}{250} = 120 \text{ mm}$$

Podmínky MSP jsou splněny

4.3.6 NÁVRH SLOUPU

1. VNITŘNÍ SÍLY

Nejnámáhanější sloup - prostřední sloup (T2 – viz odstavec 4.3.3).

KZ 1

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -572,828 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ kN (neovlivní dimenzi průřezu)}$$

KZ 2

$$M_{Ed} = 95,394 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -493,652 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 10,416 \text{ kN (neovlivní dimenzi průřezu)}$$

KZ 3

$$M_{Ed} = 127,619 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -197,016 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 12,100 \text{ kN (neovlivní dimenzi průřezu)}$$

Návrh: HE 320 A

2. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = 12440 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 4113 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 22930 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 1628 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,y} = 1479 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 136 \text{ mm}$$

$$I_z = 6985 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 74,9 \text{ mm}$$

$$I_t = 108,0 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 1512000 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

3. ZATRŽIDĚNÍ PRŮŘEZU

Průřez namáhaný tlakem a ohybem

$$\alpha > 0,5 : \frac{d}{t_w} \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$$

$$\alpha = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{N_{Ed}}{f_y \cdot t_w \cdot d} \right)$$

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

$$t_w = 9,0 \text{ mm}$$

$$d = 225,0 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,90 \text{ (KZ 1)}$$

$$\varepsilon = 0,81$$

$25,0 < 29,98 \rightarrow$ průřez třídy 1

4. VZPĚRNÉ DÉLKY

Systémová délka = $L = 11400 \text{ mm}$

Vybočení kolmo k ose $z - L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot 11400 = 11400 \text{ mm}$ (kloub – kloub - $L_{cr,z} = L$)

Vybočení kolmo k ose $y - L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 2 \cdot 11400 = 22800 \text{ mm}$

5. POSOUZENÍ SLOUPU NA TLAK S VLIVEM VYBOČENÍ

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

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{22800}{136} = 167,65$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{11400}{74,9} = 152,20$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 2,19$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1,99$$

χ_y = součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy y = 0,178

χ_z = součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy z = 0,198

$$N_{b,Rd} = 12440 \cdot 355 \cdot 0,178 = 786,08 \text{ kN} > 572,83 \text{ kN}$$

→ **HE 320A Vyhovuje na tlak s vlivem vybočení**

6. POSOUZENÍ SLOUPU NA MOMENT S VLIVEM KLOPENÍ

$$M_{b,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \cdot \chi_{LT} \geq M_{Ed}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{M_{CR}}}$$

$$M_{CR} = \mu_{CR} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$\mu_{CR} = \frac{C1}{k} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\beta = 0,75$$

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

$$k_w = 1 \text{ (na straně bezpečí)}$$

$$L = 11400 \text{ mm}$$

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

$$k_{wt} = 0,53$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

$$C_1 = 1,85$$

$$k = 1 \text{ (na straně bezpečí)}$$

$$\mu_{CR} = 2,094$$

$$M_{CR} = 653,686 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,940$$

$$\chi_{LT} = 0,736$$

$$M_{b,Rd} = 1628 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 0,736 = 425,364 \text{ kNm} > 127,619 \text{ kNm}$$

→ **HE 320A Vyhovuje na ohyb s vlivem klopení**

7. POSOUZENÍ SLOUPU NA INTERAKCI MOMENTU A NORMÁLOVÉ SÍLY

$$\frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{ED}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ED}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{ED}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} \cdot (1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} \\ c_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} \end{array} \right.$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z}{(c_{m,LT-0,25}) \cdot \chi_z} \cdot \frac{N_{ED}}{A \cdot f_{yd}} \\ 1 - \frac{0,1}{(c_{m,LT-0,25}) \cdot \chi_z} \cdot \frac{N_{ED}}{A \cdot f_{yd}} \end{array} \right.$$

$$c_{my} = 0,9$$

$$c_{m,LT} = 0,6$$

Kombinace 3

$$k_{yy} = 1,080$$

$$k_{zy} = 0,936$$

$$\frac{197,016 \cdot 10^3}{0,178 \cdot 12440 \cdot 355} + 1,080 \cdot \frac{127,619 \cdot 10^6}{0,736 \cdot 1628 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,57 \leq 1$$

$$\frac{197,016 \cdot 10^3}{0,198 \cdot 12440 \cdot 355} + 0,936 \cdot \frac{127,619 \cdot 10^6}{0,736 \cdot 1628 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,51 \leq 1$$

Interakce M+N = 0,57 < 1 → Vyhovuje

Interakce M+N = 0,51 < 1 → Vyhovuje

Kombinace 2

$$k_{yy} = 1,350$$

$$k_{zy} = 0,839$$

$$\frac{493,652 \cdot 10^3}{0,178 \cdot 12440 \cdot 355} + 1,350 \cdot \frac{95,394 \cdot 10^6}{0,736 \cdot 1628 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,93 \leq 1$$

$$\frac{493,652 \cdot 10^3}{0,198 \cdot 12440 \cdot 355} + 0,839 \cdot \frac{95,394 \cdot 10^6}{0,736 \cdot 1628 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,75 \leq 1$$

Interakce M+N = 0,93 < 1 → Vyhovuje

Interakce M+N = 0,75 < 1 → Vyhovuje

→ **HE 320A vyhovuje**

4.3.7 NÁVRH PŘÍHRADOVÝCH PRUTŮ

1. VNITŘNÍ SÍLY

Tab. 6 – Maximální normálové síly na jednotlivých prvcích příhradového vazníku

Tážené pruty		Kombinace zatížení
Prut	N_{ed} [kN]	
S	604,605	KZ1
H	142,747	KZ5
D1	347,066	KZ1
D2	42,599	KZ5
D3	144,403	KZ7
D4	10,608	KZ5
D5	11,946	KZ7
D6	43,086	KZ1
D7	52,767	KZ1
D8	3,366	KZ7
D9	11,535	KZ4
D10	142,541	KZ7
D11	42,599	KZ5
D12	363,443	KZ7
V1	17,737	KZ4
V2	1,226	KZ3
V3	9,674	KZ5
V4	1,011	KZ3
V5	9,675	KZ5
V6	1,592	KZ3
V7	9,675	KZ5
V8	0,992	KZ3
V9	9,674	KZ5
V10	1,183	KZ3
V11	9,716	KZ5

Tlačené pruty		Kombinace zatížení
Prut	N_{ed} [kN]	
S	101,944	KZ5
H	609,66	KZ7
D1	64,101	KZ4
D2	244,609	KZ7
D3	23,643	KZ5
D4	75,505	KZ7
D5	0	-
D6	12,204	KZ5
D7	12,204	KZ5
D8	1,785	KZ4
D9	68,863	KZ7
D10	23,643	KZ5
D11	250,156	KZ7
D12	62,242	KZ5
V1	43,044	KZ7
V2	0	-
V3	44,191	KZ7
V4	0,091	KZ7
V5	44,119	KZ7
V6	0	-
V7	45,449	KZ7
V8	0,194	KZ7
V9	48,064	KZ7
V10	0	-
V11	49,379	KZ7

2. POSOUZENÍ PRUTŮ VAZNÍKU

Posouzení tažených prutů:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = A [mm^2] \cdot 335 \cdot 10^{-3} = [kN]$$

Posouzení tlačných prutů:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \chi \cdot A [mm^2] \cdot 335 \cdot 10^{-3} = [kN]$$

Tab. 7 – Posouzení tažených prutů příhradové konstrukce

Tažené pruty						
Prut	N _{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	f _y [Mpa]	N _{Rd} [kN]	Využití [%]
S	604,605	TR127x10	3676	355	1304,98	46,33
H	142,747	TR133x12,5	4732	355	1679,86	8,50
D1	347,066	TR89x4	1068	355	379,14	91,54
D2	42,599	TR102x6,3	1894	355	672,37	6,34
D3	144,403	TR44,5x4	509	355	180,695	79,92
D4	10,608	TR82,5x4	987	355	350,385	3,03
D5	11,946	TR44,5x4	509	355	180,695	6,61
D6	43,086	TR44,5x4	509	355	180,695	23,84
D7	52,767	TR44,5x4	509	355	180,695	29,20
D8	3,366	TR44,5x4	509	355	180,695	1,86
D9	11,535	TR82,5x4	987	355	350,385	3,29
D10	142,541	TR44,5x4	509	355	180,695	78,88
D11	42,599	TR102x6,3	1894	355	672,37	6,34
D12	363,443	TR89x4	1068	355	379,14	95,86
V1	17,737	TR51x5	723	355	256,665	6,91
V2	1,226	TR40x4	452	355	160,46	0,76
V3	9,674	TR51x5	723	355	256,665	3,77
V4	1,011	TR40x4	452	355	160,46	0,63
V5	9,675	TR51x5	723	355	256,665	3,77
V6	1,592	TR40x4	452	355	160,46	0,99
V7	9,675	TR51x5	723	355	256,665	3,77
V8	0,992	TR40x4	452	355	160,46	0,62
V9	9,674	TR51x5	723	355	256,665	3,77
V10	1,183	TR40x4	452	355	160,46	0,74
V11	9,716	TR51x5	723	355	256,665	3,79

Tab. 8 – Posouzení tlačných prutů příhradové konstrukce v rovině

Tlačené pruty	v rovině											λ' (<200)	λ _i	λ'	α	φ	χ	N _{rd} [kN]	Využití [%]	Profil
	N _{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	f _y [Mpa]	L _{teor.} [mm]	L _{cr/L}	L _{cr,y} [mm]	i _y [mm]	i _x [mm]	L _{cr/L}	L _{cr,y} [mm]									
S	101,944	TR127x10	3676	355	2500	0,9	2250	41,5	54,21687	76,4	0,709658	0,49	0,88	0,719	937,89	10,87	TR127x10			
H	609,66	TR133x12,5	4732	355	2512	0,9	2260,8	42,8	52,82243	76,4	0,691406	0,34	0,82	0,789	1 324,64	46,02	TR133x12,5			
D1	64,101	TR89x4	1068	355	3202	0,9	2881,8	30,1	95,74086	76,4	1,253176	0,49	1,54	0,41	155,14	41,32	TR89x4			
D2	244,609	TR102x6,3	1894	355	3536	0,9	3182,4	33,9	93,87611	76,4	1,228768	0,49	1,51	0,42	282,58	86,56	TR102x6,3			
D3	23,643	TR44,5x4	509	355	3536	0,75	2652	14,4	184,1667	76,4	2,410603	0,49	3,95	0,14	25,55	92,54	TR44,5x4			
D4	75,505	TR82,5x4	987	355	3905	0,9	3514,5	27,8	126,4209	76,4	1,654754	0,49	2,23	0,27	94,35	80,03	TR82,5x4			
D5	0	TR44,5x4	509	355	3905	0,75	2928,75	14,4	203,3854	76,4	2,662162	0,49	4,65	0,12	21,37	0,00	TR44,5x4			
D6	12,204	TR44,5x4	509	355	4301	0,75	3225,75	14,4	224,0104	76,4	2,932128	0,49	5,47	0,10	17,92	68,10	TR44,5x4			
D7	12,204	TR44,5x4	509	355	4301	0,75	3225,75	14,4	224,0104	76,4	2,932128	0,49	5,47	0,10	17,92	68,10	TR44,5x4			
D8	1,785	TR44,5x4	509	355	3905	0,75	2928,75	12,8	228,8086	76,4	2,994932	0,49	5,67	0,10	17,24	10,36	TR44,5x4			
D9	68,863	TR82,5x4	987	355	3905	0,9	3514,5	27,8	126,4209	76,4	1,654754	0,49	2,23	0,27	94,35	72,99	TR82,5x4			
D10	23,643	TR44,5x4	509	355	3536	0,75	2652	14,4	184,1667	76,4	2,410603	0,49	3,95	0,14	25,55	92,54	TR44,5x4			
D11	250,156	TR102x6,3	1894	355	3536	0,9	3182,4	33,9	93,87611	76,4	1,228768	0,49	1,51	0,42	282,58	88,53	TR102x6,3			
D12	62,242	TR89x4	1068	355	3202	0,9	2881,8	30,1	95,74086	76,4	1,253176	0,49	1,54	0,41	155,14	40,12	TR89x4			
V1	43,044	TR51x5	723	355	2250	0,75	1687,5	16,4	102,8963	76,4	1,346836	0,49	1,69	0,37	94,87	45,37	TR51x5			
V2	0	TR40x4	452	355	2500	0,75	1875	12,8	146,4844	76,4	1,91737	0,49	2,76	0,21	33,83	0,00	TR40x4			
V3	44,191	TR51x5	723	355	2750	0,75	2062,5	16,4	125,7622	76,4	1,646132	0,49	2,21	0,27	69,70	63,40	TR51x5			
V4	0,091	TR40x4	452	355	3000	0,75	2250	12,8	175,7813	76,4	2,300844	0,49	3,66	0,15	24,65	0,37	TR40x4			
V5	44,119	TR51x5	723	355	3250	0,75	2437,5	16,4	148,628	76,4	1,945429	0,49	2,82	0,21	52,80	83,56	TR51x5			
V6	0	TR40x4	452	355	3500	0,75	2625	12,8	205,0781	76,4	2,684318	0,49	4,71	0,12	18,69	0,00	TR40x4			
V7	45,449	TR51x5	723	355	3250	0,75	2437,5	16,4	148,628	76,4	1,945429	0,49	2,82	0,21	52,80	86,08	TR51x5			
V8	0,194	TR40x4	452	355	3000	0,75	2250	12,8	175,7813	76,4	2,300844	0,49	3,66	0,15	24,65	0,79	TR40x4			
V9	48,064	TR51x5	723	355	2750	0,75	2062,5	16,4	125,7622	76,4	1,646132	0,49	2,21	0,27	69,70	68,96	TR51x5			
V10	0	TR40x4	452	355	2500	0,75	1875	12,8	146,4844	76,4	1,91737	0,49	2,76	0,21	33,83	0,00	TR40x4			
V11	49,379	TR51x5	723	355	2250	0,75	1687,5	16,4	102,8963	76,4	1,346836	0,49	1,69	0,37	94,87	52,05	TR51x5			

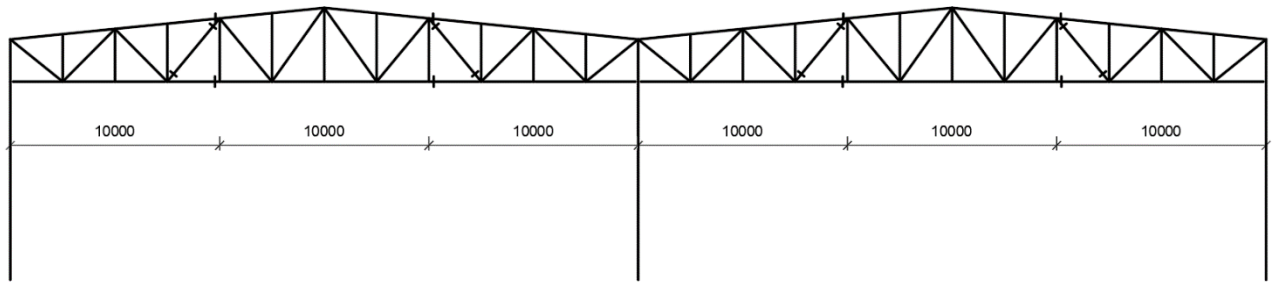
Tab. 9 – Posouzení tlačných prutů příhradové konstrukce z roviny

Prut	N_{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	f_y [Mpa]	$L_{teor.}$ [mm]	z roviny	$L_{cr,z}$ [mm]	i_z [mm]	$\lambda (<200)$	λ_1	λ'	α	ϕ	χ	N_{rd} [kN]	Využití [%]	Profil
S	101,944	TR127x10	3676	355	10000		10000	41,5	240,9639	76,4	3,154035	0,49	6,20	0,09	113,15	90,09	TR127x10
H	609,66	TR133x12,5	4732	355	5000		4500	42,8	105,1402	76,4	1,376206	0,34	1,65	0,39	658,36	92,60	TR133x12,5
D1	64,101	TR89x4	1068	355	3202		2881,8	30,1	95,74086	76,4	1,253176	0,49	1,54	0,41	155,14	41,32	TR89x4
D2	244,609	TR102x6,3	1894	355	3536		3182,4	33,9	93,87611	76,4	1,228768	0,49	1,51	0,42	282,58	86,56	TR102x6,3
D3	23,643	TR44,5x4	509	355	3536		2652	14,4	184,1667	76,4	2,410603	0,49	3,95	0,14	25,55	92,54	TR44,5x4
D4	75,505	TR82,5x4	987	355	3905		3514,5	27,8	126,4209	76,4	1,654754	0,49	2,23	0,27	94,35	80,03	TR82,5x4
D5	0	TR44,5x4	509	355	3905		2928,75	14,4	203,3854	76,4	2,662162	0,49	4,65	0,12	21,37	0,00	TR44,5x4
D6	12,204	TR44,5x4	509	355	4301		3225,75	14,4	224,0104	76,4	2,932128	0,49	5,47	0,10	17,92	68,10	TR44,5x4
D7	12,204	TR44,5x4	509	355	4301		3225,75	14,4	224,0104	76,4	2,932128	0,49	5,47	0,10	17,92	68,10	TR44,5x4
D8	1,785	TR44,5x4	509	355	3905		2928,75	12,8	228,8086	76,4	2,994932	0,49	5,67	0,10	17,24	10,36	TR44,5x4
D9	68,863	TR82,5x4	987	355	3905		3514,5	27,8	126,4209	76,4	1,654754	0,49	2,23	0,27	94,35	72,99	TR82,5x4
D10	23,643	TR44,5x4	509	355	3536		2652	14,4	184,1667	76,4	2,410603	0,49	3,95	0,14	25,55	92,54	TR44,5x4
D11	250,156	TR102x6,3	1894	355	3536		3182,4	33,9	93,87611	76,4	1,228768	0,49	1,51	0,42	282,58	88,53	TR102x6,3
D12	62,242	TR89x4	1068	355	3202		2881,8	30,1	95,74086	76,4	1,253176	0,49	1,54	0,41	155,14	40,12	TR89x4
V1	43,044	TR51x5	723	355	2250		1687,5	16,4	102,8963	76,4	1,346836	0,49	1,69	0,37	94,87	45,37	TR51x5
V2	0	TR40x4	452	355	2500		1875	12,8	146,4844	76,4	1,91737	0,49	2,76	0,21	33,83	0,00	TR40x4
V3	44,191	TR51x5	723	355	2750		2062,5	16,4	125,7622	76,4	1,646132	0,49	2,21	0,27	69,70	63,40	TR51x5
V4	0,091	TR40x4	452	355	3000		2250	12,8	175,7813	76,4	2,300844	0,49	3,66	0,15	24,65	0,37	TR40x4
V5	44,119	TR51x5	723	355	3250		2437,5	16,4	148,628	76,4	1,945429	0,49	2,82	0,21	52,80	83,56	TR51x5
V6	0	TR40x4	452	355	3500		2625	12,8	205,0781	76,4	2,684318	0,49	4,71	0,12	18,69	0,00	TR40x4
V7	45,449	TR51x5	723	355	3250		2437,5	16,4	148,628	76,4	1,945429	0,49	2,82	0,21	52,80	86,08	TR51x5
V8	0,194	TR40x4	452	355	3000		2250	12,8	175,7813	76,4	2,300844	0,49	3,66	0,15	24,65	0,79	TR40x4
V9	48,064	TR51x5	723	355	2750		2062,5	16,4	125,7622	76,4	1,646132	0,49	2,21	0,27	69,70	68,96	TR51x5
V10	0	TR40x4	452	355	2500		1875	12,8	146,4844	76,4	1,91737	0,49	2,76	0,21	33,83	5,28	TR40x4
V11	49,379	TR51x5	723	355	2250		1687,5	16,4	102,8963	76,4	1,346836	0,49	1,69	0,37	94,87	52,05	TR51x5

