

MORAVIA PROJEKCE

statická kancelář

STATICKÝ VÝPOČET

STŘEŠNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE
MŠ HVĚZDIČKA

Masarykovo náměstí 1664/6, 664 51 Šlapanice



OBSAH

1	ÚVOD	4
2	POUŽITÉ PODKLADY A NÁSTROJE	4
2.1	Podklady	4
2.2	Odborná literatura	4
2.3	Software	4
3	MATERIÁLY	5
3.1	Beton	5
3.1	Betonářská výztuž	5
3.2	Ocel	5
4	VÝSLEDEK PRŮZKUMU STÁVAJÍCÍHO STAVU	6
5	VÝSLEDEK POSOUZENÍ	7
6	ZATÍŽENÍ	8
6.1	Stálé zatížení	8
6.1.1	<i>Vlastní tíha</i>	8
6.1.2	<i>Ostatní stálé zatížení</i>	8
6.2	Proměnné zatížení	9
6.2.1	<i>Užitné zatížení</i>	9
6.2.2	<i>Klimatické zatížení – sníh</i>	9
6.2.3	<i>Klimatické zatížení – vítr</i>	11
7	POSOUZENÍ KONSTRUKCÍ A PRVKŮ	13
7.1	Dřevěné vaznice	13
7.2	Výpočtový model ocelového rámu	15
7.3	Posouzení ocelových prvků rámu	23



1 ÚVOD

Tato dokumentace zahrnuje statické posouzení nosné konstrukce zastřešení. Jedná se o objekt mateřské školy ve Šlapanicích. Posouzení je vypracováno v podrobnosti dokumentace pro stavební povolení. Účelem je ověření možnosti realizace zamýšlené rekonstrukce střešního pláště.

2 POUŽITÉ PODKLADY A NÁSTROJE

Následující dokumenty byly použity jako vstupní údaje pro posouzení a jsou uvedeny i podklady sloužící jako technické požadavky. Není-li uvedeno jinak, jsou použity nejnovější verze norem a jejich příloh.

2.1 Podklady

- [1] Projektová dokumentace stavebně-konstrukčního řešení
Mateřská škola Masarykovo náměstí Šlapanice
projektant: Ing. Iva Ručná, rok 1995
- [2] Odborný posudek
Odborné posouzení ploché a šikmé střechy mateřské školy
projektant: Ing. Jan Kurka, za společnost DEKPROJEKT s.r.o., rok 2022
- [3] Digitální mapa zatížení sněhem na zemi
(Projekt GA ČR 103/08/0589 Pravděpodobnostní aplikace geostatistických metod zpracování charakteristik sněhové pokrývky pro zajištění spolehlivých nosných konstrukcí)

2.2 Odborná literatura

ČSN EN 1990 – Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 – Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992 – Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí

ČSN EN 1993 – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

2.3 Software

Scia Engineer

Microsoft Office

LibreCAD



3 MATERIÁLY

3.1 Beton

Základy, opěrná zeď, věnce

beton třídy B20 (odpovídá C16/20)

3.1 Betonářská výztuž

Vázaná výztuž

Jakost

10 216 (E)

Mez kluzu

$f_{yk} = 206 \text{ N/mm}^2$

Návrhová únosnost v tahu

$f_{yd} = 179 \text{ N/mm}^2$ ($\gamma_s = 1.15$)

Modul pružnosti

$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

Jakost

10 335 (J)

Mez kluzu

$f_{yk} = 325 \text{ N/mm}^2$

Návrhová únosnost v tahu

$f_{yd} = 283 \text{ N/mm}^2$ ($\gamma_s = 1.15$)

Modul pružnosti

$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

3.2 Ocel

Ocelový rám

konstrukční ocel řady 37 (11373)

$f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 370 \text{ MPa}$



4 VÝSLEDEK PRŮZKUMU STÁVAJÍCÍHO STAVU

Objekt je jednopodlažní, nepodsklepený. Je zastřešen kombinací ploché a sedlové střechy. Posouzení se zabývá pouze částí v místě sedlové střechy. Půdorysné rozměry objektu jsou 24 x 10 m. Výška v místě atiky je 5,5 m nad okolitým terénem.

Objekt mateřské školy je částečně navržen v již dříve vyprojektovaném objektu knihovny a částečně v navazující přístavbě. Jedná se o přízemní zděnou budovu se sedlovou střechou.

Vzhledem k tomu, že nebylo možné zachytit vodorovné síly od střechy ve stropní rovině, je nosná konstrukce střechy tvořena ocelovým rámem, který přenáší vodorovné síly do roviny podlahy. Sklon střešních rovin je 30°. Příčle i sloupy rámu jsou provedeny ze dvou svařených profilů U 140. Ocelové rámy nesou zapuštěné dřevěné vaznice a vevařené ocelové nosníky pro vynesení sádkartonového podhledu. Vaznice jsou z průřezu 120/160 rozmístěné ve vzdálenosti 1,0 m. Vodorovný ocelový nosník pro vynesení podhledu je tvořen ocelovým profilem I120.

Sloupy rámu jsou zazděny do zdiva tl. 380 mm a 300 mm z cihel Porotherm, které zabezpečuje podélnou tuhost budovy. V příčném směru je tuhost stavby zajištěna zděným traktem s příčnými zdi a panelovým stropem z předpjatých stropních panelů Spiroll.

Ztužení doplňují vodorovné věnce výšky 300 mm. Výztuž věnců přerušena ocelovými sloupy nebo průvlaky je přivařena k těmto sloupům.

Založení objektu je provedeno na pilotách. Piloty podporují železobetonové monolitické základové nosníky rozměrů 600 x 600 mm. Žb. základové nosníky jsou monoliticky spojeny s železobetonovou úhelníkovou opěrnou zdí max. výšky 5,15 m. Opěrná zeď je také podporována pilotami.



Obrázek 1 - vyznačení objektů na mapě



Obrázek 2 – Detail napojení vaznic na ocelový rám

5 VÝSLEDEK POSOUZENÍ

Nosná konstrukce objektů byla ve výpočtu zatížena veškerým působícím zatížením dle platných norem v oboru zatížení stavebních konstrukcí, zejména ČSN EN 1991 – Eurokód 1 Zatížení konstrukcí. Byla ověřena únosnost na účinky zatížení od vlastní hmotnosti v kombinaci se zatížením sněhem a fotovoltaickými panely.

- Střešní plášť lze rekonstruovat dle projektové dokumentace rekonstrukce střechy vypracované na základě odborného posudku [2].
- Na střešní nosnou konstrukci ž.b. desky lze zároveň umístit panely fotovoltaické elektrárny. Uvažované zatížení pro FTV je 15 kg/m^2 .



6 ZATÍŽENÍ

6.1 Stálé zatížení

6.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována programem Scia Engineer na základě rozměrů a materiálu, nebo je zohledněna v posouzení konkrétního prvku.

6.1.2 Ostatní stálé zatížení

stávající skladba sedlové stř.	á [m]	výška [m]	kN/m ³	kN/m ²	γ _G	kN/m ²
krytina z pálených tašek včetně laťování				0,55	1,35	0,74
fólie				0,005	1,35	0,01
dřevěné vaznice 120/160	1,00	0,160	5	0,10	1,35	0,13
příčel ocelové rámová konstrukce						
nevětráný podstřešní prostor						
tepelněizolační desky z minerální vaty		0,120	1	0,12	1,35	0,16
Ocelový obdélníkový profil 40/90/2				0,05	1,35	0,07
dvojitý dřevěný rošt z latí 45/25				0,10	1,35	0,14
SDK podhled				0,30	1,35	0,41
				1,22	1,35	1,65

nová skladba sedlové střechy	á [m]	výška [m]	kN/m ³	kN/m ²	γ _G	kN/m ²
pálené keramické tašky včetně laťování				0,55	1,35	0,74
fólie				0,003	1,35	0,00
Desky z polyisokyanurátu		0,160	0,35	0,06	1,35	0,08
pás z SBS modifikovaného asfaltu		0,002	12	0,03	1,35	0,04
Dřevoštěpková deska OSB/3		0,020	5	0,10	1,35	0,14
dřevěné vaznice 120/160	1,00	0,160	5	0,10	1,35	0,13
příčel ocelové rámová konstrukce						
nevětráný podstřešní prostor						
roznášecí dřevěné fošny		0,020	5	0,10	1,35	0,14
Ocelový obdélníkový profil 40/90/2				0,05	1,35	0,07
dvojitý dřevěný rošt z latí 45/25				0,10	1,35	0,14
SDK podhled				0,30	1,35	0,41
				1,38	1,35	1,86

