

Kontrolní výpočet nosné střešní konstrukce tělocvičny

SOU technického v Havířově - Šumbarku

Statický výpočet

Objednatel:

Stření odborné učiliště technické
Sýkorova 1/613
736 01 Havířov-Šumbark
IČO: 13644289

Zhotovitel:

ARMING spol. s r.o.
Prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
Ocelářská 6
703 00 Ostrava – Vítkovice
IČ: 62304178

Obsah

1. TECHNICKÉ NORMY, LITERATURA A PODKLADY	3
1.1 TECHNICKÉ NORMY	3
1.2 PODKLADY	3
2. ÚVOD	4
2.1. SCHÉMA VAZNÍKU	4
2.2. SCHEMATICKÝ PŮDORYS-STÁVAJÍCÍ STAV	4
3. VÝSLEDKY STAVEBNĚ TECHNICKÉHO PRŮZKUMU	5
3.1 KVALITA POSUZOVANÉHO MATERIÁLU	5
3.1.1 <i>Suky</i>	5
3.1.2 <i>Odklon vláken</i>	6
3.1.3 <i>Výsušné trhliny</i>	6
3.1.4 <i>Hniloba a poškození dřevokazným hmyzem</i>	6
3.2 POPIS STAVU KONSTRUKCE	6
3.3 DODATEČNÉ PROSTOROVÉ ZTUŽENÍ	7
4. VÝPOČET NOSNÉ KONSTRUKCE KROVU	8
4.1 ZATÍŽENÍ	8
4.1.1 <i>Zatížení stálé od střešního pláště</i>	8
4.1.2 <i>Zatížení nahodilé – sníh</i>	9
4.1.3 <i>Zatížení nahodilé – vítr – vertikální působení</i>	9
4.1.4 <i>Zatížení nahodilé – vítr – horizontální působení (na ztužidla)</i>	10
4.2 POSOUZENÍ HLAVNÍCH PRVKŮ	11
4.2.1 <i>Vnitřní síly 100x140</i>	16
4.2.2 <i>Posudek 100x140</i>	17
4.2.3 <i>Vnitřní síly 60x180</i>	17
4.2.4 <i>Posudek 60x180</i>	18
4.2.5 <i>Vnitřní síly 3x240/40(35)</i>	18
4.2.6 <i>Posudek 3x240/40(35)</i>	19
4.2.7 <i>Vnitřní síly 3x275/40(35)</i>	19
4.2.8 <i>Posudek 3x275/40(35)</i>	20
4.2.9 <i>Vnitřní síly 2x140/32(40)</i>	21
4.2.10 <i>Posudek 2x140/32(40)</i>	21
4.2.11 <i>Vnitřní síly 2x130/32(40)</i>	22
4.2.12 <i>Posudek 2x130/32(40)</i>	23
4.2.13 <i>Vnitřní síly - svislé ztužení 32x140</i>	24
4.2.14 <i>Posudek svislé ztužení 32x140</i>	24
4.2.15 <i>Vnitřní síly horizontální ztužení 32x140</i>	25
4.2.16 <i>Posudek horizontální ztužení 32x140</i>	25
5. ZÁVĚR	27

1. Technické normy, literatura a podklady

1.1 Technické normy

- [1] **ČSN EN 1990** Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí A1 4.07t, Oprava 1 11.07t, Oprava 2 8.08t, Z1 2.10t, Oprava 3 2.10t, Z2 3.10t, Oprava 4 1.11t, Z3 2.11t
- [2] **ČSN EN 1991-1-1** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Z1 2.10t, Oprava 1 2.10t, Z2 3.10t
- [3] **ČSN EN 1991-1-3** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem Z1 10.06t, Z2 2.10t, Oprava 1 2.10t, Z3 3.10t, Z4 4.12t
- [4] **ČSN EN 1991-1-4** Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, Oprava 1 9.08t, Z1 3.10t, Oprava 2 5.10t, A1 10.10t, Oprava 3 1.11t, Z2 11.11t
- [5] **ČSN ISO 13822** Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
- [6] **ČSN EN 1995-1-1** Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby; Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings; 2007; A1; A2; NA ed.A 2011
- [7] **ČSN 73 2824-1** Třídění dřeva podle pevnosti – Část 1: Jehličnaté řezivo, 09/2011.
- [8] **ČSN EN 1310** Kulatina a řezivo – Metody měření vad, 02/1999.
- [9] **ČSN EN 338** Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti, 05/2010.
- [10] **ČSN EN 1912** Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti – Přiřazení vizuálních tříd a dřevin, 10/2012.

1.2 Podklady

- [11] Stavební průzkum a zaměření střešní konstrukce tělocvičny SOU Havířov Šumbark. Arming spol. s.r.o. 8/2004
- [12] Dopis: AR/04/81/RC Havarijní stav nosné konstrukce střechy tělocvičny SOU Havířov, ARMING spol. s.r.o., Ostrava Vítkovice 20.8.2004
- [13] Statické posouzení AR-0437DK-04, Střešní konstrukce sportovní haly SOU technického v Havířově – Šumbarku, ARMING spol. s r.o., Ostrava- Vítkovice, 6.9.2004
- [14] Statické posouzení AR-0437DK-04.1, Dodatek č.1, Střešní konstrukce sportovní haly SOU technického v Havířově – Šumbarku, ARMING spol. s r.o., Ostrava- Vítkovice, 24.11.2004
- [15] Statické posouzení AR-0437DK-04.2; Oprava a statické zajištění střešní konstrukce sportovní haly SOU technického v Havířově - Šumbarku, Dodatek č. 2, Posouzení skutečného provedení, 29.4.2005
- [16] ROCKNROLL, Víceúčelový tepelně-izolační pás, Rocwool, a.s., U Háje 507/26, 147 00 Praha 4, 8.3.2004
- [17] Prohlášení o shodě č. 03/2001, GEOFILTEX typ 73/15, 73/20, 73/25, MITOP, akciová společnost, Petroltická 142/IV, 471 24 MIMOŇ, 01.09.2001
- [18] Protokol o certifikaci, č. P-C-04-1107/Z, membrána EPDM FIRESTONE RUBBERGARD, Firestone Building Produkt Copany, 525 Congressional BLVD, Carmel, IN, USA, 30.01.2004
- [19] Odborný posudek; Hodnocení vazníkové střešní konstrukce v objektu Středního odborného učiliště v Havířově – Šumbarku; VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební; Katedra konstrukcí; doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.; Ludvíka Podéště 1875/17; 708 33 Ostrava – Poruba; 3. 11. 1016