Všechny pruty vyhovují

4.3.8 NÁVRH MONTÁŽNÍHO STYKU HORNÍHO PÁSU VAZNÍKU

Obr. 19 – Označení míst montážních styků vazníku

**1. VNITŘNÍ SÍLY:****KZ 5**

$$N_{t,d} = 142,747 \text{ kN}$$

2. NÁVRH ŠROUBŮ:

Navrhuji šrouby M20 8.8

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

Únosnost šroubů v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 245 \cdot 800}{1,25} = 141,120 \text{ kN}$$

3. NÁVRH DESKY:

Rozměry – 253 x 150 [mm]

$$t_e = 4,3 \cdot \left(\frac{b \cdot d^2}{a}\right)^{\frac{1}{3}} = 4,3 \cdot \left(\frac{30 \cdot 20^2}{30}\right)^{\frac{1}{3}} = 31,68 \text{ mm}$$

Nejmenší tloušťka plechu při které nedojde k páčení.

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{31,68^3 - 20^3}{20^2} = 1,297 [-]$$

4. POSOUZENÍ ŠROUBŮ NA ÚNOSNOST V TAHU S VLIVEM PÁČENÍ:

$$\gamma_p \cdot N_{t,d} < 2 \cdot F_{t,Rd}$$

$$1,297 \cdot 142,747 < 2 \cdot 141,120 \text{ [kN]}$$

$$185,143 < 282,240 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **2 x M20 8.8 vyhovuje na tah**

5. NÁVRH SVARU:

Navrhuji koutový svar $a_w = 5 \text{ mm}$

$$\tau = \sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{t,d}}{a_w \cdot \pi \cdot D} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{142,747 \cdot 10^3}{5 \cdot \pi \cdot 133} = 48,315 \text{ MPa}$$

6. POSOUZENÍ SVARU:

$$\beta_w = 0,9$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\tau^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \text{ [MPa]}$$

$$\sqrt{48,315^2 + 3 \cdot (48,315^2)} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} \text{ [MPa]}$$

$$96,63 \leq 435,56 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **Koutový svar $a_w = 5 \text{ mm}$ vyhovuje**

4.3.9 NÁVRH MONTÁŽNÍHO STYKŮ SPODNÍHO PÁSU VAZNÍKU1. VNITŘNÍ SÍLY:KZ 1

$$N_{t,d} = 604,605 \text{ kN}$$

2. NÁVRH ŠROUBŮ:

Navrhuji šrouby M24 10.9

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

Únosnost šroubů v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 353 \cdot 1000}{1,25} = 254,160 \text{ kN}$$

3. NÁVRH DESKY:

Rozměry – kruhová deska o průměru 257 mm

$$t_e = 4,3 \cdot \left(\frac{b \cdot d^2}{a}\right)^{\frac{1}{3}} = 4,3 \cdot \left(\frac{35 \cdot 20^2}{30}\right)^{\frac{1}{3}} = 33,35 \text{ mm}$$

Nejmenší tloušťka plechu při které nedojde k páčení.

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{33,35^3 - 20^3}{20^2} = 1,364 [-]$$

4. POSOUZENÍ ŠROUBŮ NA ÚNOSNOST V TAHU S VLIVEM PÁČENÍ:

$$\gamma_p \cdot N_{t,d} < 4 \cdot F_{t,Rd}$$

$$1,364 \cdot 604,605 < 4 \cdot 254,160 \text{ [kN]}$$

$$824,68 < 1016,64 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **2 x M24 10.9 vyhovuje na tah**

5. NÁVRH SVARU:

Navrhuji koutový svar $a_w = 5 \text{ mm}$

$$\tau = \sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{t,d}}{a_w \cdot \pi \cdot D} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{604,605 \cdot 10^3}{5 \cdot \pi \cdot 133} = 214,305 \text{ MPa}$$

6. POSOUZENÍ SVARU:

$$\beta_w = 0,9$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\tau^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \text{ [MPa]}$$

$$\sqrt{214,305^2 + 3 \cdot (214,305^2)} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} \text{ [MPa]}$$

$$428,61 \leq 435,56 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **Koutový svar $a_w = 5 \text{ mm}$ vyhovuje**

4.3.10 NÁVRH MONTÁŽNÍHO PŘÍPOJE DIAGONÁLY VAZNÍKU

1. VNITŘNÍ SÍLY:

KZ 7

$$N_{Ed} = 75,505 \text{ kN}$$

2. NÁVRH ŠROUBŮ:

Navrhuji šrouby M20 8.8

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

3. POSOUZENÍ ŠROUBŮ NA ÚNOSNOST VE STŘIHU:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 245 \cdot 800}{1,25} = 188,160 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 75,505 \leq F_{v,Rd} = 188,160 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4. POSOUZENÍ ŠROUBŮ NA ÚNOSNOST V OTLAČENÍ:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 490}{1,25} = 119,168 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{49,25}{22} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right)$$

$$e_2 = 49,25 \text{ mm}$$

$$e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm (tloušťka plechu)}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa (mez pevnosti materiálu spojovaných prvků)}$$

$$d_0 = 22 \text{ mm (průměr otvoru)}$$

$$N_{Ed} = 75,505 \leq F_{b,Rd} = 119,168 \text{ [kN]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

2 x M20 8.8 vyhovuje na střih a otláčení

5. NÁVRH SVARU:

Navrhují koutový svar $a_w = 4 \text{ mm}$, $L_w = 57 \text{ mm}$

$$\tau_{II} = \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L_w} = \frac{75,505 \cdot 10^3}{5 \cdot 57 \cdot 4} = 66,232 \text{ MPa}$$

6. POSOUZENÍ SVARU:

$$\beta_w = 0,9$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\tau^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \text{ [MPa]}$$

$$\sqrt{0 + 3 \cdot (0 + 75,505^2)} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} \text{ [MPa]}$$

$$130,78 \leq 435,56 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **Koutový svar $a_w = 4 \text{ mm}$, L_w vyhovuje**

ZÁVĚR

Vnitřní síly a deformace potřebné pro posouzení byly vypočteny v programu Dlubal RFEM 5.26. Modelem byl 2D příhradový vazník. Jednotlivé prvky byly posouzeny z hlediska MSÚ a MSP dle platných norem. Výkresová dokumentace je součástí přílohy bakalářské práce.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Půdorys.....	51
Obrázek 2: Příčný řez.....	51
Obrázek 3: Určení součinitele expozice.....	53
Obrázek 4: Závislost dynamického tlaku na výšce.....	53
Obrázek 5: Příčný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí.....	54
Obrázek 6: Podélný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí.....	55
Obrázek 7: Příčný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí.....	56
Obrázek 8: Podélný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí.....	57
Obrázek 9: Zatěžovací šířka IPE vaznice.....	59
Obrázek 10: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 1.....	67
Obrázek 11: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 7.....	67
Obrázek 12: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 4.....	67
Obrázek 13: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 8.....	68
Obrázek 14: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 5.....	68
Obrázek 15: Ohybový moment „My“ na prvcích od kombinace KZ 3.....	68
Obrázek 16: Ohybový moment „My“ na prvcích od kombinace KZ 2.....	69
Obrázek 17: Vodorovný posun „ δ_x “ na prvcích od ZS3 (vítr příčný) [mm].....	70
Obrázek 18: Svislý průhyb „ δ^z “ na prvcích od ZS5 (sníh vlevo) [mm].....	70
Obrázek 19: Označení míst montážních styků vazníku	80

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Maximální tlak	59
Tabulka 2: Působící síly od vlastní tíhy	62
Tabulka 3: Působící síly od podélného větru	62
Tabulka 4: Působící síly od příčného větru	63
Tabulka 5: Maximální vnitřní síly na jednotlivých prvcích	66
Tabulka 6: Maximální normálové síly na jednotlivých prvcích příhradového vazníku	76
Tabulka 7: Posouzení tažených prutů příhradové konstrukce	77
Tabulka 8 : Posouzení tlačných prutů příhradové konstrukce v rovině.....	78
Tabulka 9 : Posouzení tlačných prutů příhradové konstrukce	79

Varianta C – 3D příhradový vazník

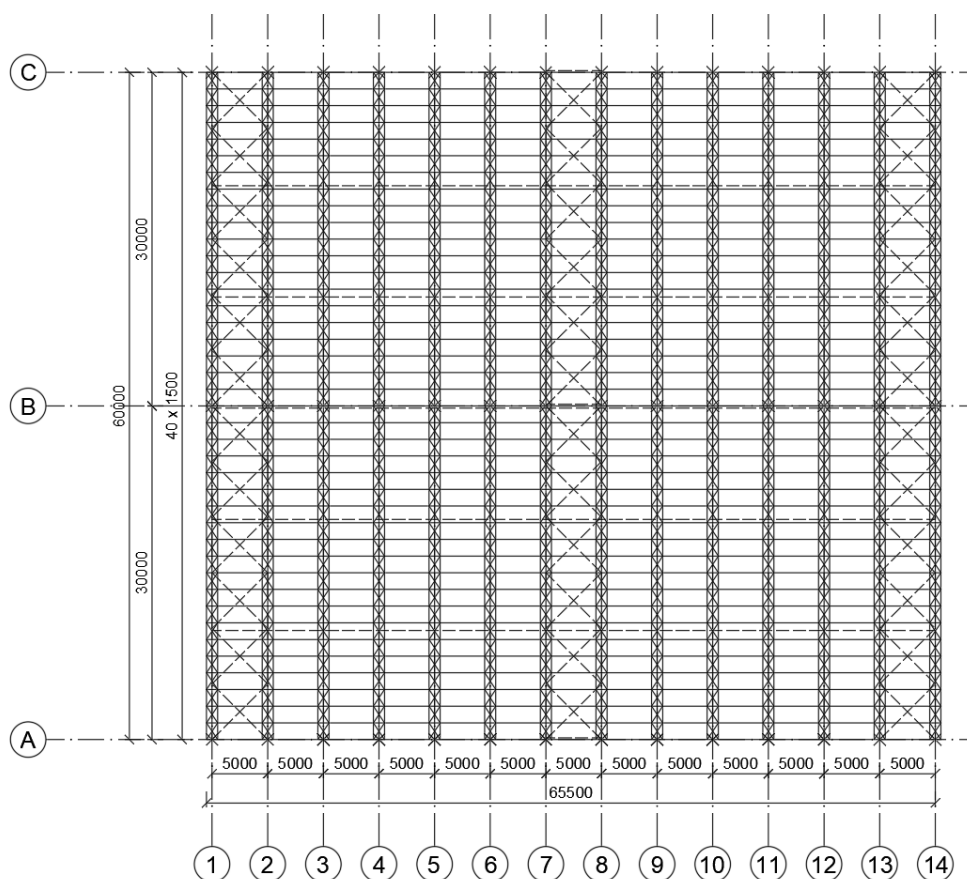
1 POPIS OBJEKTU

Předmětem návrhu je variantní zastřešení dvouúhlní ocelový haly o rozpětí 2 krát 30 metrů a délce 65 metrů. Příčné vazby jsou navrženy jako obloukové 3D příhradové vazníky a jsou od sebe vzdáleny 5 metrů.

2 DISPOZICE

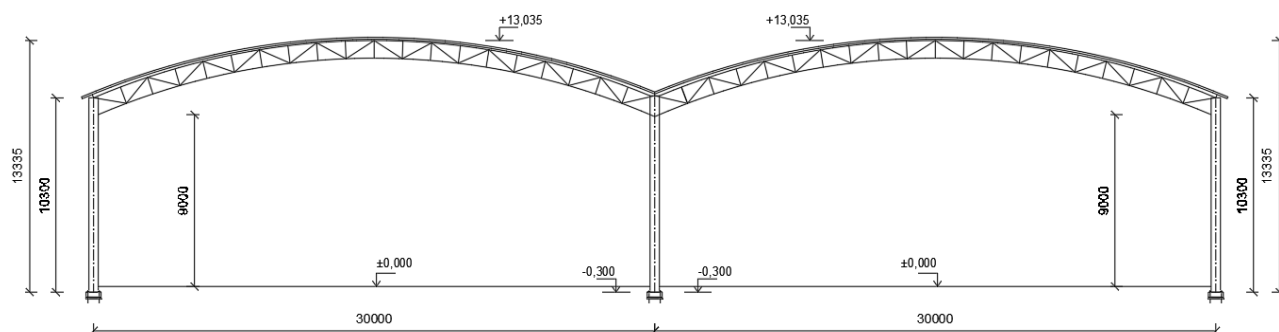
Obr.1

Půdorys



Obr.2

Příčný řez



3 ZATÍŽENÍ

Výpočet byl provedený v souladu s normou ČSN EN 1991-1. Lokalita, do který je hala zasazená leží v České republice, v městě Trutnov, v V. sněhové oblasti a ve II. větrné oblasti.

3.1 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

3.1.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

1. CHARAKTERISTICKÁ HODNOTA PLOŠNÉHO ZATÍŽENÍ SNĚHEM:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

μ_i = tvarový součinitel

$$\mu_{i1} = 0,8$$

$$\mu_{i2} = 0,8 + 0,8 \cdot \alpha/30 = 1,093$$

C_e = součinitel expozice pro otevřenou krajinu = 1

C_t = tepelný součinitel = 1

s_k = charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi = 2,5 kN/m²

$$s_{s1} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5 = \underline{2,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{s2} = 1,093 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5 = \underline{2,73 \text{ kN/m}^2}$$

2. NÁVRHOVÁ HODNOTA ZATÍŽENÍ SNĚHEM:

$$s_d = s \cdot \gamma_Q$$

γ_Q = dílčí součinitel proměnného zatížení = 1,5

$$s_{d1} = 2,0 \cdot 1,5 = \underline{3,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{d2} = 2,73 \cdot 1,5 = \underline{4,095 \text{ kN/m}^2}$$

3.1.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

1. ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} \text{ [m/s]}$$

C_{dir} = součinitel směru větru = 1 (doporučená hodnota)

C_{season} = součinitel ročního období = 1 (doporučená hodnota)

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

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 25 = \underline{25 \text{ m/s}}$$

2. ZÁKLADNÍ TLAK VĚTRU:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

Sklon střechy:

$$\alpha = 11^\circ$$

$$\rho = \text{měrná hmotnost vzduchu} = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_b = (1,25 \cdot 25^2)/2 = \underline{390,63 \text{ Pa}}$$