Technologie	tl. (m)	kN/m ³	kN/m ²	γ _G	kN/m ²
Fotovoltaické panely			0,15	1,35	0,20
Osvětlení, elektroinstalace			0,00	1,35	0,00
			0,15	kN/m ²	0,20

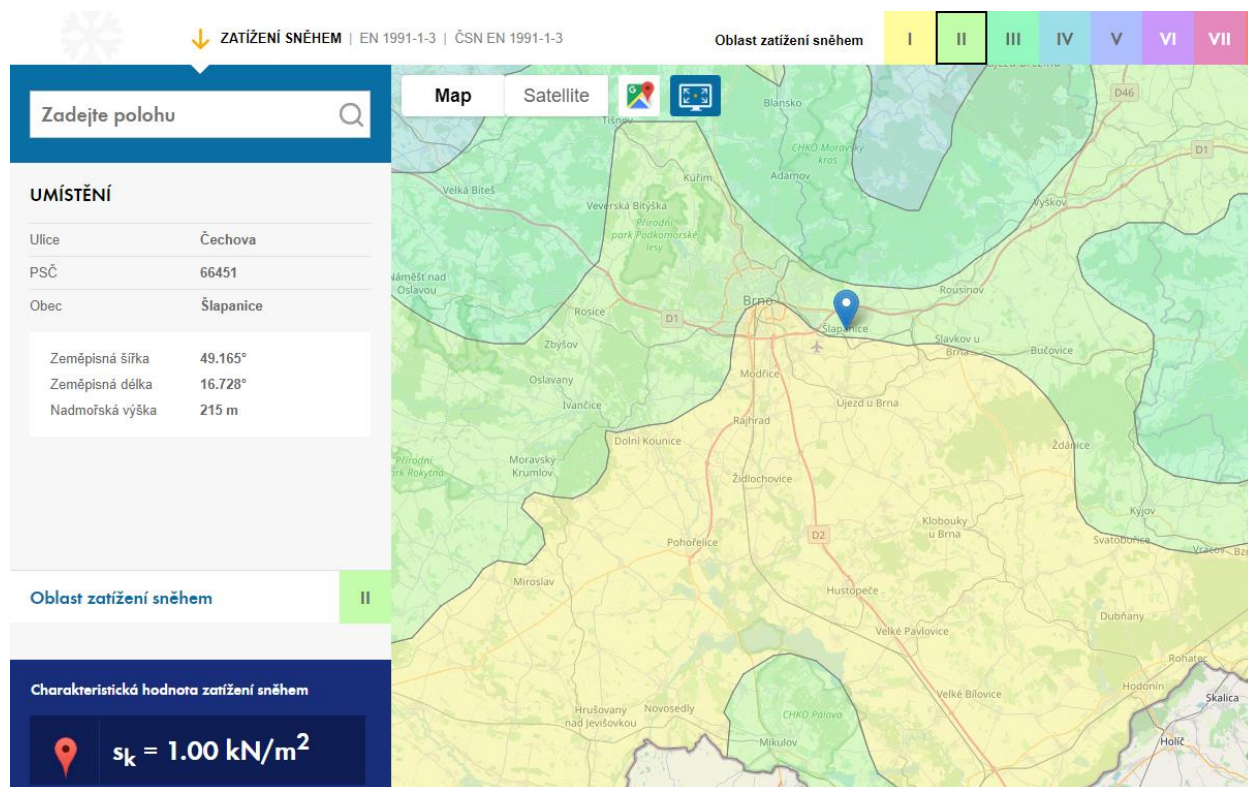


6.2 Proměnné zatížení

6.2.1 Užité zatížení

	kN/m^2	γ_Q	kN/m^2
H - nepřístupné střechy	0,75	1,5	1,13

6.2.2 Klimatické zatížení – sněh

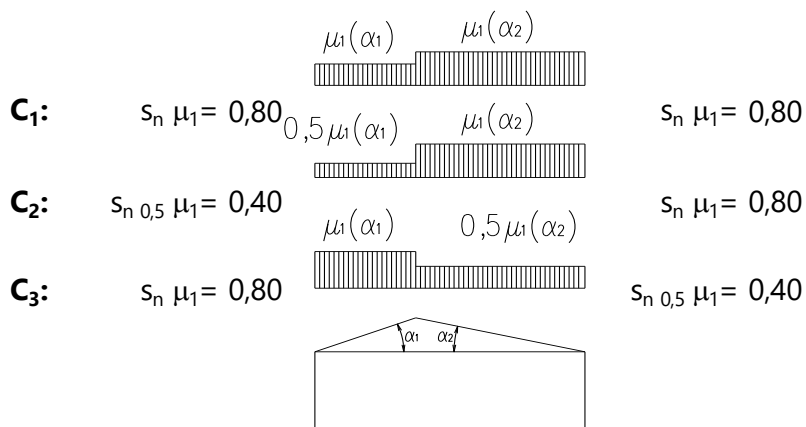




Klimatické zatížení - sních

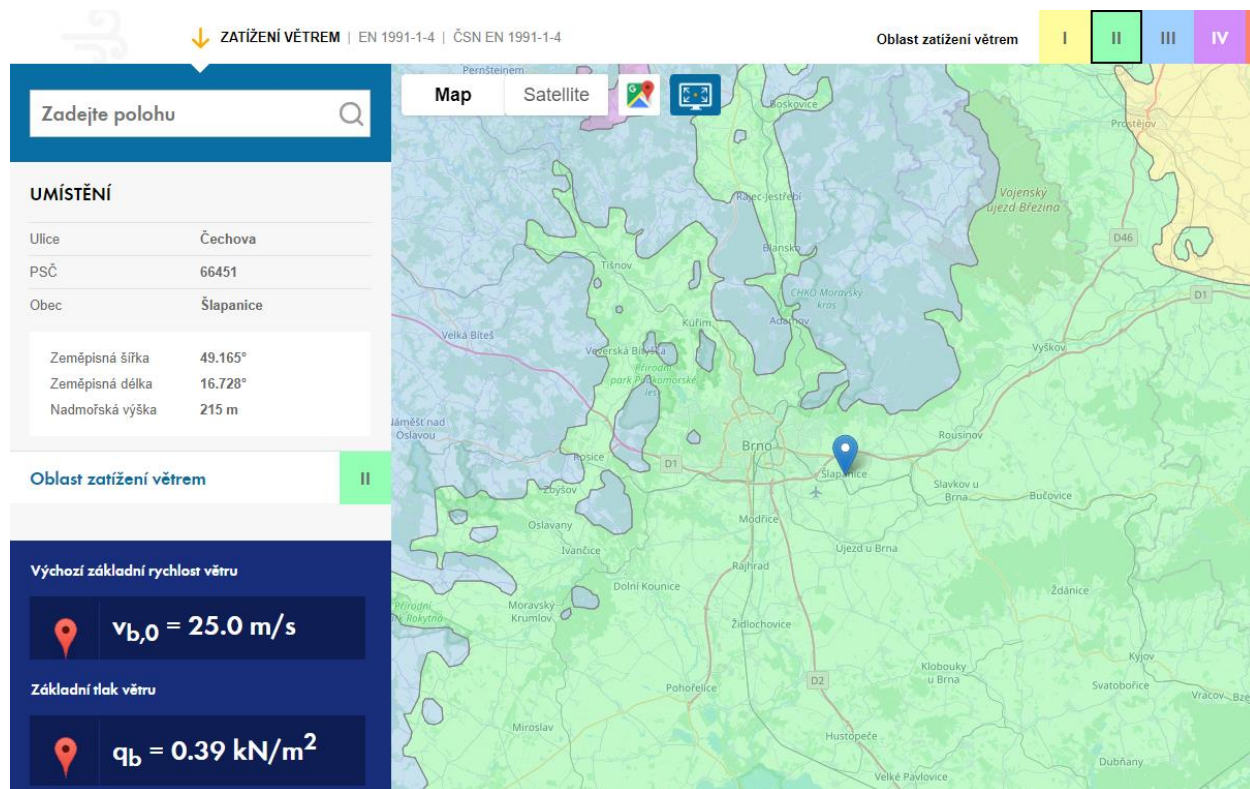
II. sněhová oblast

normové zatížení sněhem	$s_k = 1,00$	kN/m^2			
sklon střechy	$\alpha_1 = 30$	$^\circ$	$\alpha_2 = 30$	$^\circ$	
tvárový součinitel	$\mu_1 = 0,80$		$\mu_1 = 0,80$		
souč. expozice	$C_e = 1,0$				
tepelný souč.	$C_t = 1,0$	$zš \text{ (m)}$	kN/m	γ_Q	kN
zatížení sněhem	$s_n = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k =$	1,000	1,00	1,5	1,50