2. Úvod

Výpočet se zabývá přepočtem únosnosti a stability stávající nosné střešní příhradové konstrukce nad tělocvičnou č.1, Středního odborného učiliště technického v Havířově Šumbarku, ul. Sýkorova 1/613. Příhradová střešní konstrukce zastřešuje objekt o šířce 22,4 m a délce 50,3 m. Jedná se o dřevěné sbíjené příhradové vazníky délky 21,8 m, po 3,6 m. Střešní plášť je tvořen bedněním z dřevěných prken, na dřevěných vazničkách po 1,1 m. Střešní plášť tvoří membrána EPDM FIRESTONE RUBBERGARD provedená na vpichovanou technickou textilií GEOFILTEX. Stávající podhled je proveden z prkenného bednění, hobry tl. 10 mm a podhledových kazet.

Posouzení je provedeno na základě požadavků objednatele po provedené kontrole stavu konstrukce. Výpočet bude proveden dle nových, v současnosti platných norem (EC1 a EC5).

2.1. Schéma vazníku

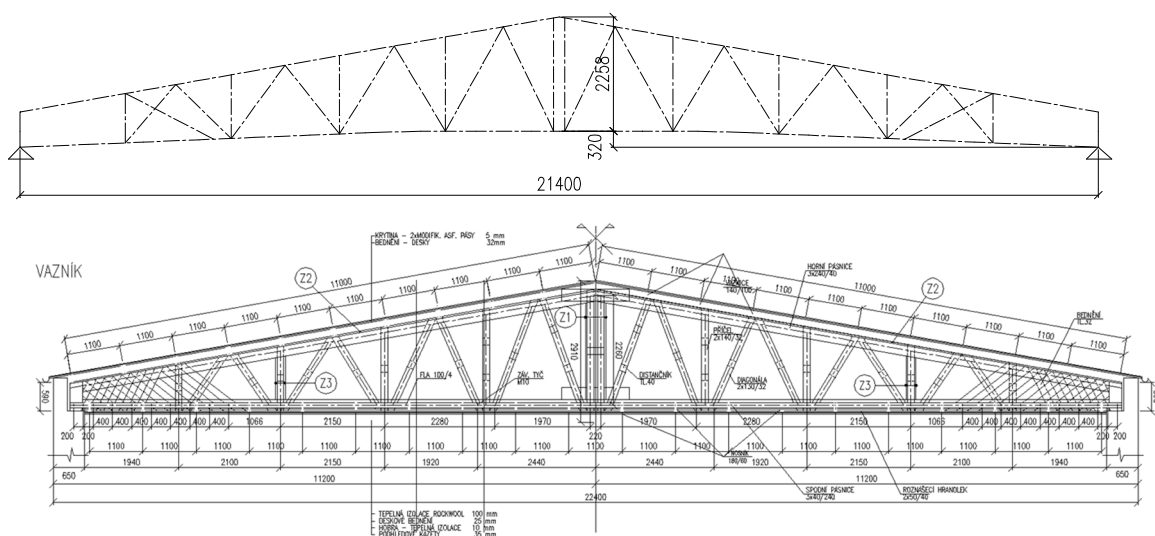


Schéma 1: Příhradový vazník

2.2. Schematický půdorys-stávající stav

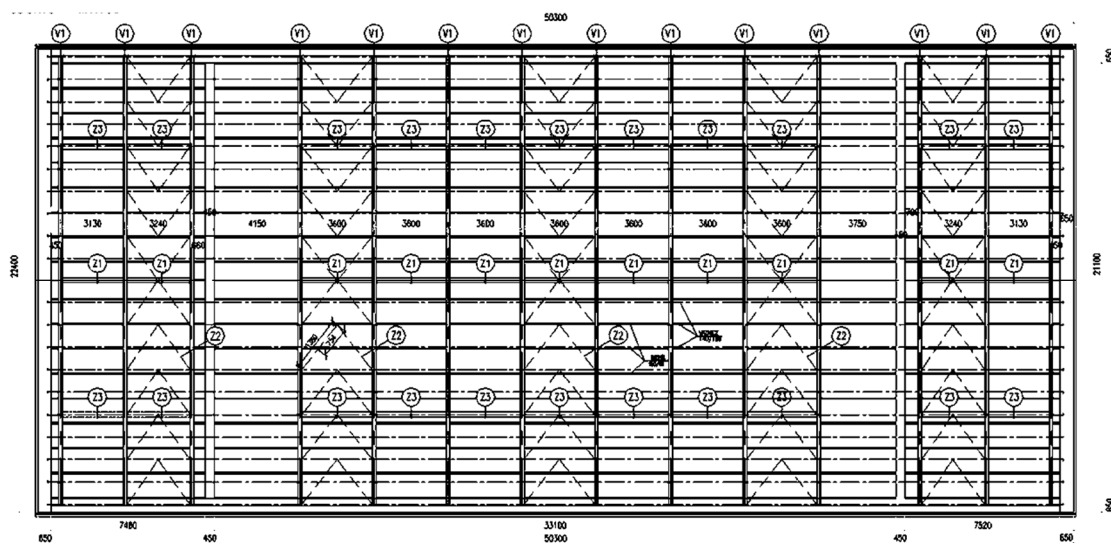


Schéma 2: Půdorys střechy

3. Výsledky stavebně technického průzkumu

Vizuální prohlídka materiálu a stavu střešní vazníkové konstrukce objektu Středního odborného učiliště technického v Havířově – Šumbarku, byla provedena pracovníky Fakulty stavební, VŠB - TU Ostrava doc. Ing. Antonínem Lokajem, Ph.D. (FAST, VŠB-TUO), a Ing. Kristýnou Vavrušovou, Ph.D. (FAST, VŠB-TUO). Prohlídky byli rovněž přítomni zástupci školy a pracovníci firmy ARMING spol. s r.o..



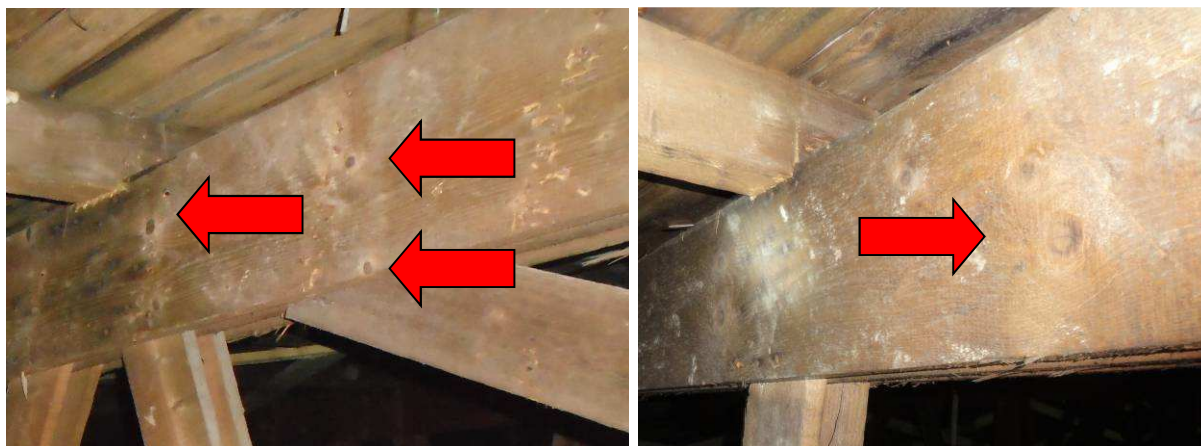
Obr. 1: Lokalizace posuzovaného objektu