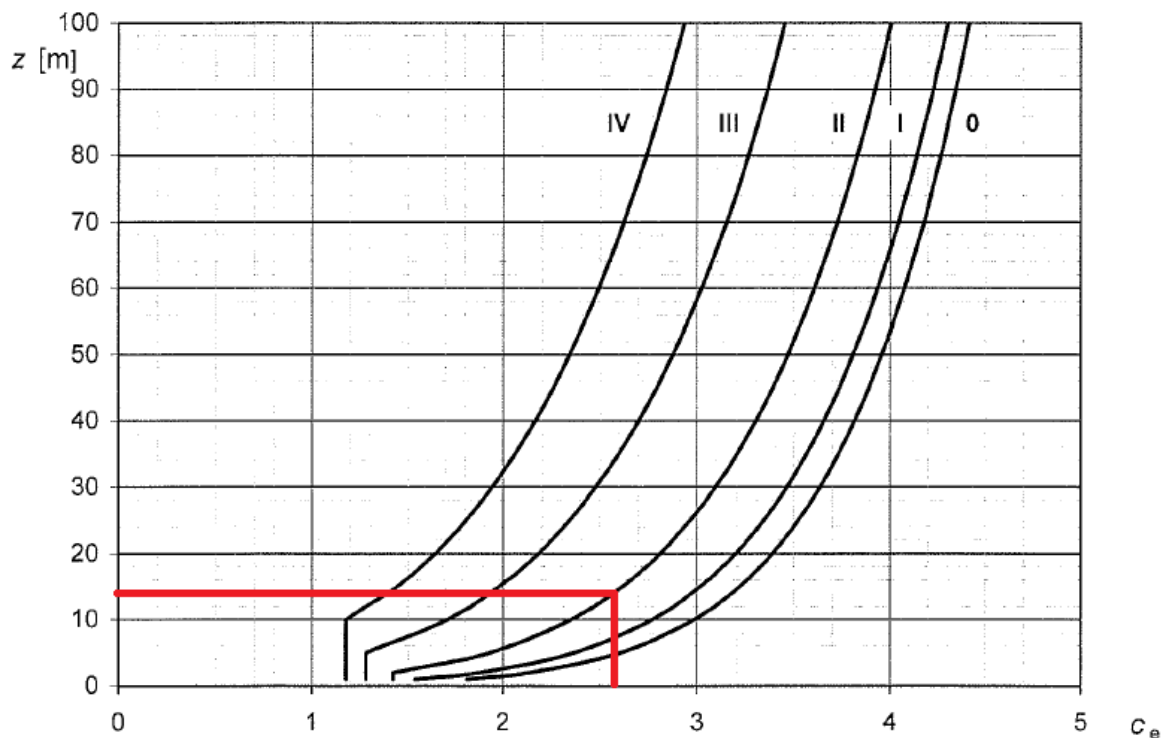
3. MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p = C_{e(z)} \cdot q_b \text{ [Pa]}$$

$C_{e(z)}$ = součinitel expozice – kategorie terénu II - viz. obr. 3 = 2,6

$$Z = 13,335 \text{ m}$$

Obr. 3 – Určení součinitele expozice



$$q_p = 2,6 \cdot 390,63 = \underline{1015,638 \text{ Pa} = 1,016 \text{ kN/m}^2}$$

4. TLAK VĚTRU NA VNĚJŠÍ POVRCH

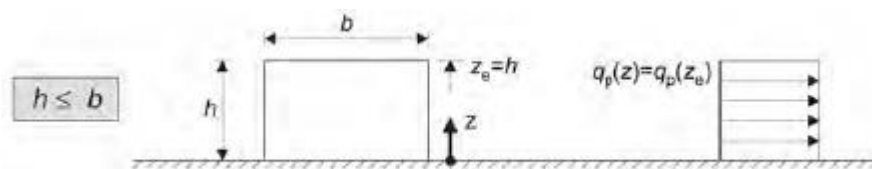
$$w_e = q_p \cdot C_{pe,10} \text{ [Pa]}$$

Návětrné plochy jsou větší než $10 \text{ m}^2 \rightarrow$ používáme $C_{pe,10}$

5. SVISLÉ STĚNY :

Vítr příčný:

Obr. 4 – Závislost dynamického tlaku na výšce



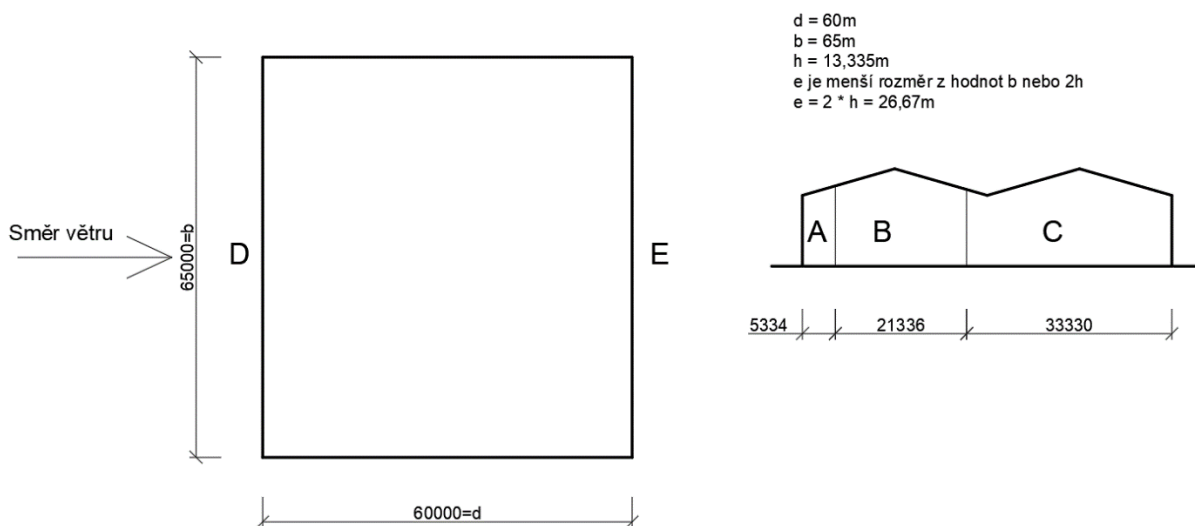
$$h/d = 13,335/60 = 0,222$$

Tabulka 7.1 – Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,20	1,016	-1,219
B	-0,80	1,016	-0,813
C	-0,50	1,016	-0,508
D	0,70	1,016	0,711
E	-0,30	1,016	-0,305

Obr. 5 – příčný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí



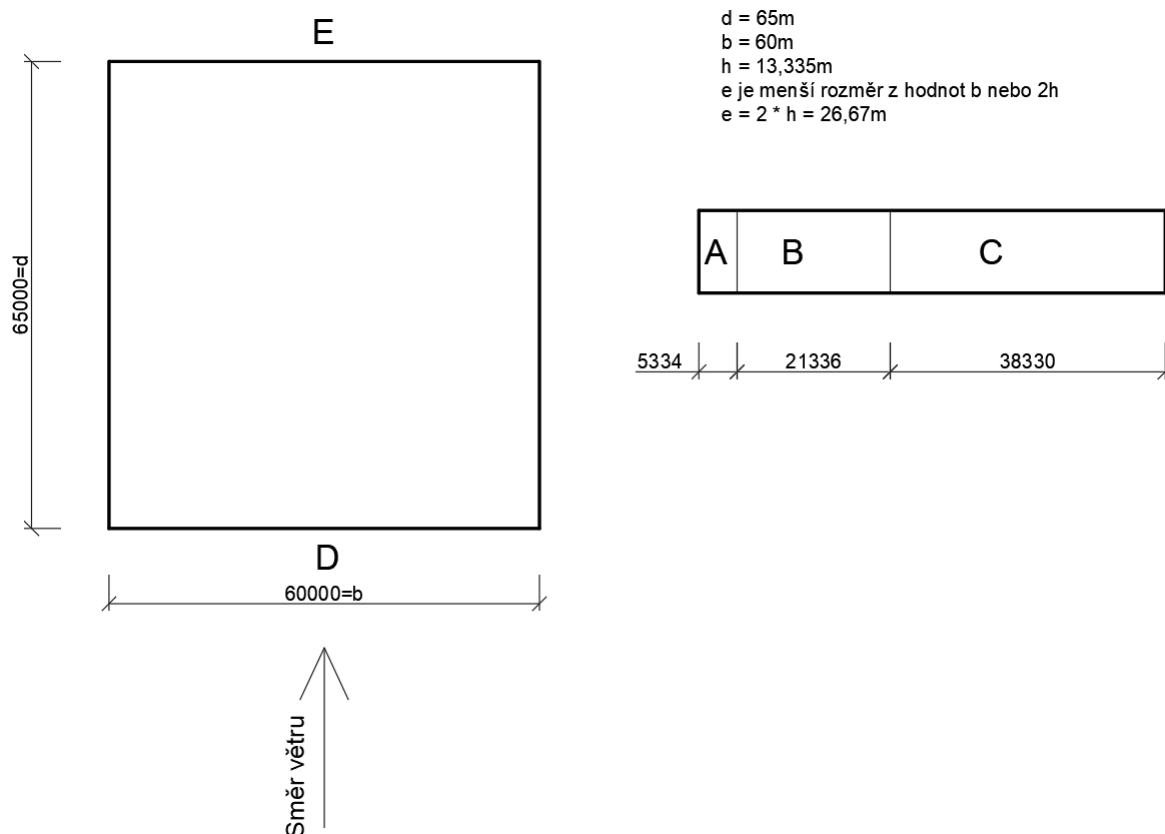
Vítr podélný:

$h/d = 13,335/65 = 0,21 < 0,25$

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,20	1,016	-1,219
B	-0,80	1,016	-0,813
C	-0,50	1,016	-0,508
D	0,70	1,016	0,711
E	-0,30	1,016	-0,305

Obr. 6 – podélný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí

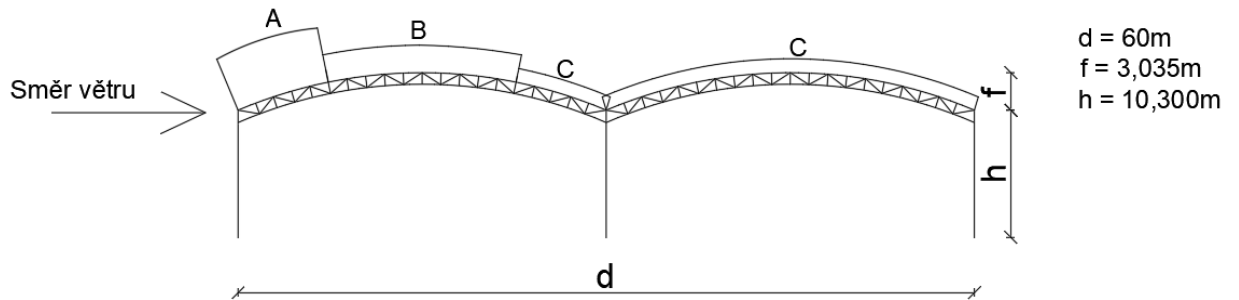


6. STŘECHA:

Vítr příčný (směr $\theta = 0^\circ$):

Oblast	$C_{pe,10}$		q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]	
	sání	tlak		sání	tlak
A	-1,2	0,19	1,016	-1,219	0,193
B	-0,8	0	1,016	-0,813	0
C	-0,4	0	1,016	-0,406	0

Obr. 7 – příčný vítr, oblouková střecha, rozložení oblastí



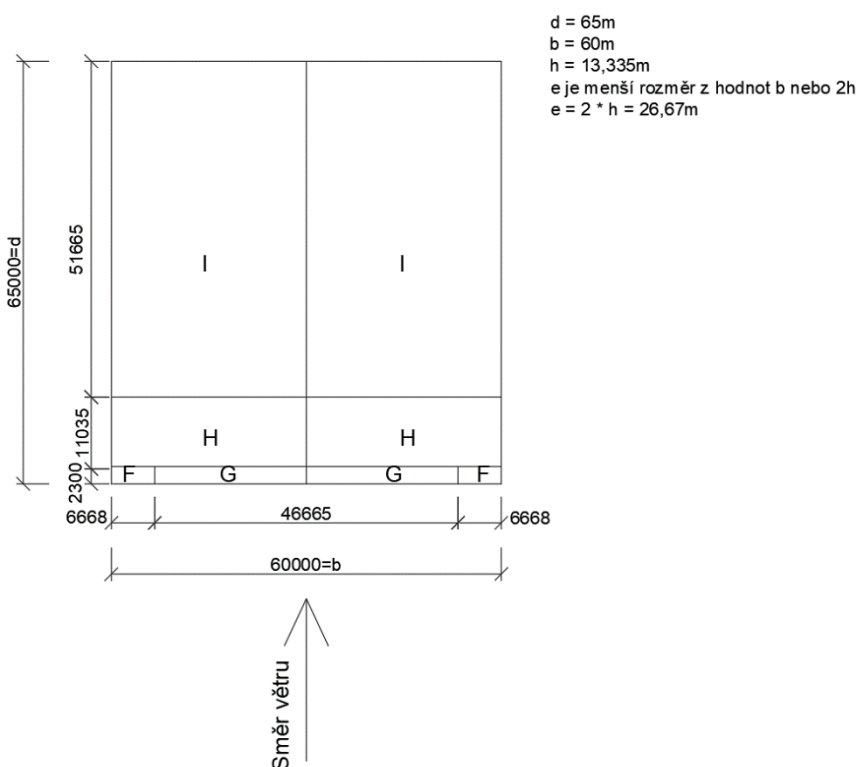
Vítr podélný (směr $\theta = 90^\circ$):

Poznámka: schému pro působení podélného větru uvažuju jako pro sedlové střechy, s přispůsobeným sklonem střechy

$\alpha_1 = 11^\circ$ (interpolace mezi 5° a 15°)

Oblast	$C_{pe,10}$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
$\alpha = 11^\circ$			
F	-1,40	1,016	-1,422
G	-1,30	1,016	-1,321
H	-0,62	1,016	-0,630
I	-0,50	1,016	-0,508

Obr. 8 – podélný vítr, oblouková střecha, rozložení oblastí



4 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

4.1 NÁVRH STŘEŠNÍ KRYTINY

ZDROJE INFORMACÍ: WWW.KINGSPAN.COM

4.1.1 IZOLAČNÍ STŘEŠNÍ PANELE

Charakteristické zatížení sněhem = 2,73 kN/m²

Maximální charakteristické zatížení sáním větru = -1,422 kN/m²

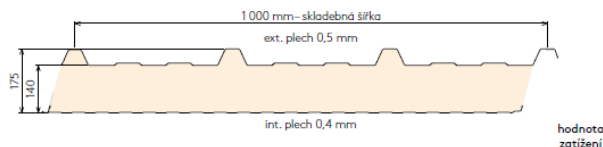
Rozpon = 1,50 m

Spojité nosník o 3 a více polích

Dle tabulek výrobce

Střešní panel KS1000 RW 140

exteriérový plech 0,5 mm, S320GD profilace „trapez“
interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



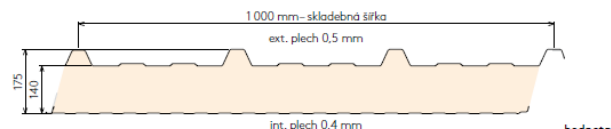
statický systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m ²]																			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
prostý nosník	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
spojitý nosník o 2 polích	I, II, III (f)	7,49	5,29	4,17	3,49	3,05	2,70	2,44	2,24	2,07	1,94	1,82	1,72	1,64	1,50	1,38	1,28	1,20	1,13	1,07	1,02
spojitý nosník o 3 polích	I, II, III (f)	8,43	5,90	4,62	3,85	3,33	2,95	2,66	2,44	2,26	2,11	1,99	1,82	1,64	1,50	1,38	1,28	1,20	1,13	1,07	1,02

barevná skupina (zatřídění dle odstínu v RAL)
(f) - přípustná deformace pro krátkodobé zatížení L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podpory

AA - min. šířka krajní podpory [mm]
X,XX - max. rozpon [m]
BB - min. šířka střední podpory [mm]

Střešní panel KS1000 RW 140

exteriérový plech 0,5 mm, S320GD profilace „trapez“
interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



statický systém	barevná skupina	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 (f)	8,66	8,66	7,09	6,05	5,37	4,87	4,50	4,20	3,95	3,75	3,57	3,42	3,28	3,16	3,06	2,96	2,87	2,79	2,72	2,65
	II (f)	8,66	8,66	7,09	6,05	5,37	4,87	4,50	4,20	3,95	3,75	3,57	3,42	3,28	3,16	3,06	2,96	2,87	2,79	2,72	2,65
	III (f)	8,66	7,61	6,72	6,03	5,37	4,87	4,50	4,20	3,95	3,75	3,57	3,42	3,28	3,16	3,06	2,96	2,87	2,79	2,72	2,65
spojitý nosník o 2 polích	I (f)	10,46	7,71	5,25	4,09	3,40	2,95	2,62	2,37	2,17	2,00	1,87	1,76	1,66	1,57	1,49	1,43	1,37	1,31	1,26	1,22
	II (f)	10,46	7,19	4,89	3,82	3,19	2,77	2,47	2,24	2,06	1,91	1,79	1,68	1,59	1,51	1,44	1,38	1,32	1,27	1,23	1,18
	III (f)	10,46	6,37	4,33	3,41	2,88	2,52	2,27	2,07	1,92	1,78	1,68	1,58	1,50	1,43	1,37	1,31	1,26	1,22	1,18	1,14
spojitý nosník o 3 polích	I (f)	13,20	8,97	6,13	4,71	3,86	3,30	2,90	2,60	2,36	2,18	2,02	1,89	1,78	1,68	1,60	1,53	1,46	1,41	1,35	1,31
	II (f)	13,20	8,73	5,87	4,50	3,69	3,15	2,77	2,49	2,27	2,09	1,94	1,82	1,72	1,63	1,55	1,48	1,42	1,37	1,32	1,27
	III (f)	13,20	8,17	5,45	4,17	3,42	2,93	2,58	2,32	2,12	1,96	1,84	1,72	1,63	1,55	1,48	1,42	1,36	1,31	1,26	1,22

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplyvá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

barevná skupina (zatřídění dle odstínu v RAL)
(f) - přípustná deformace pro krátkodobé zatížení L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podpory

max. rozpon [m]

Střešní izolační panel Kingspan KS1000 RW 140 vyhovuje

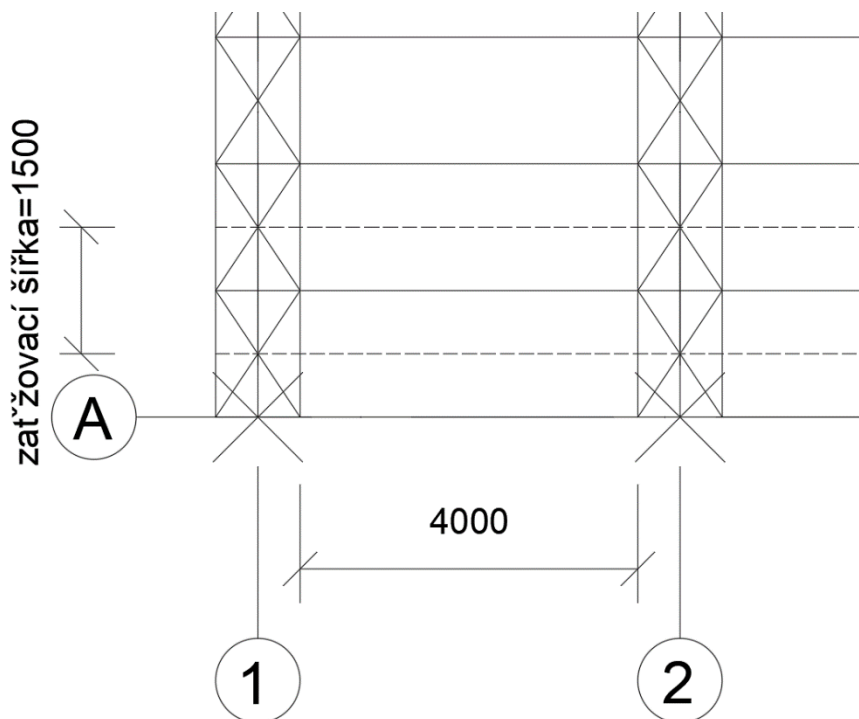
4.1.2 VAZNICE

1. ZATÍŽENÍ VAZNICE

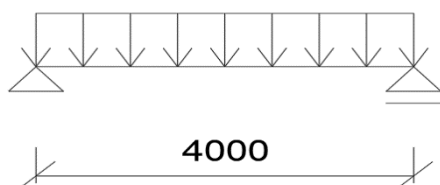
Poznámka: rozteč vaznic uvažuju konstantně vzdálené 1500mm od sebe, ve skutečnosti

(kvůli obloukovému nosníku) se jejich rozteč mírně liší.