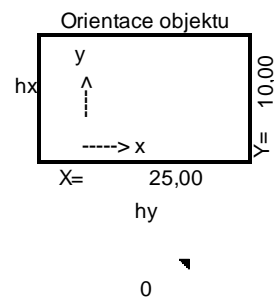




6.2.3 Klimatické zatížení – vítr

**Sedlová střecha**

X	25 m	Šířka objektu (viz. obrázek Orientace objektu)
Y	10 m	Délka objektu (viz. obrázek Orientace objektu)
hx	5,5 m	Výška
hy	5,5 m	Výška
Oblast II		Oblast dle ČSN EN 1991-1-4
$v_{b,0}$	25,0 ms^{-2}	Hodnota základní rychlosti větru
c_{dir}	1,00	Součinitel směru větru
c_{season}	1,00	Součinitel ročního období
v_b	25,0 ms^{-2}	Základní rychlost větru
ρ	1,25 kgm^{-3}	Hustota vzduchu
q_b	0,39 kNm^{-2}	Základní tlak větru
Terén III		Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, stavbami, překážkami
z_0	0,30 m	Parametr drsnosti
z_{min}	5,0 m	Minimální výška
c_0	1,00	Součinitel orografie
k_l	1,00	Součinitel turbulence
k_r	0,22	Součinitel terénu
$z_{e,y}$	5,50 m	Referenční výška ve směru y
$z_{e,x}$	5,50 m	Referenční výška ve směru x
$c_{r,x}$	0,63	Součinitel drsnosti terénu ve směru x
$c_{r,y}$	0,63	Součinitel drsnosti terénu ve směru y
$c_{e,x}$	1,34	Součinitel expozice ve směru x
$c_{e,y}$	1,34	Součinitel expozice ve směru y
$q_{p,x}$	0,52 kNm^{-2}	Špičkový tlak větru ve směru x
$q_{p,y}$	0,52 kNm^{-2}	Špičkový tlak větru ve směru y

 $c_e(z_e)$ $c_e(z_e)$

Svislé stěny hsb

Příčný vítr

směr y

0°,180°

h= 5,50

e= 11,00

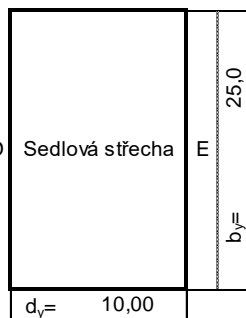


Schéma a_y

směr y

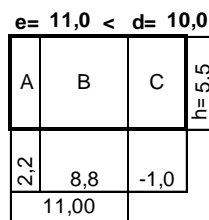


Schéma b_y

směr y

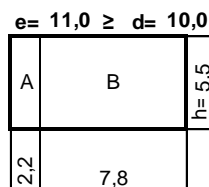
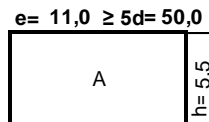


Schéma c_y

směr y



Podélný vítr

směr x

90°

h= 5,50

e= 10,00

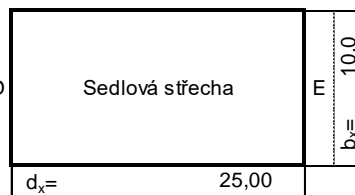


Schéma a_x

směr x

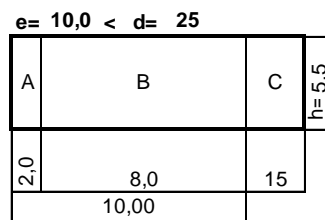


Schéma b_x

směr x

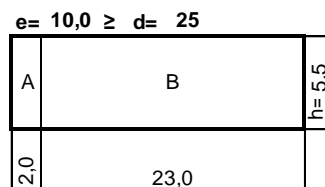
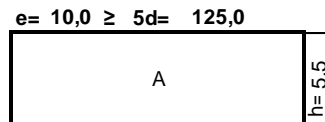


Schéma c_x

směr x



Směr y (0°,180°)

Zóna	c _{pe,y}		w _{e,y} (kNm ⁻²)	
	Tlak	Sání	Tlak	Sání
A	0,00	-1,20	0,00	-0,63
B	0,00	-0,80	0,00	-0,42
C	0,00	-0,50	0,00	-0,26
D	0,74	0,00	0,39	0,00
E	0,00	-0,38	0,00	-0,20

Směr x (90°)

Zóna	c _{pe,x}		w _{e,x} (kNm ⁻²)	
	Tlak	Sání	Tlak	Sání
A	0,00	-1,20	0,00	-0,63
B	0,00	-0,80	0,00	-0,42
C	0,00	-0,50	0,00	-0,26
D	0,70	0,00	0,37	0,00
E	0,00	-0,30	0,00	-0,16

1 1

1 1

1 1

1 1

Vyhodnocení refer. výšky dle vzorce hsb

Směr y	Směr x
vyhovuje	vyhovuje

Sedlová střecha

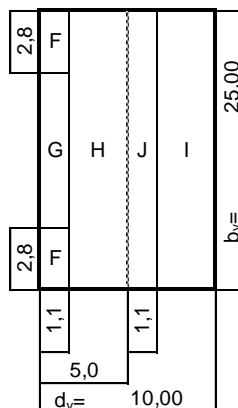
α 30 ° Sklon střechy

směr y

0°,180°

h= 5,50

e= 11,00

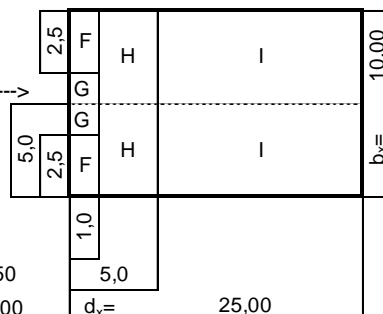


směr x

90°

h= 5,50

e= 10,00



Směr y (0°,180°)

Zóna	c _{pe,y}		w _{e,y} (kNm ⁻²)	
	Tlak	Sání	Tlak	Sání
F	0,75	-0,50	0,39	-0,26
G	0,50	-0,50	0,26	-0,26
H	0,40	-0,20	0,21	-0,10
I	0,00	-0,45	0,00	-0,24
J	0,00	-0,70	0,00	-0,37

Směr x (90°)

Zóna	c _{pe,x}		w _{e,x} (kNm ⁻²)	
	Tlak	Sání	Tlak	Sání
F	0,00	-1,15	0,00	-0,60
G	0,00	-1,25	0,00	-0,65
H	0,00	-0,70	0,00	-0,37
I	0,00	-0,50	0,00	-0,26



7 POSOUZENÍ KONSTRUKCÍ A PRVKŮ

7.1 Dřevěné vaznice

KROKVE PLOCHÉ STŘECHY

(zatížení dle ČSN EN 1991 a posudek dle ČSN EN 1995-1-1)

Zatížení

Stálé	(vzdálenost a= 1 m)	kN/m ²	kN/m	γ_f	kN/m
vlastní tíha			0,10	1,35	0,13
skladba pláště	1,00	0,55	0,55	1,35	0,74
podhled	1,00	0,00	0,00	1,35	0,00
	1,00		0,00	1,35	0,00
celkem =		0,55 kN/m ²	0,65	1,35	0,87

Nahodilé - sníh

II. sněhová oblast						
normové zatížení sněhem	$s_k =$	1,0	kN/m ²			
tvarový součinitel	$\mu_i =$	0,80	součinitel expozice	$C_e =$	1,00	
tepelný součinitel	$C_t =$	1,00	zš (m)	kN/m	γ_f	kN/m
zatížení sněhem	$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k =$	0,80	1,00	0,80	1,5	1,20

Nahodilé - vítr

II. větrová oblast			základní rychlost větru $v_{b,0}=$ 25,00 m/s				
dynamický tlak větru	$q_k=$	0,52	kN/m^2	výška nad terénem	8,1 m		
součinitele vnějšího tlaku	tlak	sání	c_{pe}	zš (m)	kN/m		
			0,5	1,00	0,26	1,5	0,39
			$w=C_{pe} \cdot q_k$	0,45	1,00	0,23	1,5