3.1 Kvalita posuzovaného materiálu

V materiálu střešní konstrukce bylo na viditelných prvcích přístupné části konstrukce provedeno hodnocení kvality dle kritérií uvedených v [7] [8] pro prkna a fošny. Pro hodnocení byla aplikována kritéria: suky, odklon vláken, množství a rozměr výsušných trhlin, hniloba a poškození dřevokazným hmyzem.

3.1.1 Suky

Na jednotlivých prvcích byly zaznamenány suky (obr. 3 a 4) různých velikostí a charakterů (jednotlivé, skupinové), které svým poměrným rozměrem dle [7] [8] řadí materiál do vizuální třídy S10, která odpovídá dle [9] [10] pevnostní třídě C24 .



Obr. 3 a 4: Suky v prvcích střešní konstrukce

3.1.2 Odklon vláken

Kromě lokálních odchylek vláken, v oblasti suků, které se při vizuálním zatřídění neuvažují, nevykazovaly vzorky odklon větší než 12 %. Na základě tohoto kritéria lze materiál zařadit do vizuální třídy S10, která odpovídá dle [9] [10] pevnostní třídě C24 .

3.1.3 Výsušné trhliny

V prvcích se nachází výsušné trhliny, které však svou délkou nepřekračují hranici 1 m a proto se dle kritérií uvedených v [7] neuvažují jako činitel ovlivňující kvalitu dřeva.

3.1.4 Hniloba a poškození dřevokazným hmyzem

Na viditelných částech prvků nosné části střešní konstrukce nebyla hniloba ani poškození dřevokazným hmyzem zaznamenána. Hodnoty vlhkosti měřené příložným vlhkoměrem FWB Brookhuis v hloubce 10 mm na vybraných prvcích střešní konstrukce se pohybují v rozmezí 6 – 13,5 %, což nepředpokládá pravděpodobnost napadení dřeva dřevokaznými houbami.