Obr. 9 – zatěžovací šířka IPE vaznice



Statické schéma – spojitý nosník o 1 poli



Tab. 1 – Maximální tlak

Druh zatížení	Původ zatížení	Výpočet [kN/m']	F _k [kN/m']	γ _f [-]	F _d [kN/m']
Stálé	Izolační panely	0,132 · 1,5	0,198	1,35	0,267
Stálé	IPE vaznice (odhad)	0,184	0,184	1,35	0,248
Proměnné	Sníh	2,730 · 1,5	4,095	1,5	6,143
		Σ	4,477		6,658

2. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL VAZNICE

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + s_d) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (6,658) \cdot 5,0^2 = 20,810 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + s_d) \cdot L = \frac{1}{2} \cdot (6,658) \cdot 5,0 = 16,645 \text{ kN}$$

3. NÁVRH PROFILU IPE

Protože nosník je zajištěn proti ztrátě příčné a torzní stability a lze očekávat, že bude splňovat požadavky pro průřez 1. třídy, je možné stanovit nutný plastický průřezový modul podle vztahu:

$$W_{pl,y,min} = \frac{M_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{25,344 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{355} = 82,100 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Návrh IPE 160} - W_{pl,y} = 123,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 > 82,100 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 869,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{v,z} = 966 \text{ mm}^2$$

Zatřídění průřezu:

$$\text{Stojina: } \frac{d}{t_w} = \frac{127,2}{5,0} = 25,44 < 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,32 \rightarrow \text{1. třída}$$

$$\text{Pásnice: } \frac{c}{t_f} = \frac{41}{7,4} = 5,54 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 0,81 = 7,29 \rightarrow \text{1. třída}$$

Moment únosnosti IPE 180:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123,9 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,15} = 38,247 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 38,247 \text{ kNm} > M_{Ed} = 20,810 \text{ kNm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{966 \cdot 355}{1,15 \cdot \sqrt{3}} = 172,166 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 172,166 \text{ kN} > V_{Ed} = 16,645 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení MSP

$$\delta_{max} = \frac{L}{200} = \frac{5000}{200} = 25,0 \text{ mm}$$

$$\delta = \delta_G + \delta_Q = \frac{5 \cdot (g_k + g_k^{IPE}) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{5 \cdot s_k \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot (0,382) \cdot 5000^4}{384 \cdot 210000 \cdot 869,3 \cdot 10^4} + \frac{5 \cdot 4,095 \cdot 5000^4}{384 \cdot 210000 \cdot 869,3 \cdot 10^4} = 19,96 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} > \delta$$

$$25,00 \text{ mm} > 19,96 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vaznice IPE 160 vyhovuje

4.2 NÁVRH OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ

ZDROJE INFORMACÍ: WWW.KINGSPAN.COM

Maximální charakteristická hodnota sání na svislé stěny: -1,22 kN/m²

Maximální charakteristická hodnota tlaku na svislé stěny: 0,71 kN/m²

Rozpon = 5m

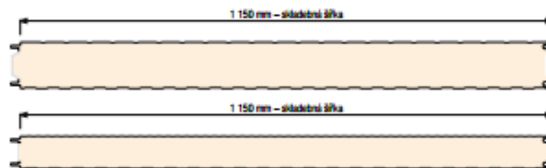
Prostý nosník

Dle tabulek výrobce

Tabulky únosnosti | KS1150 NF/TF

Stěnový panel KS1150 NF/TF 200

plech vnější/vnitřní 0,6/0,4 mm, profilace M/Q, S280GD podle ČSN EN 14509



		TLAK								
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení							[kN/m ²]	Význam hodnot v tabulce:
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75		
prostý nosník ▲	I., II., III.	40	58	76	92	105	118	129	140	AA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BB min. šířka střední podpory [mm]
		16,48	12,23	9,99	8,65	7,74	7,06	6,54	6,12	
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	40	40	47	62	77	90	102	114	Příklady zařazení odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Přípustná deformace: - pro krátkodobé zatížení L/200 - pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
		10,72	8,25	7,16	6,50	6,04	5,69	5,40	5,14	
	60	61	95	125	153	180	204	227		
	II.	40	40	47	62	77	90	102	114	
		10,72	8,25	7,16	6,50	6,04	5,69	5,40	5,14	
	60	61	95	125	153	180	204	227		
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I.	40	43	59	73	86	98	109	119	
		14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36	
	60	86	118	146	172	196	218	239		
	II.	40	43	59	73	86	98	109	119	
		14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36	
	60	86	118	146	172	196	218	239		
III.	40	43	59	73	86	98	109	119		
	14,02	10,07	8,32	7,29	6,59	6,07	5,68	5,36		
60	86	118	146	172	196	218	239			

		SÁNÍ								
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení							[kN/m ²]	Význam hodnot v tabulce:
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75		
prostý nosník ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	X,XX max. rozpon [m]
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	Příklady zařazení odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Přípustná deformace: - pro krátkodobé zatížení L/200 - pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,20	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	II.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	
	III.	13,46	9,52	7,77	6,73	6,02	5,50	5,09	4,76	

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

Stěnový izolační panel Kingspan KS1150 NF vyhovuje

4.3 NÁVRH NOSNÝCH PRVKŮ

ZDROJE INFORMACÍ:

ČSN EN 1993-1-1

OCELOVÉ KONSTRUKCE – TABULKY

4.3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Osová vzdálenost příčných vazeb = 5m

1. ZS 1: VLASTNÍ TÍHA

Tab. 2 – Působící síly od vlastní tíhy

Vlastní tíha vazníku zohlední software.

Vlastní tíha	výpočet: zš · plošné zatížení	Fk [kN/m']
Střešní izolační panely	5 · 0,132	0,660
IPE 160 vaznice	přepočítáno na spojitě zatížení = (0,158 · 5)/1,5	0,527
Stěnové izolační panely	5 · 0,211	1,055
	Σ	2,374

Síly do uzlů:

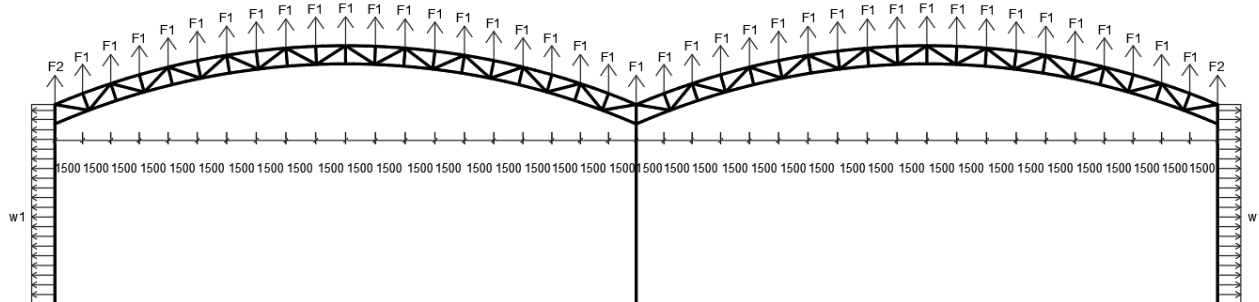
$$F1 = 0,660 \cdot 1,5 + 0,527 \cdot 1,5 = \mathbf{1,782 \text{ kN}}$$

$$F2 = 0,660 \cdot 1,15 + 0,527 \cdot 1,15 = \mathbf{1,365 \text{ kN}}$$

2. ZS 2: VÍTR PODÉLNÝ

Tab. 3 – Působící síly od podélného větru

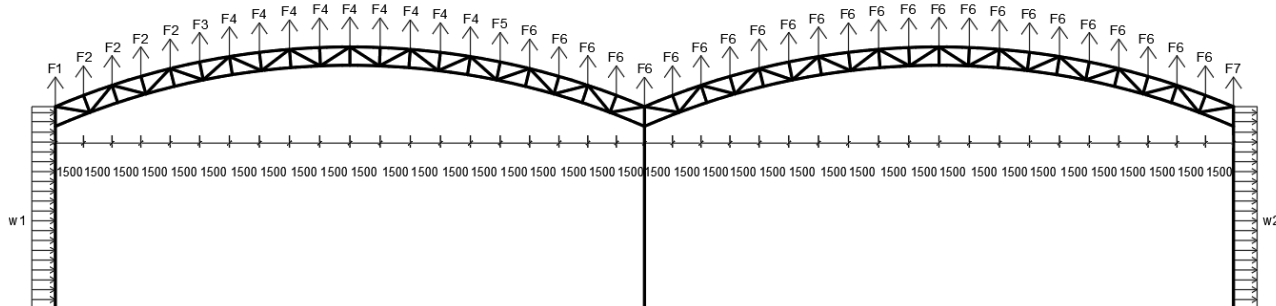
Podélný vítr 1	výpočet: (plocha dílčích oblastí) · (zatížení v oblasti)	Fk [kN]
F1	7,5 · (-0,630)	-4,725
F2	5,75 · (-0,630)	-3,623
w1	2,83 · (1,126) + 2,17 · (0,813)	4,951 kN/m'



3. ZS 3: VÍTR PŘÍČNÝ

Tab. 4– Působící síly od příčného větru

Příčný vítr 1	výpočet: (plocha dílčích oblastí) · (zatížení v oblasti)	Fk [kN]
F1	$5,75 \cdot (-1,219)$	-7,009
F2	$7,5 \cdot (-1,219)$	-9,143
F3	$3,75 \cdot (-1,219) + 3,75 \cdot (-0,813)$	-7,620
F4	$7,5 \cdot (-0,813)$	-6,098
F5	$3,75 \cdot (-0,813) + 3,75 \cdot (-0,406)$	-4,571
F6	$7,5 \cdot (-0,406)$	-3,045
F7	$5,75 \cdot (-0,406)$	-2,335
w1	$5 \cdot 0,711$	3,555 kN/m'
w2	$5 \cdot 0,305$	1,525 kN/m'



4. ZS 4: SNÍH

Poznámka: schému pro zatížení sněhem uvažuji jako pro dvoulodní haly sedlové,

s přispůsobeným sklonem střechy

$$F_{s1} = 1,150 \cdot 5 \cdot 2,000 = \underline{11,50 \text{ kN}}$$

$$F_{s2} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,000 = \underline{15,00 \text{ kN}}$$

$$F_{s3} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,073 = \underline{15,55 \text{ kN}}$$

$$F_{s4} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,146 = \underline{16,10 \text{ kN}}$$

$$F_{s5} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,219 = \underline{16,64 \text{ kN}}$$

$$F_{s6} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,292 = \underline{17,19 \text{ kN}}$$

$$F_{s7} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,365 = \underline{17,74 \text{ kN}}$$

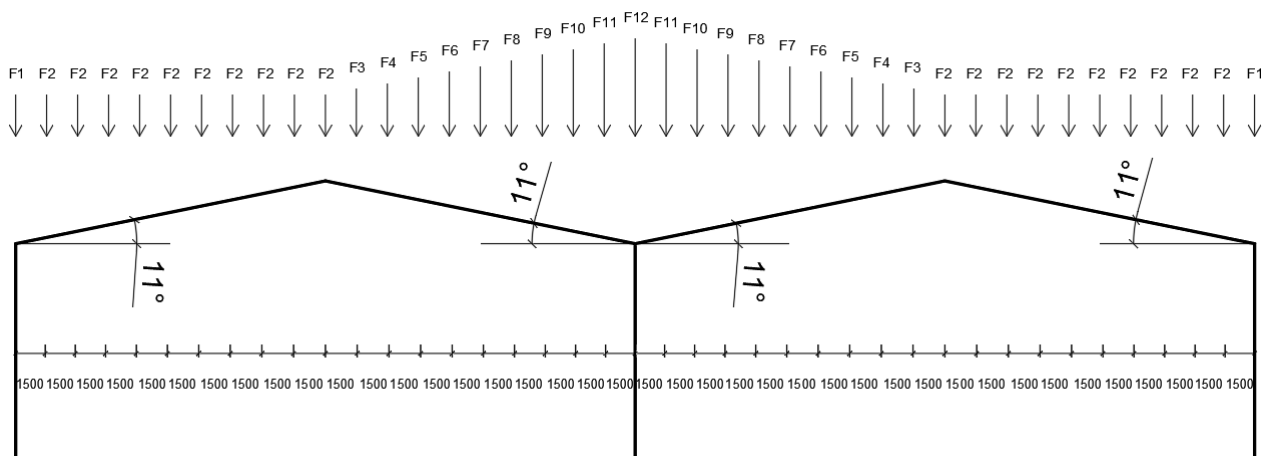
$$F_{s8} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,438 = \underline{18,29 \text{ kN}}$$

$$F_{s9} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,511 = \underline{18,83 \text{ kN}}$$

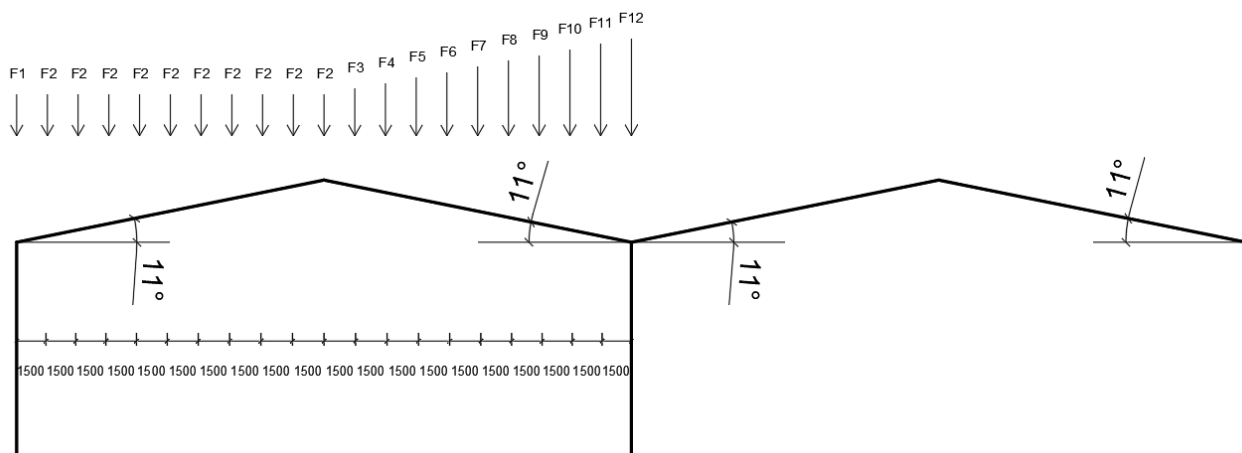
$$F_{s10} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,584 = \underline{19,38 \text{ kN}}$$

$$F_{s11} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,657 = \underline{19,93 \text{ kN}}$$

$$F_{s12} = 1,500 \cdot 5 \cdot 2,730 = \underline{20,48 \text{ kN}}$$



5. ZS 5: SNÍH VLEVO



4.3.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

KZ 1: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4$

KZ 2: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,6 \cdot ZS3 \cdot 1,5$