Kombinace	6.10a	$f_{da} = 1,35 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot \psi_{0,s} \cdot s + 1,5 \cdot \psi_{0,w} \cdot w =$	1,71	kN/m	$\psi_{0,s} = 0,5$
MSU	6.10b	$f_{db} = 1,35 \cdot 0,85 \cdot \Sigma g_k + 1,5 \cdot s + 1,5 \cdot \psi_{0,w} \cdot w =$	2,18	kN/m	$\psi_{0,w} = 0,6$
$f_d = \max(f_{da}; f_{db}) =$			2,18	kN/m	

Vstupní veličiny

b =	120	mm		$M_{Ed} = 1/8 \cdot f_d \cdot L^2 =$	4,4	kNm
h =	160	mm				
rozpětí L =	4000	mm				

Materiál

dřevo třídy	C24	dobu působení zatížení	$f_{m,k} =$	24	MPa
třída použití	1	střednědobé	$E_{0,mean} =$	11000	MPa
$k_{mod} =$	0,80	$\gamma_M =$	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M =$	14,8	MPa

Posouzení únosnosti

W =	512000	mm ³	I =	40960000	mm ⁴
-----	--------	-----------------	-----	----------	-----------------

napětí při ohybu

$$\sigma = M_{Ed} / W = \mathbf{8,5 \text{ MPa}} < \mathbf{f_{m,d} = 14,8 \text{ MPa}}$$

průřez VYHOVUJE



Posouzení průhybu

$$u_{inst,G} = 4,78 \text{ mm} \quad u_{inst} = 5/384 \cdot f_n \cdot L^4 / (E_{o,mean} \cdot I)$$

$$u_{inst,s} = 5,92 \text{ mm} \quad u_{inst,w} = 1,92 \text{ mm}$$

celkový průhyb

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,s} + u_{inst,w} = 12,6 \text{ mm} < u_{inst,max} = L/250 = 16,0 \text{ mm}$$

průřez VYHOVUJE

celkový průhyb s dotvarováním

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 7,65 \text{ mm} \quad \psi_{2,s} = 0,0$$

$$u_{fin,s} = u_{inst,s} \cdot (1 + \psi_{2,s} \cdot k_{def}) = 5,92 \text{ mm} \quad \psi_{2,w} = 0,0$$

$$u_{fin,w} = u_{inst,w} \cdot (\psi_{0,w} + \psi_{2,w} \cdot k_{def}) = 1,15 \text{ mm} \quad k_{def} = 0,6$$

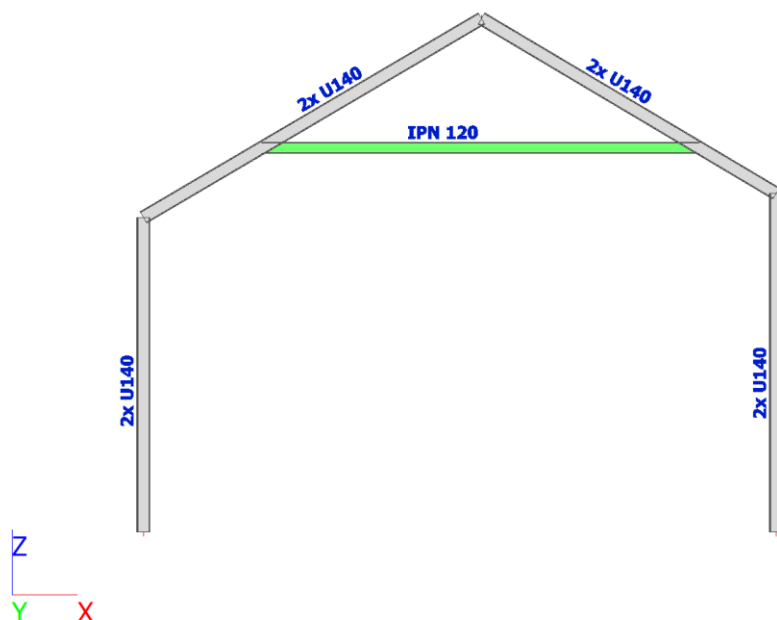
$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,s} + u_{fin,w} = 14,7 \text{ mm} < u_{fin} = L/200 = 20,0 \text{ mm}$$

průřez VYHOVUJE

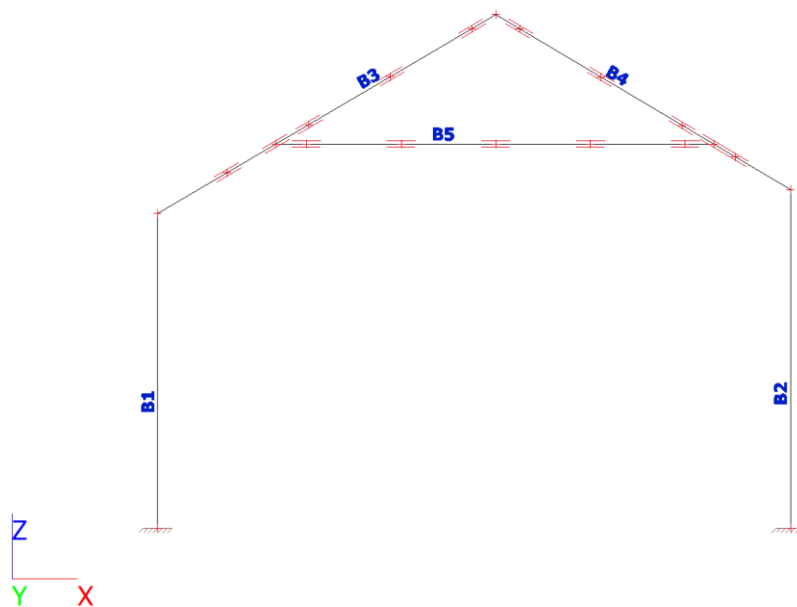


7.2 Výpočtový model ocelového rámu

Pohled na vazník



Výpočtový model - označení prutů







Prvky

Jméno	Průřez	Délka [mm]	Materiál	Poč. uzel	Konc. uzel	Typ
B1	2x U140 - 2Uo (UPN140; 3)	3323,000	S 235	N1	N2	nosník (80)
B2	2x U140 - 2Uo (UPN140; 3)	3576,000	S 235	N3	N4	nosník (80)
B3	2x U140 - 2Uo (UPN140; 3)	4141,847	S 235	N5	N2	nosník (80)
B4	2x U140 - 2Uo (UPN140; 3)	3617,113	S 235	N5	N4	nosník (80)
B5	IPN 120 - IPN120	4622,287	S 235	N6	N7	nosník (80)

Průřezy

Jméno	Typ	Materiál	Výroba	A [m²]	A _y [m²]	I _y [m⁴]	W _{el,y} [m³]	W _{pl,y} [m³]	Barva
	Detailní				A _z [m²]	I _z [m⁴]	W _{el,z} [m³]	W _{pl,z} [m³]	
2x U140	2Uo	S 235	válcovaný	4,0752e-03	2,8853e-03	1,2100e-05	1,7285e-04	2,0561e-04	
	UPN140; 3				1,9694e-03	2,7275e-06	4,4350e-05	7,7621e-05	
IPN 120	IPN120	S 235	válcovaný	1,4200e-03	9,5057e-04	3,2800e-06	5,4700e-05	6,3600e-05	
					6,1785e-04	2,1500e-07	7,4100e-06	1,2400e-05	

Materiály

Ocel EC3

Jméno	Jednotková hmotnost [kg/m³]	E [MPa]	Poisson - nu	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	Fy (rozsah) [MPa]	Fu (rozsah) [MPa]
		G [MPa]	Tep.roztaž. [m/mK]				
S 235	7850,0	2,1000e+05	0,3	0	40	235,0	360,0
		8,0769e+04	0,00	40	80	215,0	360,0