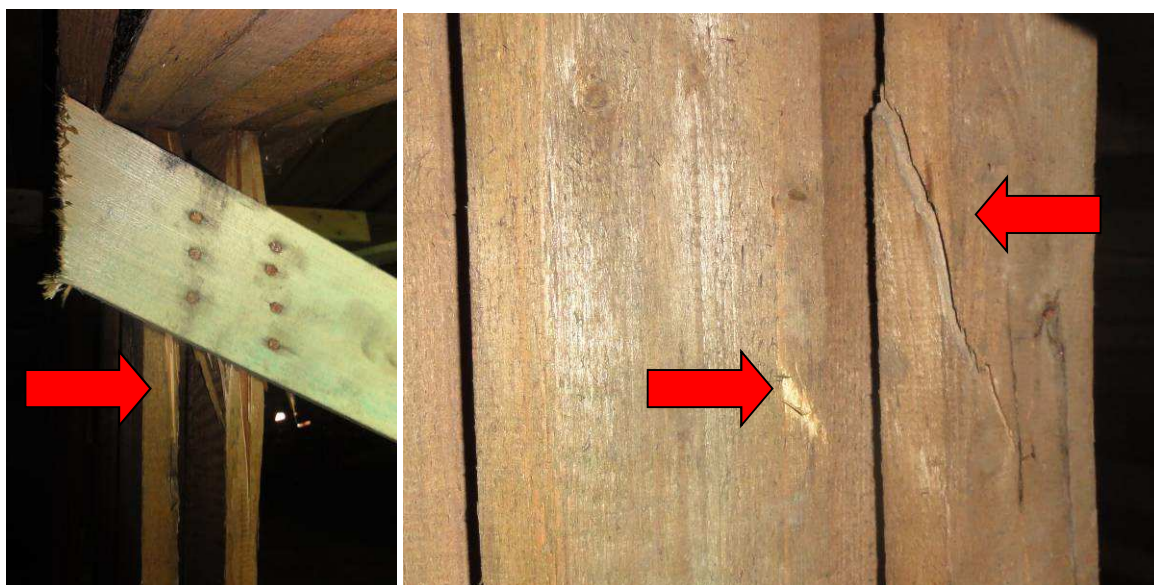
3.2 Popis stavu konstrukce

V posuzované konstrukci střešního vazníku byly zjištěny vady u některých hřebíkových spojů, ať už původních nebo realizovaných při rekonstrukci střešní konstrukce (obr. 5 a 6).



Obr. 5 a 6: Vybrané chyby hřebíkových spojů

Dále byly zjištěny defekty způsobené při předchozí rekonstrukci střešní konstrukce – poškození některých prken a fošen při realizaci přídavného zavětrování krovu (obr. 7 a 8).



Obr. 7 a 8: Poškození prvků střešního vazníku

3.3 Dodatečné prostorové ztužení

Dodatečné úpravy prostorového ztužení střešní vazníkové konstrukce spočívaly v přidání příhradových ztužidel v každém 2. poli v rovině horních pasů vazníků (ztužidla tvoří prkna připevněná ve tvaru A s hřebíkovými přípoji) a svislých podélných ztužidel (diagonální prkna s hřebíkovými přípoji) uprostřed rozpětí vazníků a ve vzdálenosti cca 4,4 m od podpor (obr. 9 a 10).



Obr. 9 a 10: Dodatečné ztužení vazníkové střešní konstrukce

4. Výpočet nosné konstrukce krovu

4.1 Zatížení

Realizaci výměny střešního pláště a zateplení půdního prostoru střechy tělocvičny SOU technického v Havířově Šumbarku provedla firma MADT a.s., Slezská ul. 950, Orlová-Poruba. Dle obdržených technických listů byly při provádění střešního pláště použity tyto materiály:

- Víceúčelový tepelně-izolační pás ROCKNROLL max. 44,8 kg.m⁻³
- Vpichovaná technická textilie GEOFILTEX max. 250 g.m⁻²
- Membrána EPDM FIRESTONE RUBBERGARD max. 1,40 kg.m⁻²

4.1.1 Zatížení stálé od střešního pláště

tl.	popis konstrukce	Objemová hmotnost		g _{k,1}
m		kg.m ⁻³	kg.m ⁻²	kN.m ⁻²
-	Membrána EPDM FIRESTONE RUBBERGARD		1,4	0,014
-	Vpichovaná technická textilie GEOFILTEX		0,25	0,00025
0,025	dřevěné bednění	600		0,15
	CELKEM:		Σ	0,24

Zatížení na 1 bm prvku při osově vzdálenosti 1,1 m:

$$g_{k,1} = 0,24 \cdot 1,1 = 0,26 \text{ kN.m}^{-1}$$

Zatížení stálé od podhledu

tl.	popis konstrukce	Objemová hmotnost		g _{k,2}
m		kg.m ⁻³	kg.m ⁻²	kN.m ⁻²
0,140	tepelná izolace – ROCKWOOL -nová	44,8		0,063
0,020	dřevěné bednění - s mezerami	500		0,100
0,010	HOBRA	230		0,023
0,035	pohled-kazety - SOLOLIT-HORBA-SOLOLIT	300		0,090
	CELKEM:		Σ	0,28

Zatížení na 1 bm prvku při osově vzdálenosti 1,1 m:

$$g_{k,2} = 0,28 \cdot 1,1 = 0,31 \text{ kN.m}^{-1}$$

Zatížení nahodilé – provoz

č.	Místnosti a prostory	q _{k,1}
		kN.m ⁻²
H	Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav (ekvivalent pro půdní prostor)	0,75

Zatížení na 1 bm prvku při osově vzdálenosti 1,1 m:

$$q_{k,1} = 0,75 \cdot 1,1 = 0,825 \text{ kN.m}^{-1}$$

č.	Místnosti a prostory	q _{k,2}
		kN.m ⁻²
H	Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav	0,75

Zatížení na 1 bm prvku při osově vzdálenosti 1,1 m:

$$q_{k,2} = 0,75 \cdot 1,1 = 0,825 \text{ kN.m}^{-1}$$

4.1.2 Zatížení nahodilé – sníh

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

zatížení	sk	1,01	[kPa]
Statistické parametry rozdělení ročních maxim			
střední hodnota	μ	0,37	[kPa]
směrodatná odchylka	σ	0,24	[kPa]
variační koeficient	V	0,64	
šikmost	α	1,52	

Uvedené hodnoty zatížení sněhem dle „Pravděpodobnostní aplikace geostatistických metod zpracování charakteristik sněhové pokrývky pro zajištění spolehlivých nosných konstrukcí, řešeného v letech 2008 - 2010 ve spolupráci VŠB-TU Ostrava a ČHMÚ“.