KZ 3: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot ZS4$

KZ 4: $1,00 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3$

KZ 5: $1,00 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS2$

KZ 6: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS3 \cdot 1,5$

KZ 7: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS5$

KZ 8: $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot ZS5$

MSP 1: $ZS1 + ZS4$

$\gamma_G = 1,35$

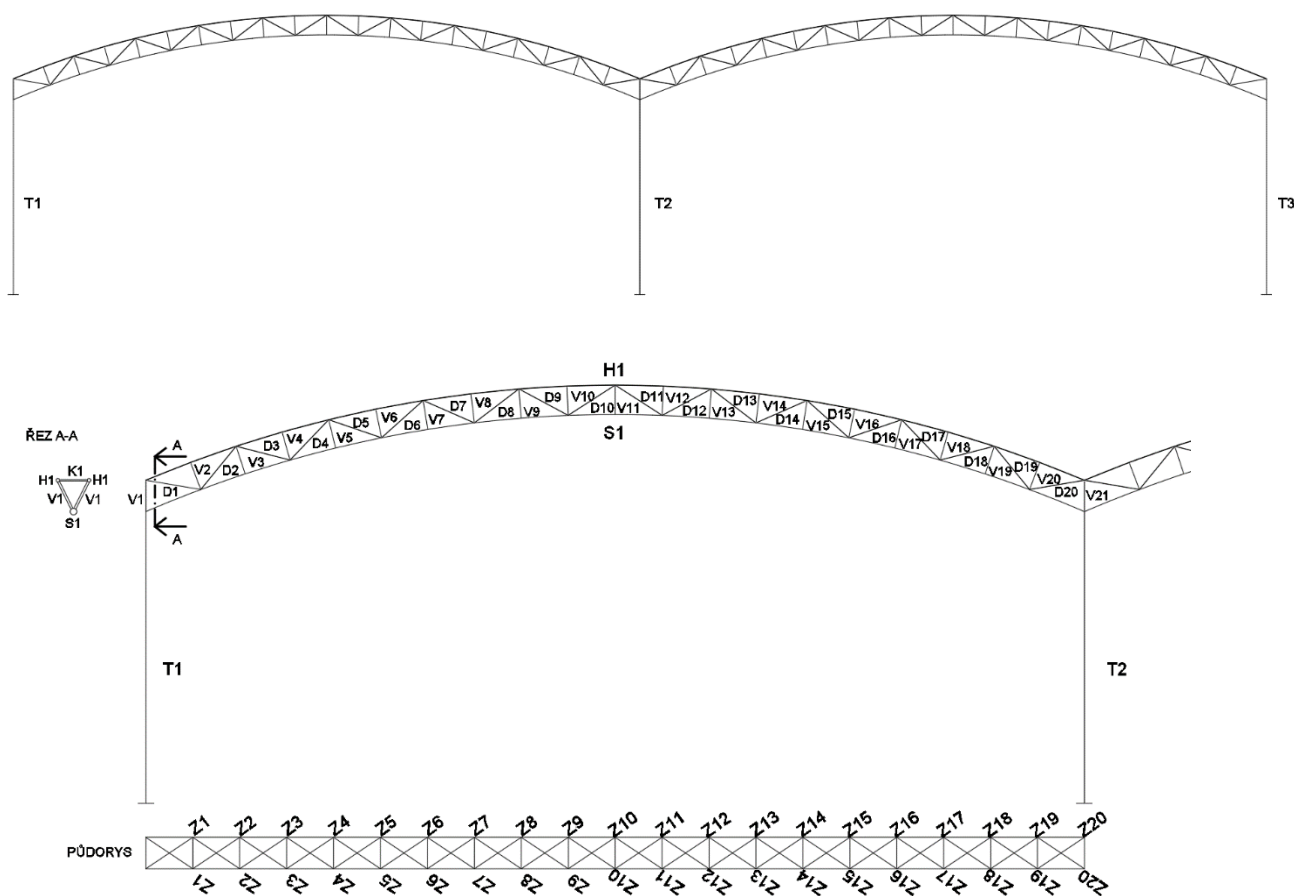
$\gamma_{G,min} = 1,0$

$\gamma_Q = 1,5$

$\psi_0 = 0,6$ pro
vítr

$\psi_0 = 0,5$ pro
sníh

4.3.3 STATICKÉ SCHÉMA



Poznámka: z důvodu symetrie konstrukce a průběhu vnitřních sil lze posuzovat jen levou část konstrukce

4.3.4 MAXIMÁLNÍ VNITŘNÍ SÍLY NA JEDNOTLIVÝCH PRVCÍCH

Výpočet byl proveden pomocí programu *Dlubal RFEM 5.26*

Tab. 5 – Maximální vnitřní síly na jednotlivých prvcích

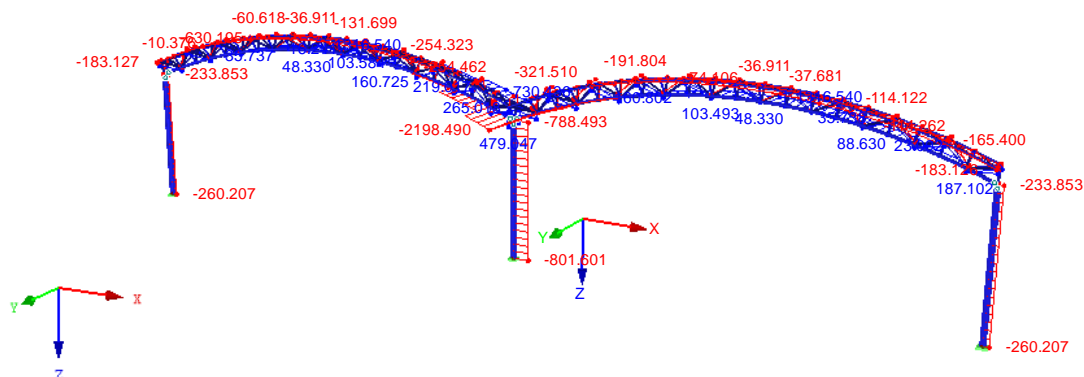
Prvek	Vz [kN]	Kombi-nace	My [kNm]	Kombi-nace	N [kN]			
					Tah [kN]	Kombi-nace	Tlak [kN]	Kombi-nace
T1	-42,756	KZ5	- 128,057	KZ4	56,058	KZ4	287,516	KZ7
T2	9,929	KZ6	92,336	KZ6	44,964	KZ5	801,643	KZ1
T3	42,756	KZ5	152,811	KZ2	20,843	KZ5	260,185	KZ1
S	-	-	-	-	1663,65	KZ7	2218,270	KZ1
H	-	-	-	-	728,640	KZ1	804,781	KZ7
D1	-	-	-	-	212,537	KZ7	48,289	KZ4
D2	-	-	-	-	41,001	KZ4	191,104	KZ7
D3	-	-	-	-	165,343	KZ7	31,225	KZ4
D4	-	-	-	-	23,107	KZ4	140,1	KZ7
D5	-	-	-	-	115,086	KZ7	14,13	KZ4
D6	-	-	-	-	8,075	KZ4	86,687	KZ7
D7	-	-	-	-	62,564	KZ7	3,694	KZ4
D8	-	-	-	-	1,296	KZ5	32,566	KZ7
D9	-	-	-	-	13,000	KZ6	18,848	KZ1
D10	-	-	-	-	48,452	KZ1	8,124	KZ4
D11	-	-	-	-	12,208	KZ4	74,125	KZ1
D12	-	-	-	-	103,602	KZ1	15,881	KZ4
D13	-	-	-	-	20,158	KZ4	131,834	KZ1
D14	-	-	-	-	160,819	KZ1	23,663	KZ4
D15	-	-	-	-	27,951	KZ4	191,949	KZ1
D16	-	-	-	-	219,033	KZ1	29,163	KZ4
D17	-	-	-	-	29,677	KZ4	254,587	KZ1
D18	-	-	-	-	265,061	KZ1	27,365	KZ4
D19	-	-	-	-	29,569	KZ4	318,514	KZ1
D20	-	-	-	-	334,461	KZ1	27,631	KZ4
V1	-	-	-	-	34,694	KZ4	140,568	KZ7
V2	-	-	-	-	3,322	KZ4	4,234	KZ1
V3	-	-	-	-	15,121	KZ7	2,806	KZ4
V4	-	-	-	-	9,345	KZ7	0	-
V5	-	-	-	-	25,713	KZ7	4,607	KZ4
V6	-	-	-	-	17,880	KZ7	1,939	KZ4
V7	-	-	-	-	32,584	KZ7	5,589	KZ4
V8	-	-	-	-	23,123	KZ7	3,622	KZ4
V9	-	-	-	-	35,642	KZ7	5,606	KZ4
V10	-	-	-	-	24,342	KZ7	3,433	KZ4
V11	-	-	-	-	35,200	KZ7	5,191	KZ4
V12	-	-	-	-	21,428	KZ7	2,699	KZ4
V13	-	-	-	-	30,859	KZ7	4,23	KZ4
V14	-	-	-	-	14,295	KZ7	1,375	KZ4
V15	-	-	-	-	22,743	KZ7	2,661	KZ4
V16	-	-	-	-	3,118	KZ6	11,6	KZ1
V17	-	-	-	-	10,586	KZ7	4,549	KZ2
V18	-	-	-	-	1,963	KZ5	27,02	KZ1
V19	-	-	-	-	1,546	KZ6	18,282	KZ1
V20	-	-	-	-	2,283	KZ5	40,411	KZ1
V21	-	-	-	-	471,773	KZ1	36,722	KZ4

Prvek	Vz [kN]	Kombi-nace	My [kNm]	Kombi-nace	N [kN]			
					Tah [kN]	Kombi-nace	Tlak [kN]	Kombi-nace
K1	-	-	-	-	11,807	KZ7	3,813	KZ4
K2	-	-	-	-	13,495	KZ7	4,197	KZ4
K3	-	-	-	-	20,881	KZ7	5,828	KZ4
K4	-	-	-	-	25,902	KZ7	6,795	KZ4
K5	-	-	-	-	31,095	KZ7	7,688	KZ4
K6	-	-	-	-	34,684	KZ7	7,678	KZ4
K7	-	-	-	-	37,808	KZ7	7,525	KZ4
K8	-	-	-	-	39,684	KZ7	7,646	KZ4
K9	-	-	-	-	41,073	KZ7	7,667	KZ4
K10	-	-	-	-	41,093	KZ7	7,507	KZ4
K11	-	-	-	-	40,512	KZ7	7,228	KZ4
K12	-	-	-	-	38,84	KZ7	6,802	KZ4
K13	-	-	-	-	36,654	KZ7	6,274	KZ4
K14	-	-	-	-	32,826	KZ7	5,557	KZ4
K15	-	-	-	-	28,813	KZ7	4,763	KZ4
K16	-	-	-	-	22,883	KZ7	3,333	KZ4
K17	-	-	-	-	17,21	KZ7	1,893	KZ4
K18	-	-	-	-	8,602	KZ6	7,979	KZ1
K19	-	-	-	-	4,579	KZ6	12,816	KZ1
K20	-	-	-	-	1,154	KZ4	26,835	KZ1
K21	-	-	-	-	26,128	KZ4	430,198	KZ1
Z1	-	-	-	-	2,567	KZ4	11,97	KZ7
Z2	-	-	-	-	2,245	KZ4	10,108	KZ7
Z3	-	-	-	-	6,101	KZ4	28,783	KZ7
Z4	-	-	-	-	5,821	KZ4	26,888	KZ7
Z5	-	-	-	-	7,883	KZ4	40,246	KZ7
Z6	-	-	-	-	7,898	KZ4	38,971	KZ7
Z7	-	-	-	-	8,612	KZ4	46,843	KZ7
Z8	-	-	-	-	8,568	KZ4	46,074	KZ7
Z9	-	-	-	-	8,342	KZ4	48,244	KZ7
Z10	-	-	-	-	8,407	KZ4	48,292	KZ7
Z11	-	-	-	-	7,331	KZ4	44,601	KZ7
Z12	-	-	-	-	7,488	KZ4	45,267	KZ7
Z13	-	-	-	-	5,568	KZ4	35,577	KZ7
Z14	-	-	-	-	5,818	KZ4	35,072	KZ7
Z15	-	-	-	-	3,123	KZ4	21,205	KZ7
Z16	-	-	-	-	3,551	KZ4	23,302	KZ7
Z17	-	-	-	-	20,671	KZ1	2,885	KZ6
Z18	-	-	-	-	17,61	KZ1	5,25	KZ6
Z19	-	-	-	-	48,753	KZ1	2,328	KZ4
Z20	-	-	-	-	35,371	KZ1	1,464	KZ4

Obr. 10 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 1 [kN]

KZ1 : KZ1
Vnitřní síly N

Perspektiva

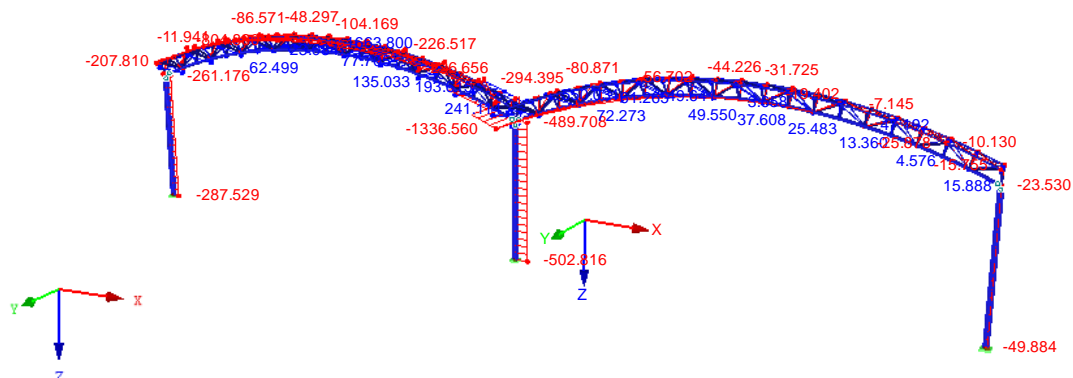


Max N: 1316.542, Min N: -2198.487 [kN]

Obr. 11 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 7 [kN]

KZ7 : KZ7
Vnitřní síly N

Perspektiva

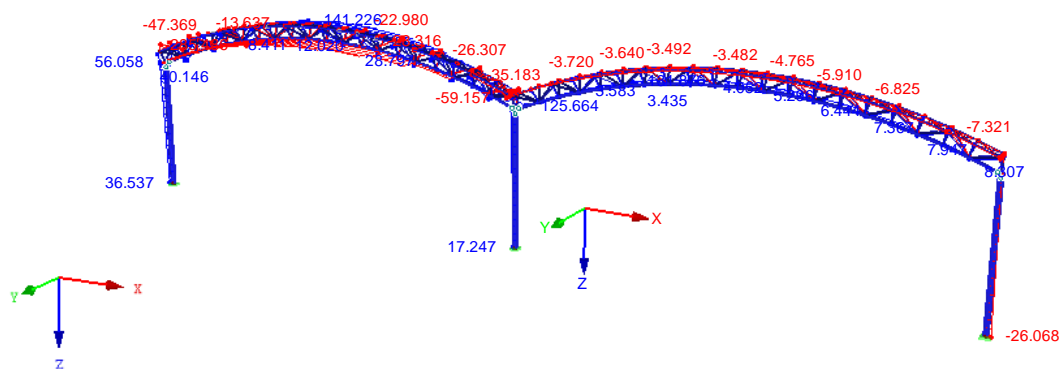


Max N: 1663.799, Min N: -1336.561 [kN]

Obr. 12 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 4 [kNm]

KZ4 : KZ4
Vnitřní síly N

Perspektiva

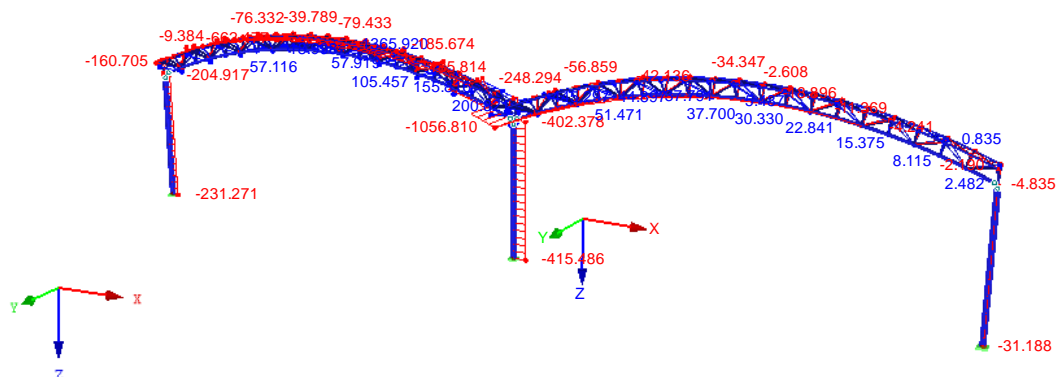


Max N: 141.226, Min N: -285.486 [kN]

Obr. 13 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 6 [kNm]

KZ6 : KZ6
Vnitřní síly N

Perspektiva

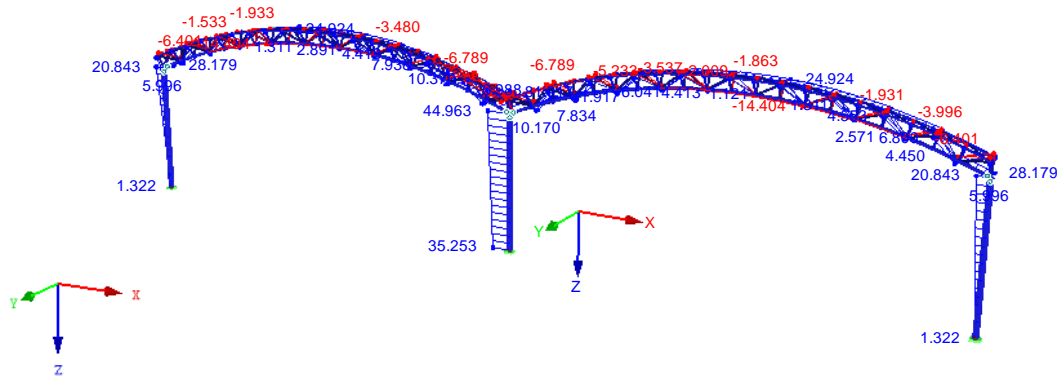


Max N: 1365.922, Min N: -1056.810 [kN]

Obr. 14 – Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 5 [kNm]