Zatížení

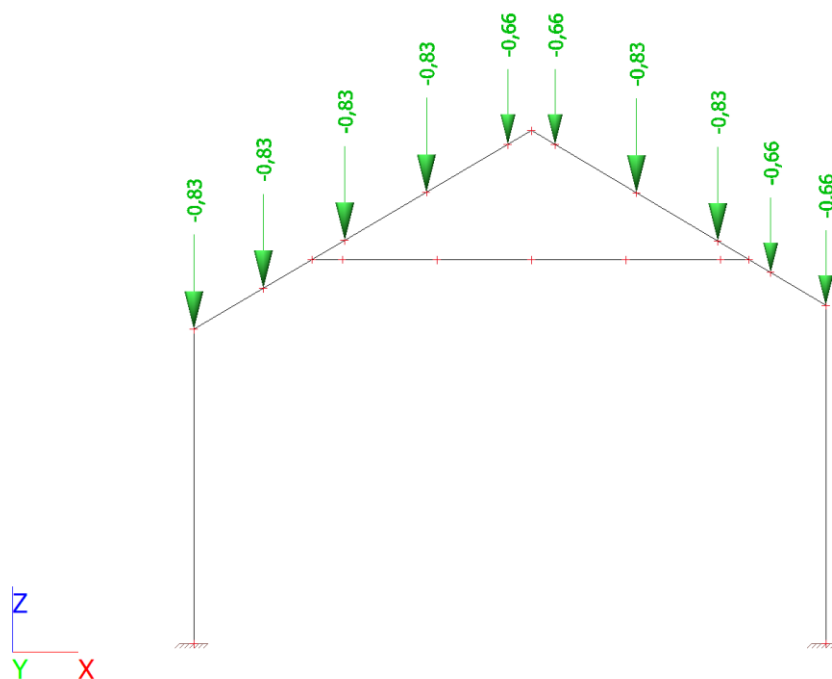
Zatěžovací stavy

Zatěžovací stavy - přehled

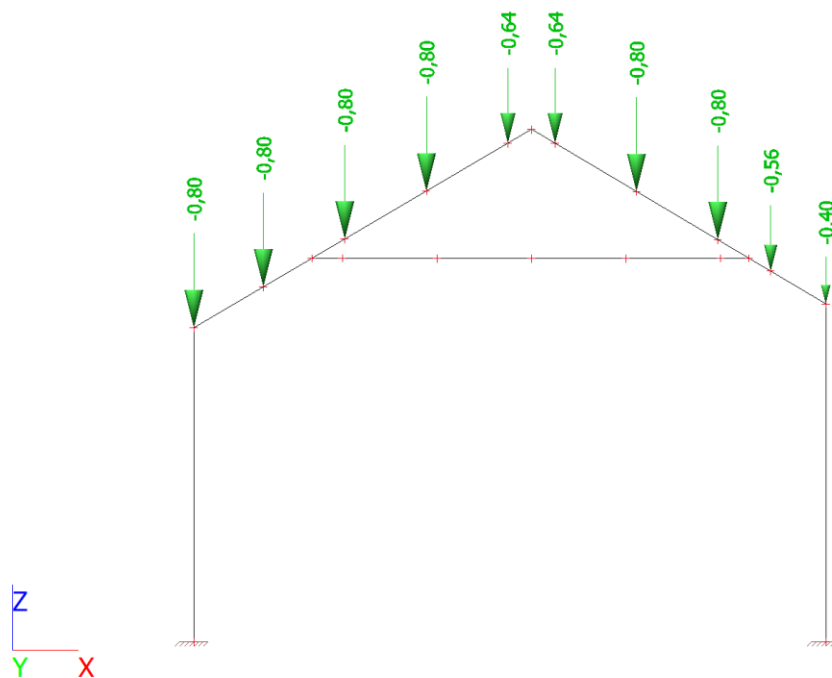
Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
LC1	vlastní tíha	Stálé	LG1	-Z		
		Vlastní tíha				
LC2	skladba střechy	Stálé	LG1			
		Standard				
LC3	sníh	Proměnné	sníh		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
LC4	vítr	Proměnné	vítr		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
LC5	fotovoltaika	Stálé	LG1			
		Standard				
LC6	podhled	Stálé	LG1			
		Standard				
LC7	osamělé břemeno	Stálé	LG1			
		Standard				