Zatížení sněhem dle ČSN EN 1991-1-3

sněhová oblast		III	
charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi	s_k	1.01	kN.m ⁻²
sklon střechy	α	9	°
tvarový součinitel zatížení sněhem	μ_1	0.800	-
součinitel expozice	C_e	1.0	-
součinitel tepla	C_t	1.0	-
zatížení sněhem	$\mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$	s	0.81 kN.m ⁻²

Zatížení na 1 bm prvku při osově vzdálenosti 1,1 m:

$$q_{k,s} = 0,81 \cdot 1,1 = 0,89 \text{ kN.m}^{-1}$$

4.1.3 Zatížení nahodilé – vítr – vertikální působení

Zatížení větrem:

rychlost větru	v_{b0}	22.5	m.s ⁻¹
součinitel směru	C_{dir}	1	-
souč.ročního období	C_{season}	1	-
základní rychlost větru	v_b	22.5	m.s ⁻¹ (4.1)
kategorie terénu		III.	(tab4.1)
výška objektu	z	9	m
součinitel ortografie	C_o	1	-
parametr drsnosti terénu	z_0	0.3	
minimální výška	z_{min}	5	
součinitel drsnosti	$c_r(z=9 \text{ m})$	0.73	(4.4)
střední rychlost větru	$v_m(z=9 \text{ m})$	16.5	m.s ⁻¹ (4.3)
intenzita turbulence	$lv(z=9 \text{ m})$	0.294	(4.7)
max.charakteristický tlak	$q_p(z=9 \text{ m})$	0.519	kN.m ⁻² (4.8)

sedlové střechy

tlak vnější - sedlové střechy - směr větru 0°:

F	0.1	0.052	kN.m ⁻²
G	0.1	0.052	kN.m ⁻²
H	0.1	0.052	kN.m ⁻²
I	0.0	0.000	kN.m ⁻²

J	0.1	0.052	kN.m ⁻²
sání vnější - sedlové střechy - směr větru 0°:		$C_{pe,10}$	w_e
F	-1.4	-0.727	kN.m ⁻²
G	-1.00	-0.519	kN.m ⁻²
H	-0.5	-0.260	kN.m ⁻²
I	-0.5	-0.260	kN.m ⁻²
J	-0.8	-0.415	kN.m ⁻²
sání vnější - sedlové střechy - směr větru 90°:		$C_{pe,10}$	w_e
F	-1.45	-0.753	kN.m ⁻²
G	-1.3	-0.675	kN.m ⁻²
H	-0.65	-0.338	kN.m ⁻²
I	-0.55	-0.286	kN.m ⁻²

Sání lze na stranu bezpečnou zanedbat.

Zatížení tlakem na 1 bm prvku při osově vzdálenosti 1,1 m: $q_{k,w} = 0,052 \cdot 1,1 = 0,06 \text{ kN.m}^{-1}$

4.1.4 Zatížení nahodilé – vítr – horizontální působení (na ztužidla)

Normová hodnota tangenciálního zatížení vyvolaného třením větru o střešní plášť:

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_f$$

$$c_{fr} = 0,01 \text{ pro hladký povrch (membrána)}$$

$$q_p(z_e) = 0,519 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$s_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) = 0,01 \cdot 0,519 = 0,005 \text{ kN.m}^{-2}$$

Referenční plocha (výška objektu $H = 9,0 \text{ m}$, délka $L = 50,3 \text{ m}$, šířka $B = 22,4 \text{ m}$):

$$A_f = (L - \min.(2 \cdot B; 4 \cdot H)) \cdot B = (50,3 - \min.(44,8; 36,0)) \cdot 22,4 = 14,3 \cdot 22,4 = 320,3 \text{ m}^2$$

$$\text{Zatížení na 1 bm prvku při osově vzdálenosti 1,1 m: } q_{k,sfr} = 0,005 \cdot 1,1 = 0,006 \text{ kN.m}^{-1}$$

Ve výše uvedeném výpočtu byla příčná ztužidla zatížena pouze horizontálními silami od třecích zatížení větru, neboť vodorovný tlak větru v podélném směru přebírají zděné štíty. Vzhledem k nízké hodnotě tohoto typu zatížení bude dále na stranu bezpečnou určeno zatížení na ztužidla příhradových soustav dle kapitoly 9.2.5.3. ČSN EN 1995-1-1 [5].

$$q_d = k_l \cdot (n \cdot N_d) / (k_{f,3} \cdot l)$$

$$\text{Kde: } k_l = \min. (1; \sqrt{15 / l})$$

$$N_d = -300,0 \text{ kN} \quad \text{průměrná návrhová tlaková síla v prvku, viz 4.2.7 vnitřní síly 3x275/40(35)}$$

$$l = 21,4 \text{ m} \quad \text{celkové rozpětí stabilizující soustavy v m, viz 2.1 schéma vazníku}$$

$$k_{f,3} = 30 \quad \text{modifikační součinitel, viz tabulka 9.2 ČSN EN 1995-1-1}$$

Zatížení na 1 bm jednoho vazníku:

$$q_{d,1} = k_l \cdot (n \cdot N_d) / (k_{f,3} \cdot l) = 0,7 \cdot (1 \cdot 300,0) / (30 \cdot 21,4) = 0,327 \text{ kN.m}^{-1}$$

Horizontální zatížení od větru ve směru y (kolmo na vazník), bude zadáno na všechny vazníky ve výpočetním modelu MKP.