KZ5 : KZ5
Vnitřní síly N

Perspektiva

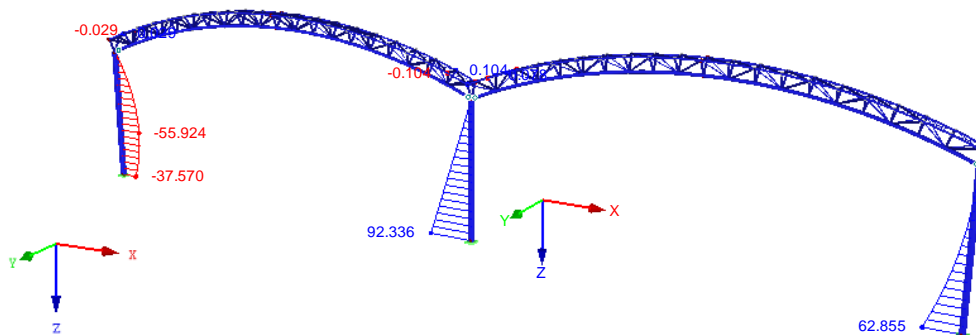


Max N: 81.917, Min N: -15.811 [kN]

Obr. 15 – Ohybový moment „M_y“ na prvcích od kombinace KZ 6 [kNm]

KZ6 : KZ6
Vnitřní síly M-y

Perspektiva



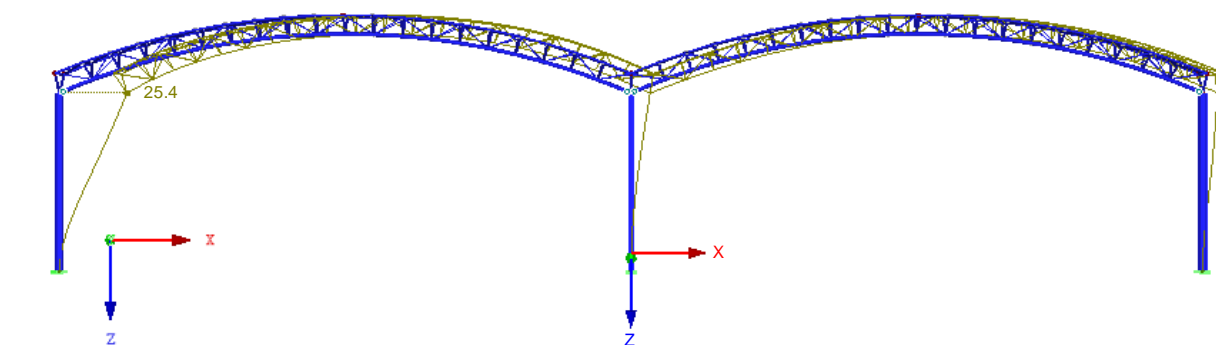
Max M-y: 92.336, Min M-y: -55.924 [kNm]

4.3.5 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Deformace budou určeny pro charakteristické hodnoty zatížení $\gamma_f = 1$. Výpočet byl proveden pomocí výpočetního programu Dlubal Rfem.

Obr. 16 – Vodorovný posun „ δ_x “ na prvcích od ZS3 (vítr příčný) [mm]

ZS3 : Vítr příčný

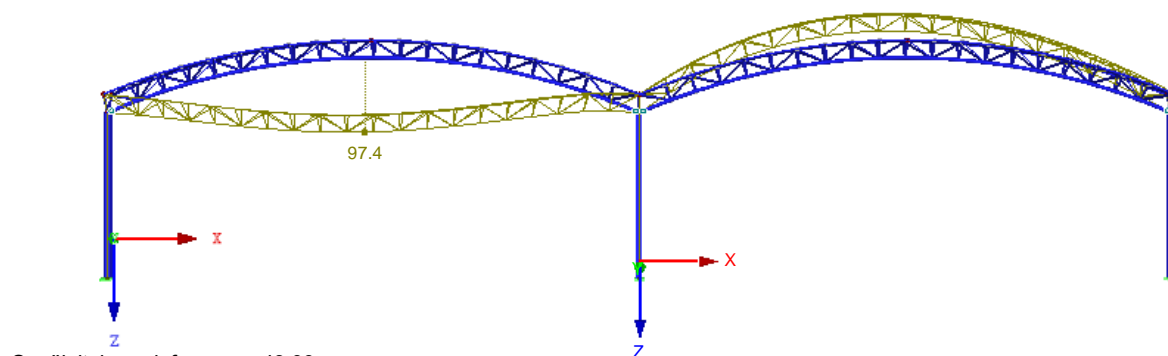


Součinitel pro deformace: 140.00
Max u-X: 25.4, Min u-X: 0.0 mm

$$\delta_x = 25,4 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{h}{150} = \frac{9300}{150} = 62,0 \text{ mm}$$

Obr. 17 – Svislý průhyb „ δ_z “ na prvcích od ZS5 (sníh vlevo) [mm]

ZS5 : Sníh vlevo



Součinitel pro deformace: 43.00
Max u-Z: 97.4, Min u-Z: -35.3 mm

$$\delta_z = 97,4 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{30000}{250} = 120 \text{ mm}$$

Podmínky MSP jsou splněny

4.3.6 NÁVRH SLOUPU**1. VNITŘNÍ SÍLY**

Nejnamáhanější sloup - prostřední sloup (T2 – viz odstavec 4.3.3).

KZ 1

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -801,643 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ kN (neovlivní dimenzi průřezu)}$$

KZ 2

$$M_{Ed} = 12,945 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -714,309 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1,392 \text{ kN (neovlivní dimenzi průřezu)}$$

KZ 7

$$M_{Ed} = 79,391 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -502,842 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 8,537 \text{ kN (neovlivní dimenzi průřezu)}$$

Návrh: HE 340 A**2. PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY**

$$A = 13350 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 4495 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 27690 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 1850 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,y} = 1678 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 144 \text{ mm}$$

$$I_z = 7436 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 74,6 \text{ mm}$$

$$I_t = 127,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 1824000 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

3. ZATRŽIDĚNÍ PRŮŘEZU

Průřez namáhaný tlakem a ohybem

$$\alpha > 0,5 : \frac{d}{t_w} \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$$

$$\alpha = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{N_{Ed}}{f_y \cdot t_w \cdot d} \right)$$

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

$$t_w = 9,5 \text{ mm}$$

$$d = 243,0 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,99 \text{ (KZ 1)}$$

$$\varepsilon = 0,81$$

$$25,58 < 27,02 \rightarrow \text{průřez třídy 1}$$

4. VZPĚRNÉ DÉLKY

Systémová délka = L = 9300 mm

Vybočení kolmo k ose z – $L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot 9300 = 9300 \text{ mm}$ (kloub – kloub - $L_{cr,z} = L$)

Vybočení kolmo k ose y – $L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 2 \cdot 9300 = 18600 \text{ mm}$

5. POSOUZENÍ SLOUPU NA TLAK S VLIVEM VYBOČENÍ

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

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{18600}{144} = 129,167$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{9300}{74,6} = 124,665$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,69$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1,63$$

χ_y = součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy y = 0,303

χ_z = součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy z = 0,323

$$N_{b,Rd} = 13350 \cdot 355 \cdot 0,252 = 1435,993 \text{ kN} > 817,719 \text{ kN}$$

→ **HE 340A Vyhovuje na tlak s vlivem vybočení**

6. POSOUZENÍ SLOUPU NA MOMENT S VLIVEM KLOPENÍ

$$M_{b,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \cdot \chi_{LT} \geq M_{Ed}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{M_{CR}}}$$

$$M_{CR} = \mu_{CR} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$\mu_{CR} = \frac{C1}{k} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\beta = 0,75$$

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$$

$$k_w = 1 \text{ (na straně bezpečí)}$$

$$L = 9300 \text{ mm}$$

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

$$k_{wt} = 0,65$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

$$C_1 = 1,85$$

$$k = 1 \text{ (na straně bezpečí)}$$

$$\mu_{CR} = 2,21$$

$$M_{CR} = 946,945 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,83$$

$$\chi_{LT} = 0,778$$

$$M_{b,Rd} = 1850 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 0,778 = 2168,092 \text{ kNm} > 107,372 \text{ kNm}$$

→ **HE 340A Vyhovuje na ohyb s vlivem klopení**

7. POSOUZENÍ SLOUPU NA INTERAKCI MOMENTU A NORMÁLOVÉ SÍLY

$$\frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{ED}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ED}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{ED}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} \cdot (1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} \\ c_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ED}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} \end{array} \right.$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z}{(c_{m,LT-0,25}) \cdot \chi_z} \cdot \frac{N_{ED}}{A \cdot f_{yd}} \\ 1 - \frac{0,1}{(c_{m,LT-0,25}) \cdot \chi_z} \cdot \frac{N_{ED}}{A \cdot f_{yd}} \end{array} \right.$$

$$c_{my} = 0,9$$

$$c_{m,LT} = 0,6$$

Kombinace 7

$$k_{yy} = 1,155$$

$$k_{zy} = 0,905$$

$$\frac{502,842 \cdot 10^3}{0,303 \cdot 13350 \cdot 355} + 1,155 \cdot \frac{79,391 \cdot 10^6}{0,778 \cdot 1850 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,53 \leq 1$$

$$\frac{502,842 \cdot 10^3}{0,323 \cdot 13350 \cdot 355} + 0,905 \cdot \frac{79,391 \cdot 10^6}{0,778 \cdot 1850 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,47 \leq 1$$

Interakce M+N = 0,53 < 1 → Vyhovuje

Interakce M+N = 0,47 < 1 → Vyhovuje

Kombinace 2

$$k_{yy} = 1,258$$

$$k_{zy} = 0,867$$

$$\frac{714,309 \cdot 10^3}{0,303 \cdot 13350 \cdot 355} + 1,258 \cdot \frac{12,945 \cdot 10^6}{0,778 \cdot 1850 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,53 \leq 1$$

$$\frac{714,309 \cdot 10^3}{0,323 \cdot 13350 \cdot 355} + 0,867 \cdot \frac{12,945 \cdot 10^6}{0,778 \cdot 1850 \cdot 10^3 \cdot 355} = 0,49 \leq 1$$

Interakce M+N = 0,53 < 1 → Vyhovuje

Interakce M+N = 0,49 < 1 → Vyhovuje

→ **HE 340A vyhovuje**

4.3.7 NÁVRH PŘÍHRADOVÝCH PRUTŮ

1. VNITŘNÍ SÍLY

Viz. Tab. 5 (strana 16)

2. POSOUZENÍ PRUTŮ VAZNÍKU

Posouzení tažených prutů:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = A [mm^2] \cdot 335 \cdot 10^{-3} = [kN]$$

Posouzení tlačných prutů:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \chi \cdot A [mm^2] \cdot 335 \cdot 10^{-3} = [kN]$$

Tab. 6 – Posouzení tažených prutů příhradové konstrukce

Tažené pruty						
Prut	N_{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	f_y [Mpa]	N_{Rd} [kN]	Využití [%]
S	1663,65	TR273x22	17350	355	6159,25	27,01
H	728,64	TR152x20	8294	355	2944,37	24,75
D1	212,537	TR70x5	1021	355	362,455	58,64
D2	41,001	TR70x5	1021	355	362,455	11,31
D3	165,343	TR70x5	1021	355	362,455	45,62
D4	23,107	TR70x5	1021	355	362,455	6,38
D5	115,086	TR70x5	1021	355	362,455	31,75
D6	8,075	TR70x5	1021	355	362,455	2,23
D7	62,564	TR70x5	1021	355	362,455	17,26
D8	1,296	TR70x5	1021	355	362,455	0,36
D9	13	TR70x5	1021	355	362,455	3,59
D10	48,452	TR70x5	1021	355	362,455	13,37
D11	12,208	TR70x5	1021	355	362,455	3,37
D12	103,602	TR70x5	1021	355	362,455	28,58
D13	20,158	TR70x5	1021	355	362,455	5,56
D14	160,819	TR70x5	1021	355	362,455	44,37
D15	27,951	TR70x5	1021	355	362,455	7,71
D16	219,033	TR70x5	1021	355	362,455	60,43
D17	29,677	TR76x5	1115	355	395,825	7,50
D18	265,061	TR76x5	1115	355	395,825	66,96
D19	29,569	TR82,5x8	1872	355	664,56	4,45
D20	334,461	TR82,5x9	1872	355	664,56	50,33
V1	34,694	TR70x5	1021	355	362,455	9,57
V2	3,322	TR38x4	427	355	151,585	2,19
V3	15,121	TR38x4	427	355	151,585	9,98
V4	9,345	TR38x4	427	355	151,585	6,16
V5	25,713	TR38x4	427	355	151,585	16,96
V6	17,88	TR38x4	427	355	151,585	11,80
V7	32,584	TR38x4	427	355	151,585	21,50
V8	23,123	TR38x4	427	355	151,585	15,25
V9	35,642	TR38x4	427	355	151,585	23,51
V10	24,342	TR38x4	427	355	151,585	16,06
V11	35,2	TR38x4	427	355	151,585	23,22
V12	21,428	TR38x4	427	355	151,585	14,14
V13	30,859	TR38x4	427	355	151,585	20,36
V14	14,295	TR38x4	427	355	151,585	9,43
V15	22,743	TR38x4	427	355	151,585	15,00
V16	3,118	TR38x4	427	355	151,585	2,06
V17	10,586	TR38x4	427	355	151,585	6,98
V18	1,963	TR38x4	427	355	151,585	1,29
V19	1,546	TR38x4	427	355	151,585	1,02
V20	2,283	TR38x4	427	355	151,585	1,51
V21	471,773	TR82,5x8	1872	355	664,56	70,99

K1	11,807	TR38x4	427	355	151,585	7,79
K2	13,495	TR38x4	427	355	151,585	8,90
K3	20,881	TR38x4	427	355	151,585	13,78
K4	25,902	TR38x4	427	355	151,585	17,09
K5	31,095	TR38x4	427	355	151,585	20,51
K6	34,684	TR38x4	427	355	151,585	22,88
K7	37,808	TR38x4	427	355	151,585	24,94
K8	39,684	TR38x4	427	355	151,585	26,18
K9	41,073	TR38x4	427	355	151,585	27,10
K10	41,093	TR38x4	427	355	151,585	27,11
K11	40,512	TR38x4	427	355	151,585	26,73
K12	38,84	TR38x4	427	355	151,585	25,62
K13	36,654	TR38x4	427	355	151,585	24,18
K14	32,826	TR38x4	427	355	151,585	21,66
K15	28,813	TR38x4	427	355	151,585	19,01
K16	22,883	TR38x4	427	355	151,585	15,10
K17	17,21	TR38x4	427	355	151,585	11,35
K18	8,602	TR38x4	427	355	151,585	5,67
K19	4,579	TR38x4	427	355	151,585	3,02
K20	1,154	TR38x4	427	355	151,585	0,76
K21	26,128	TR82,5x8	1872	355	664,56	3,93
Z1	2,567	TR38x5	518	355	183,89	1,40
Z2	2,245	TR38x5	518	355	183,89	1,22
Z3	6,101	TR38x5	518	355	183,89	3,32
Z4	5,821	TR38x5	518	355	183,89	3,17
Z5	7,883	TR38x5	518	355	183,89	4,29
Z6	7,898	TR38x5	518	355	183,89	4,29
Z7	8,612	TR38x5	518	355	183,89	4,68
Z8	8,568	TR38x5	518	355	183,89	4,66
Z9	8,342	TR38x5	518	355	183,89	4,54
Z10	8,407	TR38x5	518	355	183,89	4,57
Z11	7,331	TR38x5	518	355	183,89	3,99
Z12	7,488	TR38x5	518	355	183,89	4,07
Z13	5,568	TR38x5	518	355	183,89	3,03
Z14	5,818	TR38x5	518	355	183,89	3,16
Z15	3,123	TR38x5	518	355	183,89	1,70
Z16	3,551	TR38x5	518	355	183,89	1,93
Z17	20,671	TR38x5	518	355	183,89	11,24
Z18	17,61	TR38x5	518	355	183,89	9,58
Z19	48,753	TR38x5	518	355	183,89	26,51
Z20	35,371	TR38x5	518	355	183,89	19,23