LC2

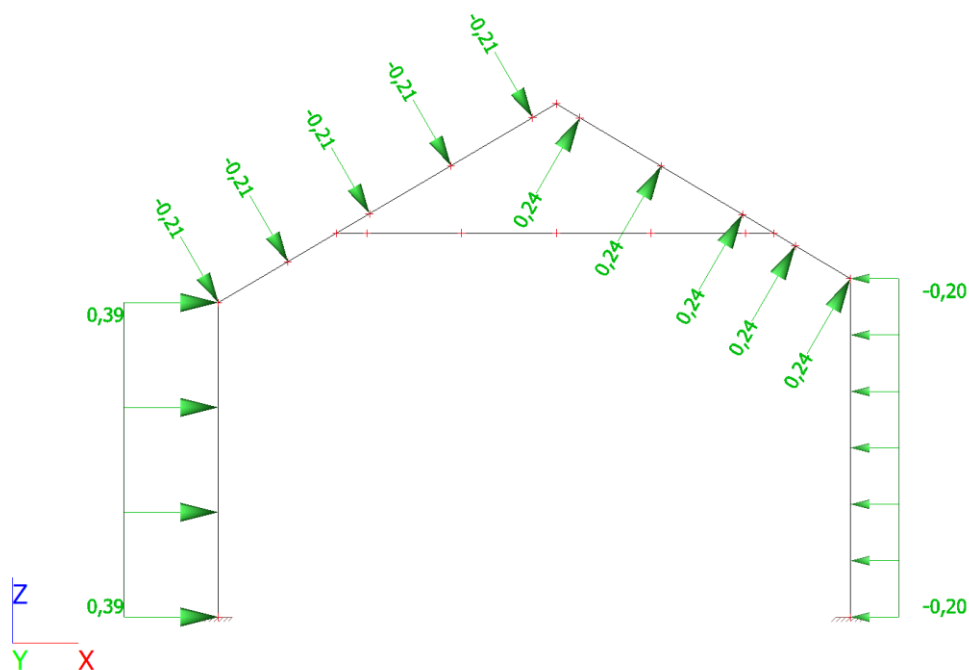


LC3

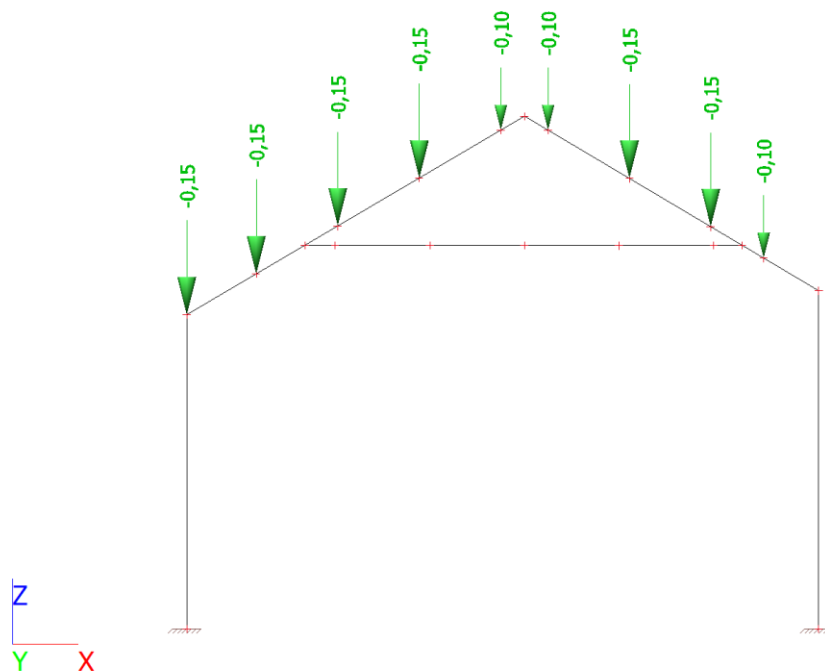




LC4

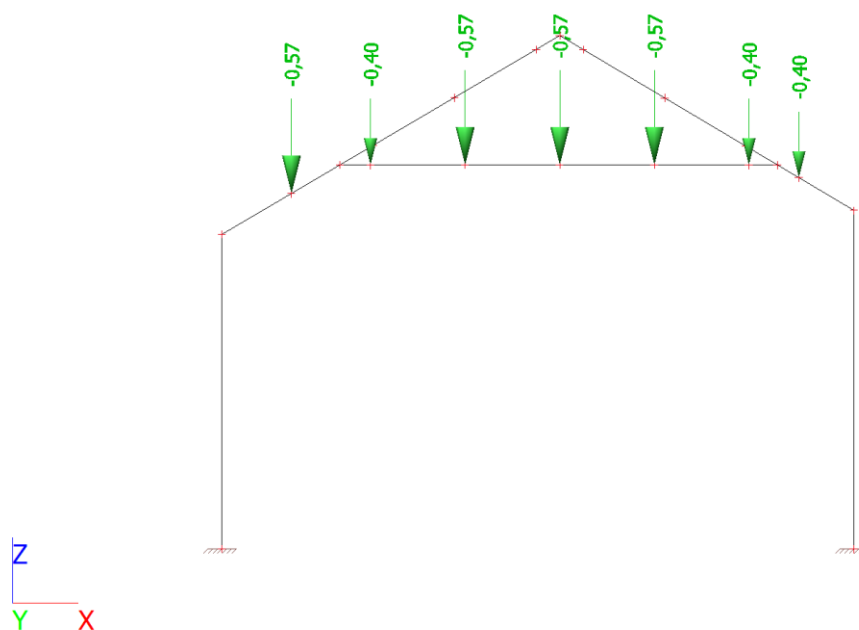


LC5

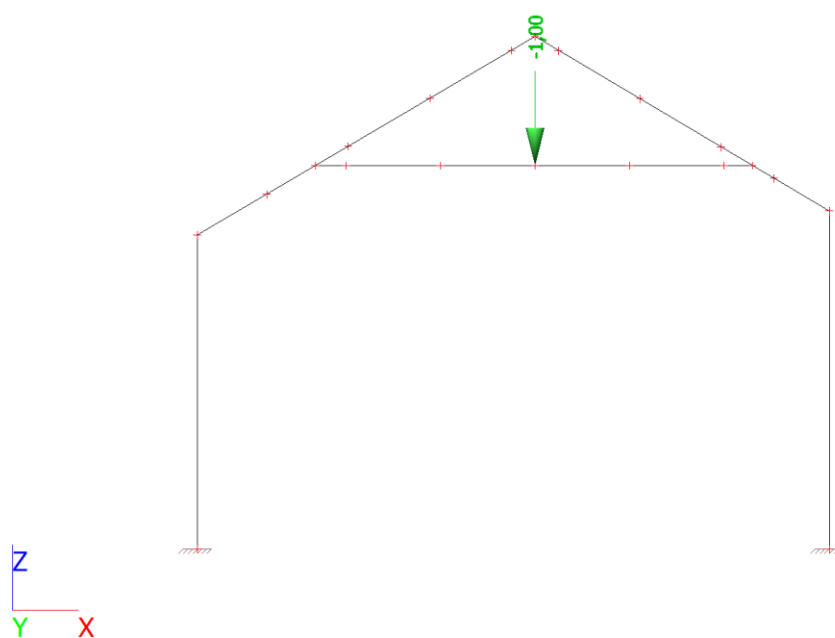




LC6



LC7



Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
LG1	Stálé		
sníh	Proměnné	Standard	Sníh
vítr	Proměnné	Výběrová	Vítr



Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	LC1 - vlastní tíha	1,00
			LC2 - skladba střechy	4,00
			LC3 - sníh	4,00
			LC4 - vítr	4,00
			LC5 - fotovoltaika	4,00
			LC6 - podhled	4,00
			LC7 - osamělé břemeno	1,00
MSP		EN-MSP charakteristická	LC1 - vlastní tíha	1,00
			LC2 - skladba střechy	4,00
			LC3 - sníh	4,00
			LC4 - vítr	4,00
			LC5 - fotovoltaika	4,00
			LC6 - podhled	4,00
			LC7 - osamělé břemeno	1,00

Klíč kombinace

Klíč kombinace

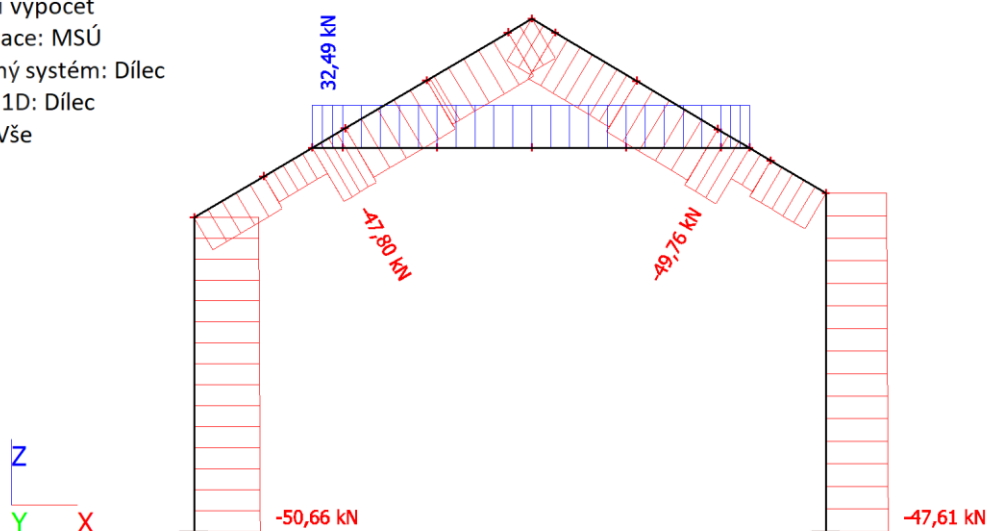
Jméno	Popis kombinací
1	LC1*1,15 +LC2*4,59 +LC3*6,00 +LC5*4,59 +LC6*4,59 +LC7*1,15
2	LC1*1,35 +LC2*5,40 +LC3*3,00 +LC4*3,60 +LC5*5,40 +LC6*5,40 +LC7*1,35
3	LC1*1,35 +LC2*5,40 +LC5*5,40 +LC6*5,40 +LC7*1,35
4	LC1*1,35 +LC2*5,40 +LC4*3,60 +LC5*5,40 +LC6*5,40 +LC7*1,35
5	LC1*1,35 +LC2*5,40 +LC3*3,00 +LC5*5,40 +LC6*5,40 +LC7*1,35
6	LC1*1,15 +LC2*4,59 +LC3*6,00 +LC4*3,60 +LC5*4,59 +LC6*4,59 +LC7*1,15

Příhradový vazník

Vnitřní síly - MSÚ

N

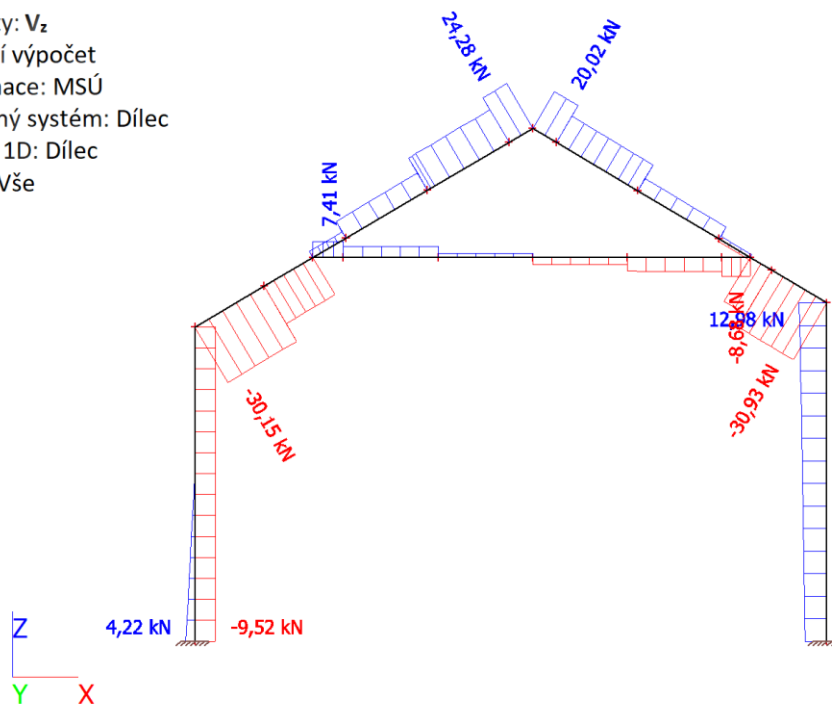
Hodnoty: N
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše





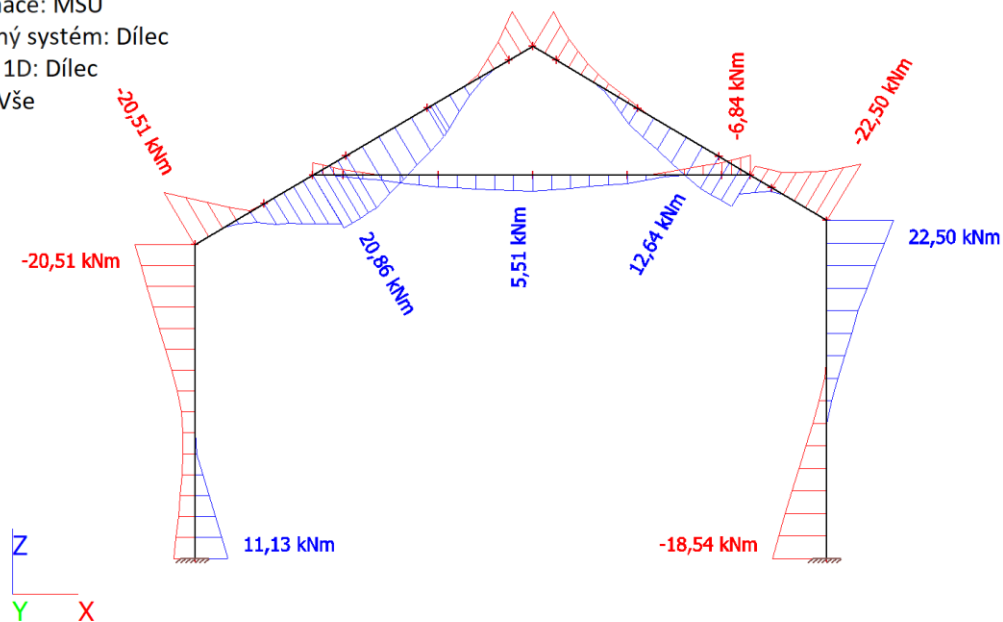
V

Hodnoty: V_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



M

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše





Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS

Výběr : Pojmenovaný výběr - Všechny prvky

Kombinace : MSÚ

Dílec	css	dx [mm]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
B5	IPN 120 - IPN120	0,000	MSÚ/1	32,50	6,08	-2,43
B5	IPN 120 - IPN120	4622,290	MSÚ/2	25,71	-8,68	-6,76
B5	IPN 120 - IPN120	0,000	MSÚ/3	20,22	7,41	-4,25
B5	IPN 120 - IPN120	4622,290	MSÚ/4	18,06	-8,58	-6,84
B5	IPN 120 - IPN120	2322,200	MSÚ/5	27,88	1,72	5,51
B1	2x U140 - 2Uo	0,000	MSÚ/6	-50,66	-4,05	3,30
B4	2x U140 - 2Uo	3617,110	MSÚ/1	-29,44	-30,93	-19,72
B3	2x U140 - 2Uo	0,000	MSÚ/6	-33,21	24,28	-13,37
B4	2x U140 - 2Uo	3617,110	MSÚ/6	-31,77	-29,35	-22,50
B2	2x U140 - 2Uo	3576,000	MSÚ/6	-45,40	12,76	22,50

deformace; Uz

Hodnoty: u_z

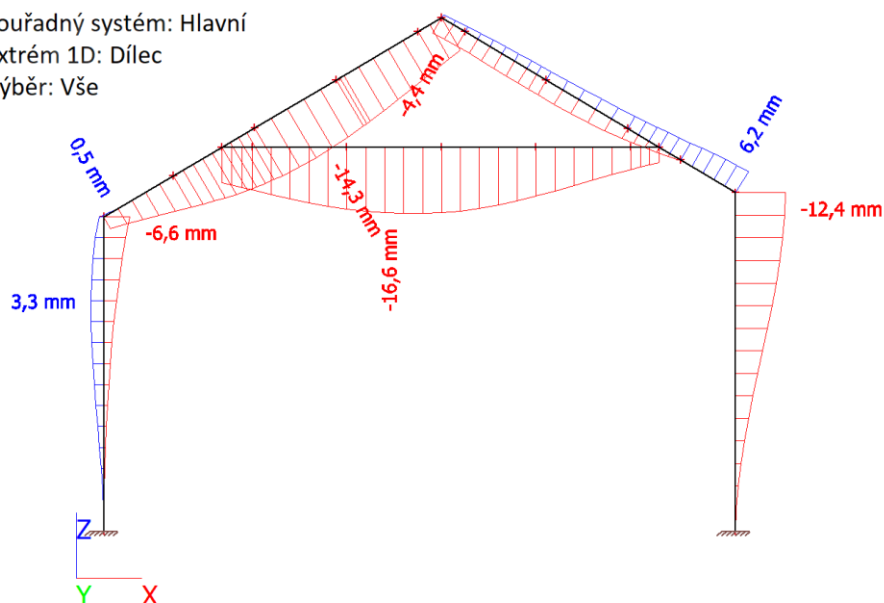
Lineární výpočet

Kombinace: MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



7.3 Posouzení ocelových prvků rámu

Jednotkový posudek všech prutů

Přehled využití prvků

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Pojmenovaný výběr - Všechny prvky

Na vybraných dílcích se vyskytuje 1 varování. 1 z nich je zobrazeno.

Celkový posudek

Jméno	dx [mm]	Stav	Průřez	Materiál	UC _{Celkový} [-]	UC _{Průřez} [-]	UC _{Stabilita} [-]	Chyby, upozornění, poznámky
B1	2879,933	MSÚ/1	2x U140 - 2Uo (UPN140; 3)	S 235	0,58	0,45	0,58	
B2	0,000	MSÚ/2	2x U140 - 2Uo (UPN140; 3)	S 235	0,63	0,51	0,63	
B3	2694,173-	MSÚ/1	2x U140 - 2Uo (UPN140; 3)	S 235	0,94	0,53	0,94	W17
B4	2675,136-	MSÚ/1	2x U140 - 2Uo (UPN140; 3)	S 235	0,75	0,35	0,75	
B5	4622,287	MSÚ/3	IPN 120 - IPN120	S 235	0,95	0,45	0,95	

CH/V/P	Přítomno na dílcích
W17	B3

Detailní posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Průřez

Výběr: Pojmenovaný výběr - Všechny prvky

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B3	2,694 / 4,142 m	2Uo (UPN140; 3)	S 235	MSÚ	0,94 -
----------	-----------------	-----------------	-------	-----	--------

Klíč kombinace
MSÚ / 1.15*LC1 + 4.59*LC2 + 6.00*LC3 + 4.59*LC5 + 4.59*LC6 + 1.15*LC7

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál			
Mez kluzu	f_y	235,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	360,0	MPa
Výroba		Válcovaný	

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....



Kritický posudek je na pozici 2,694 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-47,80	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	0,00	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	1,62	kN
Kroucení	T_{Ed}	0,00	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	19,49	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	UO	56	10	1,162e+05	1,162e+05	1,0	0,4	1,0	5,6	9,0	10,0	14,0	1
2	I	130	7	1,162e+05	-9,274e+04	-0,8		0,6	18,6	63,6	73,2	103,3	1
3	UO	56	10	-9,274e+04	-9,274e+04								
4	UO	56	10	-9,274e+04	-9,274e+04								
5	I	130	7	-9,274e+04	1,162e+05	-0,8		0,6	18,6	63,6	73,2	103,3	1
6	UO	56	10	1,162e+05	1,162e+05	1,0	0,4	1,0	5,6	9,0	10,0	14,0	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

Průřezová plocha	A	4,0752e-03	m ²
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	957,68	kN
Jedn. posudek		0,05	-

Posudek ohybového momentu pro M_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	2,0561e-04	m ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	48,32	kNm
Jedn. posudek		0,40	-

Posudek smyku pro V_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Smykové napětí od příčné smykové síly V_z	$\tau_{Vz,Ed}$	1,0	MPa
Pružná smyková únosnost	τ_{Rd}	135,7	MPa
Jedn. posudek		0,01	-

Poznámka: Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smyková únosnost podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6(4)

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (6.1)

Pružné ověření			
Vlákno		3	



Pružné ověření			
Normálové napětí od normálové síly N	$\sigma_{N,Ed}$	11,7	MPa
Normálové napětí od ohybového momentu M_y	$\sigma_{M_y,Ed}$	112,8	MPa
Normálové napětí od ohybového momentu M_z	$\sigma_{M_z,Ed}$	0,0	MPa
Celkové podélné napětí	$\sigma_{tot,Ed}$	124,5	MPa
Smykové napětí od příčné smykové síly V_y	$\tau_{V_y,Ed}$	0,0	MPa
Smykové napětí od příčné smykové síly V_z	$\tau_{V_z,Ed}$	0,0	MPa
Smykové napětí od rovnoměrného (St. Venantova) kroucení	$\tau_{t,Ed}$	0,0	MPa
Celkové smykové napětí	$\tau_{tot,Ed}$	0,0	MPa
Součet von Mises napětí	$\sigma_{von Mises,Ed}$	124,5	MPa
Jedn. posudek		0,53	-

Poznámka: Pro tento průřez nelze určit plastickou smykovou únosnost, ani odpovídající hodnotu R_h . Proto se posuzuje podmínka pružné meze kluzu podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5).