4.2 Posouzení hlavních prvků

Posouzení jednotlivých dřevěných prvků bude provedeno dle ČSN EN 1995-1-1 [6]. Vnitřní síly v konstrukci budou vypočteny metodou konečných prvků na prostorové prutové konstrukci programem AXIS VM. Na model působí zatížení od vlastní hmotnosti prvků a zatížení stálé od pláště a podhledu dle ČSN EN 1991-1-1 [2], zatížení proměnné od sněhu dle ČSN EN 1991-1-3 [3], větru dle ČSN EN 1991-1-4 [4]. Zatížení byla kombinována dle zásad ČSN EN 1990 [1] (6.10.a) a (6.10.b).

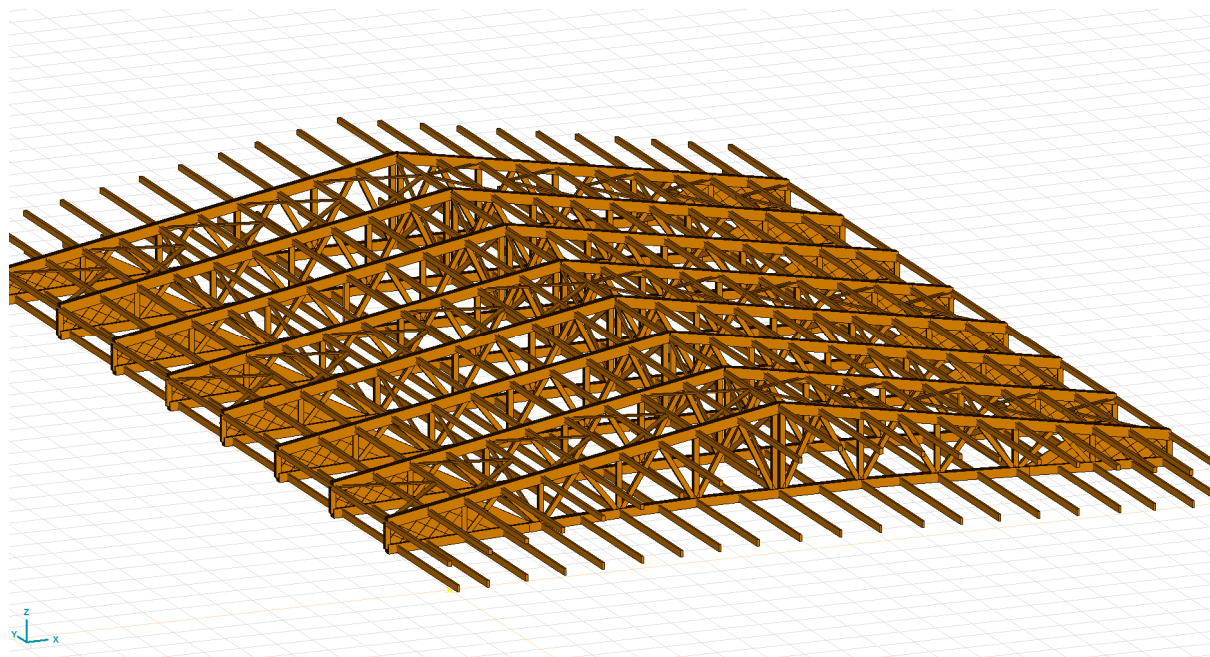


Schéma 3: 3D model

Materiály

	Jméno	Typ	Národní návrhová norma	Norma materiálu	Model	E_x [N/mm ²]	E_y [N/mm ²]
1	C24	Dřevo	Eurocode-CZ	EN 338:2009	Lineární	11000	370

	Jméno	ν	α_r [1/°C]	ρ [kg/m ³]	Materiál barva	Obrys barva	Textura	P_1	P_2
1	C24	0,20	8E-6	420	Wood 1	Měkké	$E_{0,05}$ [N/mm ²] = 7400

	Jméno	P_3	P_4	P_5	P_6
1	C24	G_{mean} [N/mm ²] = 690	f_{mk} [N/mm ²] = 24,00	f_{10k} [N/mm ²] = 14,00	f_{190k} [N/mm ²] = 0,40

	Jméno	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}
1	C24	f_{c0k} [N/mm ²] = 21,00	f_{c90k} [N/mm ²] = 2,50	f_{vk} [N/mm ²] = 4,00			

Průřezy

	Jméno	Kresba	Proces	Tvar	h [mm]	b [mm]	tw [mm]	tf [mm]	r ₁ [mm]	r ₂ [mm]	r ₃ [mm]
1	60x180		Ostatní	Obd.	180,0	60,0	0	0	0	0	0
2	3x240/40(35)		Ostatní	Uživatelský	240,0	200,0	0	0	0	0	0
3	3x275/40(35)		Ostatní	Uživatelský	275,0	200,0	0	0	0	0	0
4	100x140		Ostatní	Obd.	140,0	100,0	0	0	0	0	0
5	2x140/32(40)		Ostatní	Uživatelský	140,0	112,0	0	0	0	0	0
6	2x130/32(40)		Ostatní	Uživatelský	130,0	112,0	0	0	0	0	0
7	32x140		Ostatní	Obd.	140,0	32,0	0	0	0	0	0
8	40x280		Ostatní	Obd.	280,0	40,0	0	0	0	0	0