Tab. 7 – Posouzení tlačných prutů příhradové konstrukce v rovině

Prut	Tlačné pruty	N _{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	f _t [Mpa]	v rovině		L _{cr} [mm]	L _{cr/L}	L _{cr,y} [mm]	i _y [mm]	λ (<200)	λ ₁	λ'	α	φ	χ	N _{td} [kN]	Využití [%]	Profil
						L _{teor.} [mm]	L _{cr/L}													
S	2218,270	TR273x22	17350	355	1500	0,9	1350	79,9	16,89612	76,4	0,221157	0,21	0,53	0,995	6130,62	36,18	TR273x22			
H	804,781	TR152x20	8294	355	1500	0,9	1350	47,2	28,60169	76,4	0,374375	0,21	0,59	0,959	2824,86	28,49	TR152x20			
D1	48,289	TR70x5	1021	355	1847	0,75	1385,25	23,0	60,22826	76,4	0,788343	0,49	0,95	0,67	242,66	19,90	TR70x5			
D2	191,104	TR70x5	1021	355	1850	0,75	1387,5	23,0	60,32609	76,4	0,789623	0,49	0,96	0,67	242,36	78,85	TR70x5			
D3	31,225	TR70x5	1021	355	1850	0,75	1387,5	23,0	60,32609	76,4	0,789623	0,49	0,96	0,67	242,36	12,88	TR70x5			
D4	140,1	TR70x5	1021	355	1852	0,75	1389	23,0	60,3913	76,4	0,790477	0,49	0,96	0,67	242,17	57,85	TR70x5			
D5	14,13	TR70x5	1021	355	1852	0,75	1389	23,0	60,3913	76,4	0,790477	0,49	0,96	0,67	242,17	5,83	TR70x5			
D6	86,687	TR70x5	1021	355	1853	0,75	1389,75	23,0	60,42391	76,4	0,790904	0,49	0,96	0,67	242,07	35,81	TR70x5			
D7	3,694	TR70x5	1021	355	1855	0,75	1391,25	23,0	60,48913	76,4	0,791757	0,49	0,96	0,67	241,88	1,53	TR70x5			
D8	32,566	TR70x5	1021	355	1853	0,75	1389,75	23,0	60,42391	76,4	0,790904	0,49	0,96	0,67	242,07	13,45	TR70x5			
D9	18,848	TR70x5	1021	355	1854	0,75	1390,5	23,0	60,45652	76,4	0,79133	0,49	0,96	0,67	241,98	7,79	TR70x5			
D10	8,124	TR70x5	1021	355	1855	0,75	1391,25	23,0	60,48913	76,4	0,791757	0,49	0,96	0,67	241,88	3,36	TR70x5			
D11	74,125	TR70x5	1021	355	1855	0,75	1391,25	23,0	60,48913	76,4	0,791757	0,49	0,96	0,67	241,88	30,65	TR70x5			
D12	15,881	TR70x5	1021	355	1854	0,75	1390,5	23,0	60,45652	76,4	0,79133	0,49	0,96	0,67	241,98	6,56	TR89x4			
D13	131,834	TR70x5	1021	355	1853	0,75	1389,75	23,0	60,42391	76,4	0,790904	0,49	0,96	0,67	242,07	54,46	TR70x5			
D14	23,663	TR70x5	1021	355	1855	0,75	1391,25	23,0	60,48913	76,4	0,791757	0,49	0,96	0,67	241,88	9,78	TR70x5			
D15	191,949	TR70x5	1021	355	1853	0,75	1389,75	23,0	60,42391	76,4	0,790904	0,49	0,96	0,67	242,07	79,29	TR70x5			
D16	29,163	TR70x5	1021	355	1852	0,75	1389	23,0	60,3913	76,4	0,790477	0,49	0,96	0,67	242,17	12,04	TR70x5			
D17	254,587	TR76x5	1115	355	1852	0,75	1389	25,2	55,11905	76,4	0,721467	0,49	0,89	0,71	281,57	90,42	TR76x5			
D18	27,365	TR76x5	1115	355	1850	0,75	1387,5	25,2	55,05952	76,4	0,720688	0,49	0,89	0,71	281,77	9,71	TR76x5			
D19	318,514	TR82,5x8	1872	355	1850	0,75	1387,5	26,5	52,35849	76,4	0,685333	0,49	0,85	0,73	487,62	65,32	TR82,5x8			
D20	27,631	TR82,5x8	1872	355	1847	0,75	1385,25	26,5	52,27358	76,4	0,684222	0,49	0,85	0,73	488,07	5,66	TR82,5x8			
V1	140,568	TR70x5	1021	355	1118	0,75	838,5	12,1	69,29752	76,4	0,907052	0,49	1,08	0,60	215,84	65,13	TR70x5			
V2	4,234	TR38x4	427	355	1050	0,75	787,5	12,1	65,08264	76,4	0,851883	0,49	1,02	0,63	95,45	4,44	TR38x4			
V3	2,806	TR38x4	427	355	1052	0,75	789	12,1	65,20661	76,4	0,853505	0,49	1,02	0,63	95,29	2,94	TR38x4			
V4	0	TR38x4	427	355	1054	0,75	790,5	12,1	65,33058	76,4	0,855128	0,49	1,03	0,63	95,14	0,00	TR38x4			
V5	4,607	TR38x4	427	355	1055	0,75	791,25	12,1	65,39256	76,4	0,855939	0,49	1,03	0,63	95,06	4,85	TR38x4			
V6	1,939	TR38x4	427	355	1057	0,75	792,75	12,1	65,51653	76,4	0,857562	0,49	1,03	0,63	94,91	2,04	TR38x4			
V7	5,889	TR38x4	427	355	1058	0,75	793,5	12,1	65,57851	76,4	0,858373	0,49	1,03	0,63	94,83	5,89	TR38x4			
V8	3,622	TR38x4	427	355	1059	0,75	794,25	12,1	65,6405	76,4	0,859185	0,49	1,03	0,63	94,76	3,82	TR38x4			
V9	5,606	TR38x4	427	355	1059	0,75	794,25	12,1	65,6405	76,4	0,859185	0,49	1,03	0,63	94,76	5,92	TR38x4			
V10	3,433	TR38x4	427	355	1060	0,75	795	12,1	65,70248	76,4	0,859996	0,49	1,03	0,62	94,68	3,63	TR38x4			
V11	5,191	TR38x4	427	355	1060	0,75	795	12,1	65,70248	76,4	0,859996	0,49	1,03	0,62	94,68	5,48	TR38x4			
V12	2,699	TR38x4	427	355	1060	0,75	795	12,1	65,70248	76,4	0,859996	0,49	1,03	0,62	94,68	2,85	TR38x4			
V13	4,23	TR38x4	427	355	1059	0,75	794,25	12,1	65,6405	76,4	0,859185	0,49	1,03	0,63	94,76	4,46	TR38x4			
V14	1,375	TR38x4	427	355	1058	0,75	794,25	12,1	65,6405	76,4	0,859185	0,49	1,03	0,63	94,76	1,45	TR38x4			
V15	2,661	TR38x4	427	355	1058	0,75	793,5	12,1	65,57851	76,4	0,858373	0,49	1,03	0,63	94,83	2,81	TR38x4			
V16	11,6	TR38x4	427	355	1057	0,75	792,75	12,1	65,51653	76,4	0,857562	0,49	1,03	0,63	94,91	12,22	TR38x4			
V17	4,549	TR38x4	427	355	1055	0,75	791,25	12,1	65,39256	76,4	0,855939	0,49	1,03	0,63	95,06	4,79	TR38x4			
V18	27,02	TR38x4	427	355	1054	0,75	790,5	12,1	65,33058	76,4	0,855128	0,49	1,03	0,63	95,14	28,40	TR38x4			
V19	18,282	TR38x4	427	355	1052	0,75	789	12,1	65,20661	76,4	0,853505	0,49	1,02	0,63	95,29	19,19	TR38x4			
V20	40,411	TR38x4	427	355	1050	0,75	787,5	12,1	65,08264	76,4	0,851883	0,49	1,02	0,63	95,45	42,34	TR38x4			
V21	36,722	TR82,5x8	1872	355	1118	0,75	838,5	12,1	69,29752	76,4	0,907052	0,49	1,08	0,60	395,75	9,28	TR82,5x8			

K1	3,813	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	3,84	TR38x4
K2	4,197	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	4,23	TR38x4
K3	5,828	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	5,87	TR38x4
K4	6,795	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	6,84	TR38x4
K5	7,688	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,74	TR38x4
K6	7,678	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,73	TR38x4
K7	7,525	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,58	TR38x4
K8	7,646	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,70	TR38x4
K9	7,667	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,72	TR38x4
K10	7,507	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,56	TR38x4
K11	7,228	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,28	TR38x4
K12	6,802	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	6,85	TR38x4
K13	6,274	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	6,32	TR38x4
K14	5,557	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	5,60	TR38x4
K15	4,763	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	4,80	TR38x4
K16	3,333	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	3,36	TR38x4
K17	1,893	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	1,91	TR38x4
K18	7,979	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	8,04	TR38x4
K19	12,816	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	12,91	TR38x4
K20	26,835	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	27,03	TR38x4
K21	430,198	TR82,5x8	1872	355	1000	0,75	750	26,5	28,30189	76,4	0,37045	0,49	0,61	0,91	606,64	70,92	TR82,5x8
Z1	1,197	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	21,30	TR38x5
Z2	10,108	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	17,99	TR38x5
Z3	28,783	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	51,23	TR38x5
Z4	26,888	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	47,86	TR38x5
Z5	40,246	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	71,63	TR38x5
Z6	38,971	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	69,36	TR38x5
Z7	46,843	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	83,37	TR38x5
Z8	46,074	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	82,00	TR38x5
Z9	48,244	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	85,86	TR38x5
Z10	48,292	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	85,95	TR38x5
Z11	44,601	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	79,38	TR38x5
Z12	45,267	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	80,57	TR38x5
Z13	35,577	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	63,32	TR38x5
Z14	35,072	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	62,42	TR38x5
Z15	21,205	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	37,74	TR38x5
Z16	23,302	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	41,47	TR38x5
Z17	2,885	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	5,13	TR38x5
Z18	5,25	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	9,34	TR38x5
Z19	2,328	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	4,14	TR38x5
Z20	1,464	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	2,61	TR38x5

Tab. 8 – Posouzení tlačných prutů příhradové konstrukce z roviny

Prut	N _{ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	z roviny		L _{crz} [mm]	i _z [mm]	λ (<200)	λ ₁	λ'	α	φ	χ	N _{ed} [kN]	Vyžití [%]	Profil
				f _y [Mpa]	L _{cor} [mm]											
S	2218,270	TR273x22	17350	355	10000	1	89,1	112,2334	76,4	1,469051	0,21	1,71	0,39	2 376,24	93,35	TR273x22
H	804,781	TR152x20	6723	355	6000	0,9	47,2	114,4068	76,4	1,497499	0,34	1,84	0,34	1 010,38	79,65	TR152x20
D1	48,289	TR70x5	1021	355	1847	0,75	23,0	60,22826	76,4	0,788343	0,49	0,95	0,67	242,66	19,90	TR70x5
D2	191,104	TR70x5	1021	355	1850	0,75	23,0	60,32609	76,4	0,789623	0,49	0,96	0,67	242,36	78,85	TR70x5
D3	31,225	TR70x5	1021	355	1850	0,75	23,0	60,32609	76,4	0,789623	0,49	0,96	0,67	242,36	12,88	TR70x5
D4	140,1	TR70x5	1021	355	1852	0,75	23,0	60,3913	76,4	0,790477	0,49	0,96	0,67	242,17	57,85	TR70x5
D5	14,13	TR70x5	1021	355	1852	0,75	23,0	60,3913	76,4	0,790477	0,49	0,96	0,67	242,17	5,83	TR70x5
D6	86,687	TR70x5	1021	355	1853	0,75	23,0	60,42391	76,4	0,790904	0,49	0,96	0,67	242,07	35,81	TR70x5
D7	3,694	TR70x5	1021	355	1855	0,75	23,0	60,48913	76,4	0,791757	0,49	0,96	0,67	241,88	1,53	TR70x5
D8	32,566	TR70x5	1021	355	1853	0,75	23,0	60,42391	76,4	0,790904	0,49	0,96	0,67	242,07	13,45	TR70x5
D9	18,848	TR70x5	1021	355	1854	0,75	23,0	60,45652	76,4	0,79133	0,49	0,96	0,67	241,98	7,79	TR70x5
D10	8,124	TR70x5	1021	355	1855	0,75	23,0	60,48913	76,4	0,791757	0,49	0,96	0,67	241,88	3,36	TR70x5
D11	74,125	TR70x5	1021	355	1855	0,75	23,0	60,48913	76,4	0,791757	0,49	0,96	0,67	241,88	30,65	TR70x5
D12	15,881	TR70x5	1021	355	1854	0,75	23,0	60,45652	76,4	0,79133	0,49	0,96	0,67	241,98	6,56	TR89x4
D13	131,834	TR70x5	1021	355	1853	0,75	23,0	60,42391	76,4	0,790904	0,49	0,96	0,67	242,07	54,46	TR70x5
D14	23,663	TR70x5	1021	355	1855	0,75	23,0	60,48913	76,4	0,791757	0,49	0,96	0,67	241,88	9,78	TR70x5
D15	191,949	TR70x5	1021	355	1853	0,75	23,0	60,42391	76,4	0,790904	0,49	0,96	0,67	242,07	79,29	TR70x5
D16	29,163	TR70x5	1021	355	1852	0,75	23,0	60,3913	76,4	0,790477	0,49	0,96	0,67	242,17	12,04	TR70x5
D17	254,587	TR76x5	1115	355	1852	0,75	25,2	55,11905	76,4	0,721467	0,49	0,89	0,71	281,57	90,42	TR76x5
D18	27,365	TR76x5	1115	355	1850	0,75	25,2	55,05952	76,4	0,720688	0,49	0,89	0,71	281,77	9,71	TR76x5
D19	318,514	TR82,5x8	1872	355	1850	0,75	26,5	52,35849	76,4	0,685333	0,49	0,85	0,73	487,62	65,32	TR82,5x8
D20	27,631	TR82,5x8	1872	355	1847	0,75	26,5	52,27358	76,4	0,684222	0,49	0,85	0,73	488,07	5,66	TR82,5x8
V1	140,568	TR70x5	1021	355	1118	0,75	838,5	69,29752	76,4	0,907052	0,49	1,08	0,60	215,84	65,13	TR70x5
V2	4,234	TR38x4	427	355	1050	0,75	787,5	65,08264	76,4	0,851883	0,49	1,02	0,63	95,45	34,12	TR38x4
V3	2,806	TR38x4	427	355	1052	0,75	789	65,20661	76,4	0,853505	0,49	1,02	0,63	95,29	2,94	TR38x4
V4	0	TR38x4	427	355	1054	0,75	790,5	65,33058	76,4	0,855128	0,49	1,03	0,63	95,14	0,00	TR38x4
V5	4,607	TR38x4	427	355	1055	0,75	791,25	65,39256	76,4	0,855939	0,49	1,03	0,63	95,06	4,85	TR38x4
V6	1,939	TR38x4	427	355	1057	0,75	792,75	65,51653	76,4	0,857562	0,49	1,03	0,63	94,91	2,04	TR38x4
V7	5,589	TR38x4	427	355	1058	0,75	793,5	65,57851	76,4	0,858373	0,49	1,03	0,63	94,83	5,89	TR38x4
V8	3,622	TR38x4	427	355	1059	0,75	794,25	65,6405	76,4	0,859185	0,49	1,03	0,63	94,76	3,82	TR38x4
V9	5,606	TR38x4	427	355	1059	0,75	794,25	65,6405	76,4	0,859185	0,49	1,03	0,63	94,76	5,92	TR38x4
V10	3,433	TR38x4	427	355	1060	0,75	795	65,70248	76,4	0,859996	0,49	1,03	0,62	94,68	3,63	TR38x4
V11	5,191	TR38x4	427	355	1060	0,75	795	65,70248	76,4	0,859996	0,49	1,03	0,62	94,68	5,48	TR38x4
V12	2,699	TR38x4	427	355	1060	0,75	795	65,70248	76,4	0,859996	0,49	1,03	0,62	94,68	2,85	TR38x4
V13	4,23	TR38x4	427	355	1059	0,75	794,25	65,6405	76,4	0,859185	0,49	1,03	0,63	94,76	4,46	TR38x4
V14	1,375	TR38x4	427	355	1059	0,75	794,25	65,6405	76,4	0,859185	0,49	1,03	0,63	94,76	1,45	TR38x4
V15	2,661	TR38x4	427	355	1058	0,75	793,5	65,57851	76,4	0,858373	0,49	1,03	0,63	94,83	2,81	TR38x4
V16	11,6	TR38x4	427	355	1057	0,75	792,75	65,51653	76,4	0,857562	0,49	1,03	0,63	94,91	12,22	TR38x4
V17	4,549	TR38x4	427	355	1055	0,75	791,25	65,39256	76,4	0,855939	0,49	1,03	0,63	95,06	4,79	TR38x4
V18	27,02	TR38x4	427	355	1054	0,75	790,5	65,33058	76,4	0,855128	0,49	1,03	0,63	95,14	28,40	TR38x4
V19	18,282	TR38x4	427	355	1052	0,75	789	65,20661	76,4	0,853505	0,49	1,02	0,63	95,29	19,19	TR38x4
V20	40,411	TR38x4	427	355	1050	0,75	787,5	65,08264	76,4	0,851883	0,49	1,02	0,63	95,45	42,34	TR38x4
V21	36,722	TR82,5x8	1872	355	1118	0,75	838,5	69,29752	76,4	0,907052	0,49	1,08	0,60	395,75	9,28	TR82,5x8

K1	3,813	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	3,84	TR38x4
K2	4,197	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	4,23	TR38x4
K3	5,828	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	5,87	TR38x4
K4	6,795	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	6,84	TR38x4
K5	7,688	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,74	TR38x4
K6	7,678	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,73	TR38x4
K7	7,525	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,58	TR38x4
K8	7,646	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,70	TR38x4
K9	7,667	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,72	TR38x4
K10	7,507	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,56	TR38x4
K11	7,228	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	7,28	TR38x4
K12	6,802	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	6,85	TR38x4
K13	6,274	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	6,32	TR38x4
K14	5,557	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	5,60	TR38x4
K15	4,763	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	4,80	TR38x4
K16	3,333	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	3,36	TR38x4
K17	1,893	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	1,91	TR38x4
K18	7,979	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	8,04	TR38x4
K19	12,816	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	12,91	TR38x4
K20	26,835	TR38x4	427	355	1000	0,75	750	12,1	61,98347	76,4	0,811317	0,49	0,98	0,66	99,30	27,03	TR38x4
K21	430,198	TR82,5x8	1872	355	1000	0,75	750	26,5	28,30189	76,4	0,37045	0,49	0,61	0,91	606,64	70,92	TR82,5x8
Z1	11,97	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	21,30	TR38x5
Z2	10,108	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	17,99	TR38x5
Z3	28,783	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	51,23	TR38x5
Z4	26,888	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	47,86	TR38x5
Z5	40,246	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	71,63	TR38x5
Z6	38,971	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	69,36	TR38x5
Z7	46,843	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	83,37	TR38x5
Z8	46,074	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	82,00	TR38x5
Z9	48,244	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	85,86	TR38x5
Z10	48,292	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	85,95	TR38x5
Z11	44,601	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	79,38	TR38x5
Z12	45,267	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	80,57	TR38x5
Z13	35,577	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	63,32	TR38x5
Z14	35,072	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	62,42	TR38x5
Z15	21,205	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	37,74	TR38x5
Z16	23,302	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	41,47	TR38x5
Z17	2,885	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	5,13	TR38x5
Z18	5,25	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	9,34	TR38x5
Z19	2,328	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	4,14	TR38x5
Z20	1,464	TR38x5	518	355	1837	0,75	1377,75	11,8	116,7585	76,4	1,52828	0,49	1,99	0,31	56,19	2,61	TR38x5