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 4,142 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída limit [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	UO	56	10	-1,028e+05	-1,028e+05									
2	I	130	7	-1,028e+05	1,169e+05	-0,9		0,5	18,6	66,9	77,1	110,6	1	
3	UO	56	10	1,169e+05	1,169e+05	1,0	0,4	1,0	5,6	9,0	10,0	14,0	1	
4	UO	56	10	1,169e+05	1,169e+05	1,0	0,4	1,0	5,6	9,0	10,0	14,0	1	
5	I	130	7	1,169e+05	-1,028e+05	-0,9		0,5	18,6	66,9	77,1	110,6	1	
6	UO	56	10	-1,028e+05	-1,028e+05									

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru		yy	zz	
Typ posuvných styčníků		posuvné	neposuvné	
Systémová délka	L	4,142	4,142	m
Součinitel vzpěru	k	2,70	1,00	
Vzpěrná délka	l_{cr}	11,168	4,142	m
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	201,07	329,53	kN
Štíhlost	λ	204,96	160,10	
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	2,18	1,70	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	c	c	c	
Imperfekce	α	0,49	0,49	
Redukční součinitel	χ	0,17	0,26	
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	161,46	245,69	kN



Varování: Štíhlost 204,96 je větší než mezní hodnota 200,00!

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	4,0752e-03	m ²
Únosnost na vzpěr	N _{b,Rd}	161,46	kN
Jedn. posudek		0,30	-

Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Vzpěrná délka na prostorový vzpěr	l _{cr}	4,142	m
Pružné kritické zatížení	N _{cr,T}	12341,10	kN
Poměrná štíhlost	λ _{rel,T}	0,28	
Mezní štíhlost	λ _{rel,0}	0,20	

Poznámka: Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.2 a rovnice (6.54)

Parametry klopení			
Metoda pro křivku klopení		Obecný stav	
Plastický modul průřezu	W _{pl,y}	2,0561e-04	m ³
Pružný kritický moment	M _{cr}	153,00	kNm
Poměrná štíhlost	λ _{rel,LT}	0,56	
Mezní štíhlost	λ _{rel,LT,0}	0,20	
Křivka klopení		d	
Imperfekce	α _{LT}	0,76	
Redukční součinitel	χ _{LT}	0,74	
Návrhová únosnost na vzpěr	M _{b,Rd}	35,57	kNm
Jedn. posudek		0,55	-

Parametry M _{cr}			
Délka klopení	l _{LT}	4,142	m
Vliv pozice zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	k	1,00	
Opravný součinitel	k _w	1,00	
Součinitel momentu na klopení	C ₁	1,26	
Součinitel momentu na klopení	C ₂	0,90	
Součinitel momentu na klopení	C ₃	0,41	
Vzdálenost středu smyku	d _z	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení	z _g	0	mm
Konstanta monosymetrie	β _y	0	mm
Konstanta monosymetrie	z _j	0	mm

Poznámka: Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku			
Interakční metoda		alternativní metoda 2	
Průřezová plocha	A	4,0752e-03	m ²
Plastický modul průřezu	W _{pl,y}	2,0561e-04	m ³
Návrhová tlaková síla	N _{Ed}	47,80	kN



Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku				
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-20,51		kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	0,00		kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N_{Rk}	957,68		kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{y,Rk}$	48,32		kNm
Redukční součinitel	χ_y	0,17		
Redukční součinitel	χ_z	0,26		
Redukční součinitel	χ_{LT}	0,74		
Interakční součinitel	k_{yy}	1,11		
Interakční součinitel	k_{zy}	0,97		

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B3 pozice 4,142 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B3 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2			
Metoda pro součinitel interakce		Tabulka B.2	
Posuvnost styčnicků y		posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení LT		liniové zatížení q	
Koncový moment	$M_{h,LT}$	-20,51	kNm
Moment v poli	$M_{s,LT}$	19,33	kNm
Součinitel	$\alpha_{s,LT}$	-0,94	
Poměr koncových momentů	ψ_{LT}	0,67	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mLT}	0,85	

Posudek (6.61) = 0,30 + 0,64 + 0,00 = 0,94 -

Posudek (6.62) = 0,19 + 0,56 + 0,00 = 0,75 -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B5	4,622 / 4,622 m	IPN120	S 235	MSÚ	0,95 -
----------	-----------------	--------	-------	-----	--------

Klíč kombinace	
MSÚ / 1.35*LC1 + 5.40*LC2 + 3.00*LC3 + 3.60*LC4 + 5.40*LC5 + 5.40*LC6 + 1.35*LC7	

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál			
Mez kluzu	f_y	235,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	360,0	MPa
Výroba		Válcovaný	

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 4,622 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
--------------	--	-----------	----------



Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	25,71	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	0,00	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	-8,68	kN
Kroucení	T_{Ed}	0,00	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-6,76	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	21	8	9,498e+04	9,498e+04	1,0	0,4	1,0	2,8	9,0	10,0	14,0	1
3	SO	21	8	9,498e+04	9,498e+04	1,0	0,4	1,0	2,8	9,0	10,0	14,0	1
4	I	94	5	7,701e+04	-1,125e+05	-1,5		0,4	18,5	93,2	107,4	184,4	1
5	SO	21	8	-1,305e+05	-1,305e+05								
7	SO	21	8	-1,305e+05	-1,305e+05								

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

Průřezová plocha	A	1,4200e-03	m ²
Plastická tahová únosnost	$N_{pl,Rd}$	333,70	kN
Mezní tahová únosnost	$N_{u,Rd}$	368,06	kN
Tahová únosnost	$N_{t,Rd}$	333,70	kN
Jedn. posudek		0,08	-

Posudek ohybového momentu pro M_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	6,3600e-05	m ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	14,95	kNm
Jedn. posudek		0,45	-

Posudek smyku pro V_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	6,4461e-04	m ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	87,46	kN
Jedn. posudek		0,10	-

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	14,95	kNm
Jedn. posudek		0,45	-

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Poznámka: Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.



Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 4,622 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída limit 1 [-]	Třída limit 2 [-]	Třída limit 3 [-]	Třída
1	SO	21	8	9,498e+04	9,498e+04	1,0	0,4	1,0	2,8	9,0	10,0	14,0	1
3	SO	21	8	9,498e+04	9,498e+04	1,0	0,4	1,0	2,8	9,0	10,0	14,0	1
4	I	94	5	7,701e+04	-1,125e+05	-1,5		0,4	18,5	93,2	107,4	184,4	1
5	SO	21	8	-1,305e+05	-1,305e+05								
7	SO	21	8	-1,305e+05	-1,305e+05								

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.2 a rovnice (6.54)

Parametry klopení			
Metoda pro křivku klopení		Obecný stav	
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	6,3600e-05	m ³
Pružný kritický moment	M_{cr}	10,29	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,LT}$	1,21	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,20	
Křivka klopení		b	
Imperfekce	α_{LT}	0,34	
Redukční součinitel	χ_{LT}	0,48	
Návrhová únosnost na vzpěr	$M_{b,Rd}$	7,10	kNm
Jedn. posudek		0,95	-

Parametry M_{cr}			
Délka klopení	l_{LT}	4,622	m
Vliv pozice zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	k	1,00	
Opravný součinitel	k_w	1,00	
Součinitel momentu na klopení	C_1	1,50	
Součinitel momentu na klopení	C_2	0,90	
Součinitel momentu na klopení	C_3	0,41	
Vzdálenost středu smyku	d_z	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení	z_B	0	mm
Konstanta monosymetrie	β_y	0	mm
Konstanta monosymetrie	z_j	0	mm

Poznámka: Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku			
Délka pole vzpěru	a	4,622	m
Stojina		nevztužený	
Výška stojiny	h_w	105	mm
Tloušťka stojiny	t	5	mm



Parametry ztráty stability od smyku			
Materiálový součinitel	ϵ	1,00	
Součinitel smykové korekce	η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku		
Štíhlost stojiny	h_w/t	20,51
Limit štíhlosti stojiny		60,00

Poznámka: Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.