	Jméno	Ax [mm ²]	Ay [mm ²]	Az [mm ²]	Ix [mm ⁴]	Iy [mm ⁴]	Iz [mm ⁴]	Iyz [mm ⁴]
1	60x180	10800,00	9000,00	9000,00	1E+07	2,9E+07	3240000,0	0
2	3x240/40(35)	28800,00	0	0	1,4E+07	1,4E+08	1,3E+08	0
3	3x275/40(35)	33000,00	0	0	1,6E+07	2,1E+08	1,5E+08	0
4	100x140	14000,00	11666,67	11666,67	2,6E+07	2,3E+07	1,2E+07	0
5	2x140/32(40)	8960,00	0	0	2618045,0	1,5E+07	1,5E+07	0
6	2x130/32(40)	8320,00	0	0	2399561,0	1,2E+07	1,4E+07	0
7	32x140	4480,00	3733,33	3733,33	1308852,0	7317334,0	382293,4	0
8	40x280	11200,00	9333,33	9333,33	5435207,0	7,3E+07	1493333,0	0

	Jméno	I ₁ [mm ⁴]	I ₂ [mm ⁴]	α [°]	Iω [mm ⁶]	W _{1,el,t} [mm ³]	W _{1,el,b} [mm ³]	W _{2,el,t} [mm ³]	W _{2,el,b} [mm ³]
1	60x180	2,9E+07	3240000,0	0	5,6E+09	324000,0	324000,0	108000,0	108000,0
2	3x240/40(35)	1,4E+08	1,3E+08	0	6,1E+11	1152000,0	1152000,0	1267200,0	1267200,0
3	3x275/40(35)	2,1E+08	1,5E+08	0	9,1E+11	1512500,0	1512500,0	1452000,0	1452000,0
4	100x140	2,3E+07	1,2E+07	0	2,3E+09	326666,7	326666,6	233333,3	233333,3
5	2x140/32(40)	1,5E+07	1,5E+07	90,00	2,4E+10	269653,3	269653,3	209066,7	209066,7
6	2x130/32(40)	1,4E+07	1,2E+07	90,00	2E+10	250392,4	250392,4	180266,7	180266,7
7	32x140	7317334,0	382293,4	0	5E+08	104533,3	104533,3	23893,3	23893,3
8	40x280	7,3E+07	1493333,0	0	8,9E+09	522666,7	522666,7	74666,7	74666,7

	Jméno	W _{1,pl} [mm ³]	W _{2,pl} [mm ³]	i _y [mm]	i _z [mm]	H _y [mm]	H _z [mm]	y _G [mm]	z _G [mm]	y _s [mm]	z _s [mm]	S.p.
1	60x180	486000,0	162000,0	52,0	17,3	60,0	180,0	30,0	90,0	0	0	5
2	3x240/40(35)	1728000,0	1632000,0	69,3	66,3	200,0	240,0	100,0	120,0	0	0	5
3	3x275/40(35)	2268750,0	1870000,0	79,4	66,3	200,0	275,0	100,0	137,5	0	0	5
4	100x140	489999,9	350000,0	40,4	28,9	100,0	140,0	50,0	70,0	0	0	5
5	2x140/32(40)	358400,0	313600,0	40,4	41,1	112,0	140,0	56,0	70,0	0	0	5
6	2x130/32(40)	332800,0	270400,0	37,5	41,1	112,0	130,0	56,0	65,0	0	0	5
7	32x140	156800,0	35840,0	40,4	9,2	32,0	140,0	16,0	70,0	0	0	5
8	40x280	784000,0	112000,0	80,8	11,5	40,0	280,0	20,0	140,0	0	0	5

Zatěžovací stavy

	Jméno	Skupina	Typ skupiny
1	vlastní hmotnost	PERM1	Stálé
2	střecha a podhled	PERM1	Stálé
3	sníh	INC1	Nahodilé
4	vítr	INC1	Nahodilé
5	provoz	INC1	Nahodilé
6	ztužení	INC1	Nahodilé
7	provoz-střecha	INC1	Nahodilé

Skupiny zatížení (Eurocode-CZ)

	Skupina	Typ	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	ξ	γ	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂	Současné zat.
1	PERM1	Stálé	1,350	1,000	0,850					1
2	INC1	Nahodilé				1,500	0,700	0,500	0,300	0

Uživatelské kombinace ze zatěžovacích stavů

	Jméno	Typ	vlastní hmotnost (PERM1)	střecha a podhled (PERM1)	sníh (INC1)	vítr (INC1)	provoz (INC1)	ztužení (INC1)	provoz-střecha (INC1)
1	Kom #1	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	0	0	0	0
2	Kom #2	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	1,05	0	0	0	0
3	Kom #3	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	1,05	0	0	0
4	Kom #4	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	0	1,05	0	0
5	Kom #5	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	0	0	1,05	0
6	Kom #6	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	0	0	0	1,05
7	Kom #7	MSÚ (a, b)	1,35	1,35	0	0	0	0	0
8	Kom #8	MSÚ (a, b)	1,35	1,35	1,05	0	0	0	0
9	Kom #9	MSÚ (a, b)	1,35	1,35	0	1,05	0	0	0
10	Kom #10	MSÚ (a, b)	1,35	1,35	0	0	1,05	0	0
11	Kom #11	MSÚ (a, b)	1,35	1,35	0	0	0	1,05	0
12	Kom #12	MSÚ (a, b)	1,35	1,35	0	0	0	0	1,05
13	Kom #13	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	1,50	0	0	0	0
14	Kom #14	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	1,50	0	0	0