Všechny pruty vyhovují

ZÁVĚR

Vnitřní síly a deformace potřebné pro posouzení byly vypočteny v programu Dlubal RFEM 5.26. Modelem byl 3D příhradový vazník. Jednotlivé prvky byly posouzeny z hlediska MSÚ a MSP dle platných norem. Výkresová dokumentace je součástí přílohy bakalářské práce.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Půdorys.....	87
Obrázek 2: Příčný řez.....	87
Obrázek 3: Určení součinitele expozice.....	89
Obrázek 4: Závislost dynamického tlaku na výšce.....	89
Obrázek 5: Příčný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí.....	90
Obrázek 6: Podélný vítr, svislé stěny, rozložení oblastí.....	91
Obrázek 7: Příčný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí.....	92
Obrázek 8: Podélný vítr, sedlová střecha, rozložení oblastí.....	92
Obrázek 9: Zatěžovací šířka IPE vaznice.....	94
Obrázek 10: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 1.....	103
Obrázek 11: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 7.....	103
Obrázek 12: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 4.....	103
Obrázek 13: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 6.....	104
Obrázek 14: Normálová síla „N“ na prvcích od kombinace KZ 5.....	104
Obrázek 15: Ohybový moment „My“ na prvcích od kombinace KZ 6.....	104
Obrázek 16: Vodorovný posun „ δ_x “ na prvcích od ZS3 (vítr příčný) [mm].....	105
Obrázek 17: Svislý průhyb „ δ^z “ na prvcích od ZS5 (sníh vlevo) [mm].....	105

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Maximální tlak	94
Tabulka 2: Působící síly od vlastní tíhy	97
Tabulka 3: Působící síly od podélného větru	97
Tabulka 4: Působící síly od příčného větru	98
Tabulka 5: Maximální vnitřní síly na jednotlivých prvcích	101
Tabulka 6: Posouzení tažených prutů příhradové konstrukce	111
Tabulka 7: Posouzení tlačných prutů příhradové konstrukce v rovině.....	113
Tabulka 8: Posouzení tlačných prutů příhradové konstrukce	115

4 MATERIÁLY

Pro ocelové konstrukce bude použita ocel S 355J0

Přehled vlastností oceli S355J0								1.0553	
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel								
TDP	CSN EN 10025-2: 2005								
Dřívější označení	S355J0 podle EN 10025: 1990 + A1: 1993; St 52-3 U podle DIN 17100; 11 523 podle CSN								
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn	Si	P	S	N	
	≤16	>16≤40	>40 ¹⁾	max.	max.	max.	max.	max.	
	0,20 ⁵⁾	0,20 ⁴⁾	0,22	1,60	0,55	0,030	0,030	0,012	
Složení hotového výrobku	0,23 ⁵⁾	0,23 ⁴⁾	0,24	1,70	0,60	0,050	0,050	0,011	
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu R _{eH} MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250	
	355	345	335	325	315	295	285	275	
	Pevnost v tahu R _m MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≥ 3 ≤ 100		> 100 ≤ 150			> 150 ≤ 250			
	470-630		450-600			450-600			
	Minimální tažnost v % (L ₀ = 5,65S ₀) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm ⁶⁾ :								
	≥ 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150		> 150 ≤ 250
	22		21		20		18		17
	Minimální nárazová práce KV (J) při 0° C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm : ^{4), 6)}								
≤ 150				> 150 ≤ 250					
27 ⁶⁾				27 ⁶⁾					
Maximální hodnota CEV ³⁾	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:								
	≥ 30		> 30 ≤ 150			> 150 ≤ 250			
	0,45		0,47			0,49 ⁷⁾			
Technologické vlastnosti									
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 (EN 1011).								
Tváření za tepla	Jsou-li dodané výrobky dále tvářeny za tepla, splňují uvedené mechanické hodnoty pouze po následném normalizačním žihání.								
Tvařitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C (S355J0C). To se týká i tažení za studena.								
¹⁾ pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm se obsah C stanoví po dohodě. ²⁾ pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm je hodnoty nutno dohodnout ³⁾ hodnota uhlíkového ekvivalentu CEV stanovena z rozboru tavby se vypočte podle vzorce : CEV = C + Mn : 6 + (Cr+Mo+V) : 5 + (Ni+Cu) : 15 CEV je volitelný požadavek. ⁴⁾ pro jmenovitou tloušťku nad 30 mm a pro tváření za studena je obsah C max. 0,22% resp. 0,24% pro hotový výrobek. ⁵⁾ je-li ocel určena k válcování za studena je obsah C max. 0,22% resp. 0,24% pro hotový výrobek. ⁶⁾ průměrná hodnota vypočtená z výsledků tří stanovení musí splňovat předepsané požadavky. Jedna hodnota může být nižší, než předepsaná minimální hodnota za předpokladu, že nebude nižší, než 70% této hodnoty. V opačném případě se odebírají ze zkušební vzorku další 3 zkušební tělesa. Průměrná hodnota ze 6 zkoušek pak nesmí být nižší než předepsaná minimální hodnota, přičemž 2 výsledky mohou být nižší, ale pouze jeden s hodnotou nižší, než 70% předepsané minimální hodnoty. ⁷⁾ u dlouhých výrobků je maximální hodnota CEV 0,54. ⁸⁾ pro podélný směr zkoušení									

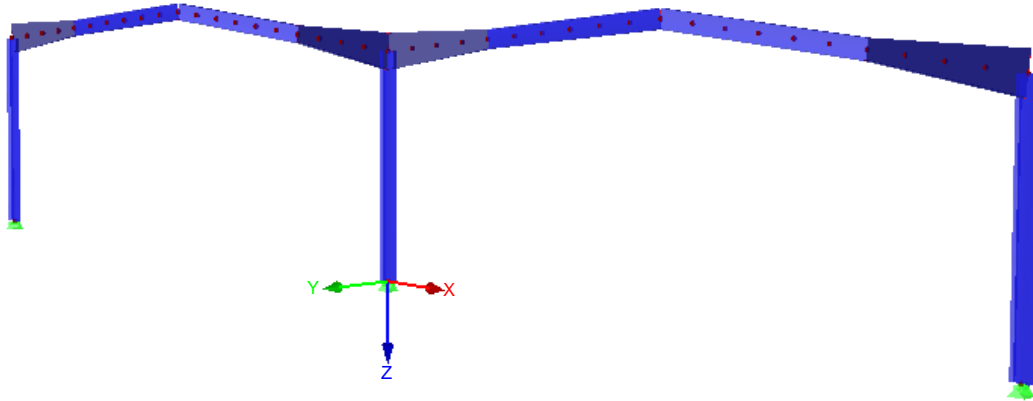
Tenkostěnné za studena válcované Z vaznice od firmy Kovové profily jsou z oceli S350GD.

Šroubové spoje jsou zhotoveny z běžných šroubů (kategorie A), jakost 8.8 a 10.9.

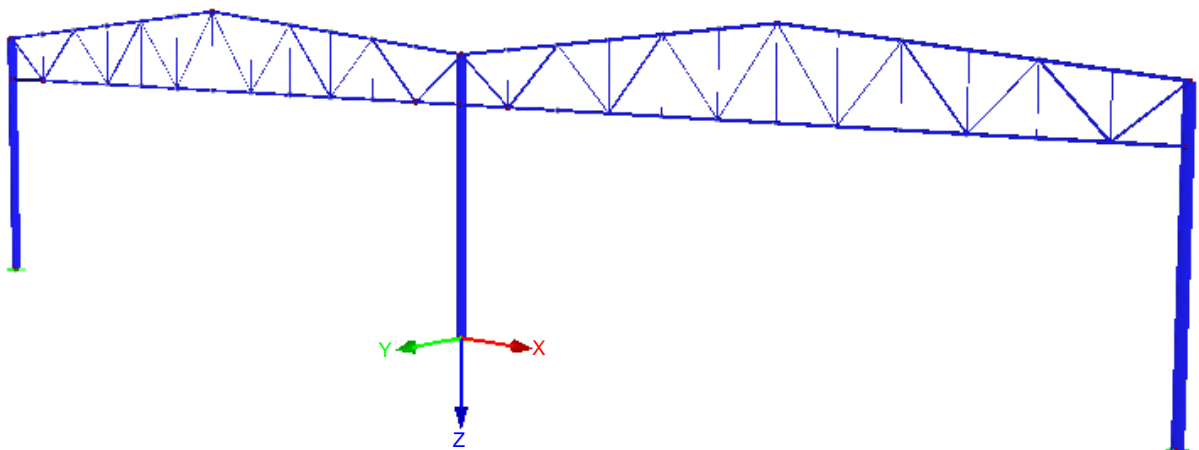
5 ZHODNOCENÍ VARIANT

POROVNÁNÍ HMOTNOSTI OCELI PŘÍČNÝCH VAZEB:

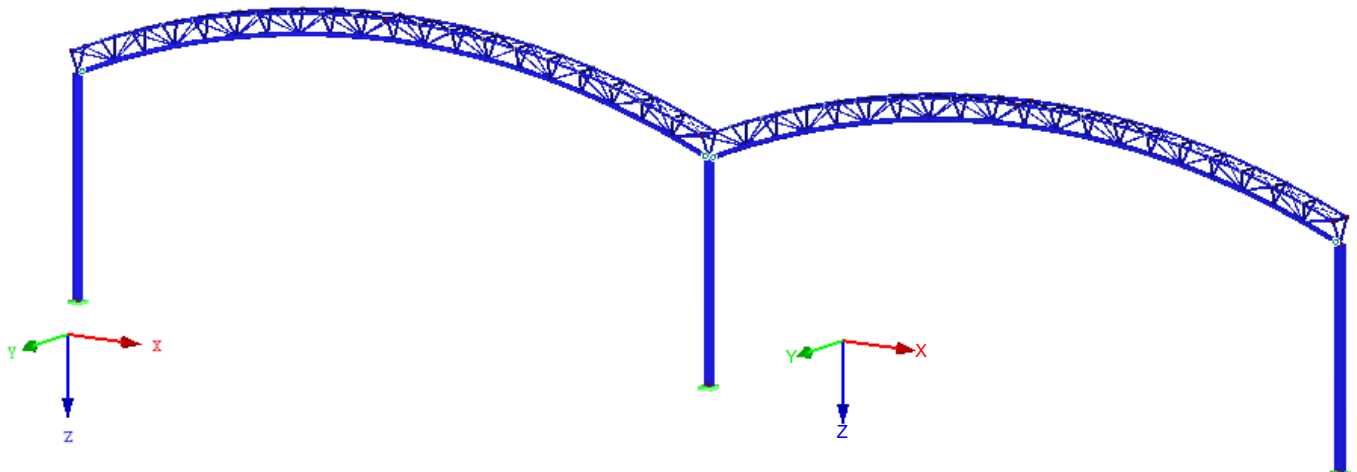
VARIANTA A: 17,338t



VARIANTA B: 8,217t



VARIANTA C: 15,091t



ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ:

Jako prvotní a hlavní hodnotící kritérium bakalářské práce na porovnání jednotlivých typů konstrukce hal byla určena hmotnost konstrukčních prvků příčných vazeb použitých vždy pro danou variantu haly. Pořadí dle celkové hmotnosti příčné vazby bylo určeno od nejtěžší po nejlehčí tonáž konstrukce takto:

1. VARIANTA A, dvojlodní sloupová hala s rámovým vazníkem – 17,338t
2. VARIANTA C, dvojlodní sloupová hala s 3D příhradovým vazníkem – 15,091t
3. VARIANTA B, dvojlodní sloupová hala s 2D příhradovým vazníkem – 8,217t

V případě, že hmotnost ocelové konstrukce varianty B bude stanovena jako referenční, pak varianta C je o cca 84% hmotnější, varianta A pak hmotnější o 111%, proti hmotnosti použité oceli u varianty s 2D příhradovým vazníkem. Rozdíl v hmotnosti mezi jednotlivými variantami je hlavně ve štíhlosti prvků. Je pochopitelné, že příhradový vazník má nejmenší hmotnost, protože výška příhradoviny umožňuje zeštíhlení prutů, což má za následek vylehčení konstrukce. Pokud jsme ale limitováni výškou konstrukce k hřebenu, tak musíme počítat s masivnějšími průřezy a s nárůstem hmotnosti. O ekonomičtější řešení u varianty A jsem se pokoušel navržením náběhů v rámových rozích odpálením a přivařením profilu IPE 750x173, který slouží k přenosu momentů v rámových rozích. Podobně by se dal návrh efektivněji upravit v podobě přidání náběhů na sloupy, což by taky do jisté míry dokázalo zredukovat velikost průřezu po celé délce sloupu a ubrat tak na výsledné hmotnosti. V této práci tak nebylo učiněno z důvodu větší relevantnosti výsledných hodnot. Další faktor, který ovlivní ve variantě A hmotnost celé haly, nikoliv příčné vazby, je absence svíslého střešního ztužidla. U varianty C s 3D příhradovým vazníkem je výhodou v jistých případech, kdy je trojrozměrná příhrada dostatečně tuhá, možnost vypuštění příčného střešního ztužidla, což bude mít za následek snížení celkové hmotnosti haly. Je důležité zmínit, že jeden z hlavních faktorů dimenzí průřezů bylo zatížení sněhem v sněhové oblasti IV, zejména v úžlabí kde vzniká sněhová návěj. Musíme konstatovat, že v otázce hmotnosti příčné vazby je jednoznačným „favoritem“ varianta B – příčná vazba s 2D příhradovým vazníkem.

Zajímavé je také i srovnání způsobu založení sloupů. Návrh a posouzení založení nebylo obsahem této práce, avšak je potřebné zmínit, že kloubové patky ve variantě A budou několika násobně levnější než vetknuté patky ve zbylých dvou variantách. Kvůli kloubovému uložení vazníků ve variantách B a C bylo uvažováno s vetknutými patkami pro menší vybočení sloupu v důsledku působení příčného větru a celkovému zajištění vodorovné tuhosti v rovině příčné vazby.

Jako další hledisko, na které je při návrhu nutné brát zřetel, je způsob využití haly. 2D příhradový vazník sice disponuje výhodou lehčí konstrukce, uživatele ale omezuje samotný vazník, kvůli kterému musí být celková výška k hřebenu konstrukce větší, aby byla splněna požadovaná průchozí výška. U 3D vazníku je tento problém do jisté míry omezen zmenšením příhradoviny a zaoblením vazníku do oblouku. Rám je, co se dispozičního využití

týče, nejideálnější pro zastřešení skladovací haly. Neobsahuje žádné dispoziční omezující příhradoviny, ani podélná střešní ztužidla.

V neposledním řadě je nutné zvážit náročnost výroby. U variant B a C je výroba příhradového vazníku podstatně těžší. Zatím co u dvourozměrného příhradového vazníku komplikuje výrobu pouze množství styků, u varianty s obloukovým 3D vazníkem na jednoduchosti nepřidává ani nutnost tvarování kruhových trubek za tepla do požadovaného obloukového tvaru. Varianta A s rámovou příčnou vazbou je na výrobu a montáž nejjednodušší z důvodu minima prutů a z toho plynoucího počtu spojů.

Za důležité považuji zmínit také požární odolnost konstrukce. Pevnost oceli se s rostoucí teplotou snižuje, což znamená, že po určitém čase dochází k dosažení kritické teploty a prvky konstrukce začínají kolabovat. Protože teploty musí být dosaženo v celém průřezu, jsou masivní průřezy odolnější z důvodu delší doby prohřátí celého průřezu. Průřezový faktor $\frac{A_m}{A}$ je právě hlavním měřítkem, kde A_m je obvod příčného řezu a A je průřezová plocha. Proto můžeme konstatovat, že rám s masivnějšími průřezy splní tento požadavek podstatně lépe oproti příhradovým konstrukcím s kruhovými profily.

ZÁVĚR

Zhodnocením všech faktorů ovlivňujících jednotlivé varianty příčných vazeb lze konstatovat, že navzdory početným výhodám rámové konstrukce je nutné přihlédnout k ekonomické výhodnosti příčné vazby s 2D příhradovým vazníkem, která je hmotností oceli více než dvojnásobně lehčí a tím pádem ekonomicky výhodnější. Je důležité zmínit, že neekonomická stránka varianty s rámovou příčnou vazbou je do jisté míry způsobena velkým rozpětím haly. U hal menších rozpětí by se lépe ukázala ekonomická výhodnost této varianty.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

NORMY

- [1] ČSN EN 1991-1 - Eurokód 1 Zatížení konstrukcí
- [2] ČSN EN 1993-1 (731401) - Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

LITERATURA

- [3] Studnička J.: Ocelové konstrukce, vydalo České učení technické v Praze, 2004
- [4] Sokol Z., Wald F.: Ocelové konstrukce, Tabulky, vydalo České vysoké učení technické v Praze, 2019
- [5] Studnička J.: Ocelové konstrukce 2, Zatížení, vydalo České učení technické v Praze, 2015
- [6] Sokol Z., Eliášová M.: Ocelové konstrukce – Příklady, vydalo České učení technické v Praze, 2005

INTERNETOVÉ STRÁNKY

- [8] www.kingspan.com – stránky výrobce sendvičových izolačních panelů
- [9] www.kovprof.cz – stránky výrobce tenkostěnných profilů
- [10] www.ferona.cz – stránky velkoobchodu s hutním materiálem

POUŽITÉ PROGRAMY

- Dlubal RFEM 5.26 – studentské verze
- AutoCAD 2019 – studentské verze
- Sada Microsoft Office 2019