	Jméno	Typ	vlastní hmotnost (PERM1)	střecha a podhled (PERM1)	sníh (INC1)	vitr (INC1)	provoz (INC1)	ztužení (INC1)	provoz-střecha (INC1)
15	Kom #15	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	0	1,50	0	0
16	Kom #16	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	0	0	1,50	0
17	Kom #17	MSÚ (a, b)	1,00	1,00	0	0	0	0	1,50
18	Kom #18	MSÚ (a, b)	1,15	1,15	0	0	0	0	0
19	Kom #19	MSÚ (a, b)	1,15	1,15	1,50	0	0	0	0
20	Kom #20	MSÚ (a, b)	1,15	1,15	0	1,50	0	0	0
21	Kom #21	MSÚ (a, b)	1,15	1,15	0	0	1,50	0	0
22	Kom #22	MSÚ (a, b)	1,15	1,15	0	0	0	1,50	0
23	Kom #23	MSÚ (a, b)	1,15	1,15	0	0	0	0	1,50
24	Kom #24	MSÚ	1,00	1,00	0	0	0	0	0
25	Kom #25	MSÚ	1,00	1,00	1,50	0	0	0	0
26	Kom #26	MSÚ	1,00	1,00	0	1,50	0	0	0
27	Kom #27	MSÚ	1,00	1,00	0	0	1,50	0	0
28	Kom #28	MSÚ	1,00	1,00	0	0	0	1,50	0
29	Kom #29	MSÚ	1,00	1,00	0	0	0	0	1,50
30	Kom #30	MSÚ	1,35	1,35	0	0	0	0	0
31	Kom #31	MSÚ	1,35	1,35	1,50	0	0	0	0
32	Kom #32	MSÚ	1,35	1,35	0	1,50	0	0	0
33	Kom #33	MSÚ	1,35	1,35	0	0	1,50	0	0
34	Kom #34	MSÚ	1,35	1,35	0	0	0	1,50	0
35	Kom #35	MSÚ	1,35	1,35	0	0	0	0	1,50

Uživatelské kombinace ze zatěžovacích skupin

	Typ	PERM1	INC1
1	MSÚ (a, b) MSÚ (a, b) (mezni stav únosnosti)	1,00	0
2	MSÚ (a, b) MSÚ (a, b) (mezni stav únosnosti)	1,00	1,05
3	MSÚ (a, b) MSÚ (a, b) (mezni stav únosnosti)	1,35	0
4	MSÚ (a, b) MSÚ (a, b) (mezni stav únosnosti)	1,35	1,05
5	MSÚ (a, b) MSÚ (a, b) (mezni stav únosnosti)	1,00	1,50
6	MSÚ (a, b) MSÚ (a, b) (mezni stav únosnosti)	1,15	0
7	MSÚ (a, b) MSÚ (a, b) (mezni stav únosnosti)	1,15	1,50
8	MSÚ MSÚ (mezni stav únosnosti)	1,00	0
9	MSÚ MSÚ (mezni stav únosnosti)	1,00	1,50
10	MSÚ MSÚ (mezni stav únosnosti)	1,35	0
11	MSÚ MSÚ (mezni stav únosnosti)	1,35	1,50

Hmotnosti podle průřezu

	Průřez	Jméno materiálu	Σ L [m]	Σ V [m³]	M [kg/m]	Σ G [kg]	Σ A _o [m²]
1	60x180	C24	695,100	7,507	4,536	3152,974	333,648
2	3x240/40(35)	C24	171,619	4,943	12,096	2075,909	288,321
3	3x275/40(35)	C24	174,145	5,747	13,860	2413,645	329,133
4	100x140	C24	695,100	9,731	5,880	4087,188	333,648
5	2x140/32(40)	C24	137,340	1,231	3,763	516,837	94,490
6	2x130/32(40)	C24	244,278	2,032	3,494	853,605	158,292
7	32x140	C24	335,788	1,504	1,882	631,819	115,511
8	40x280	C24	251,823	2,820	4,704	1184,577	161,167
	Celkem			35,516		14916,553	1814,210

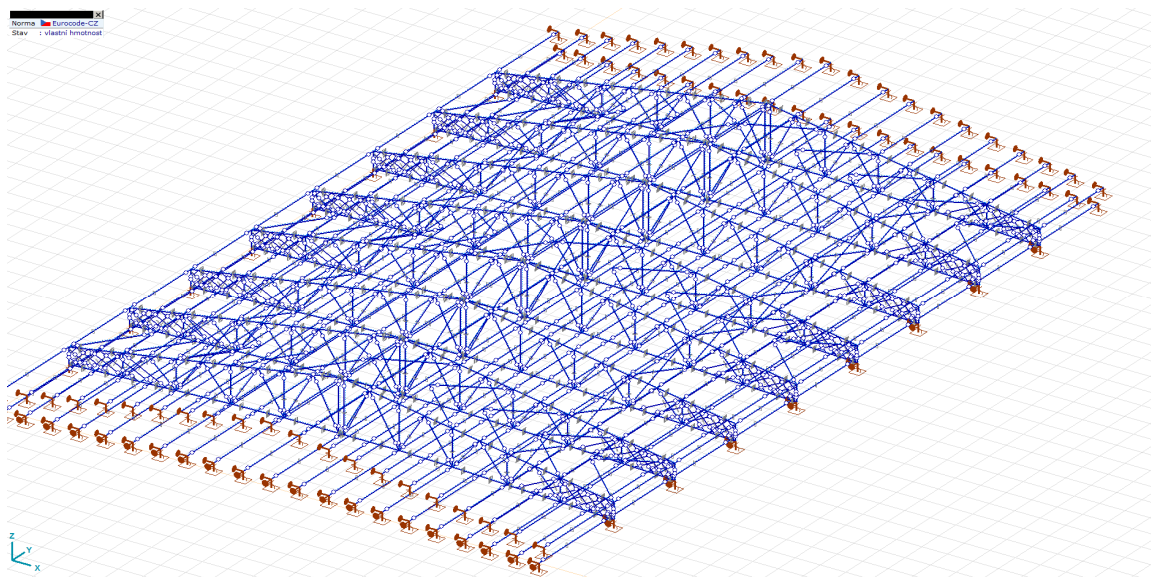


Schéma 4: vlastní hmotnost

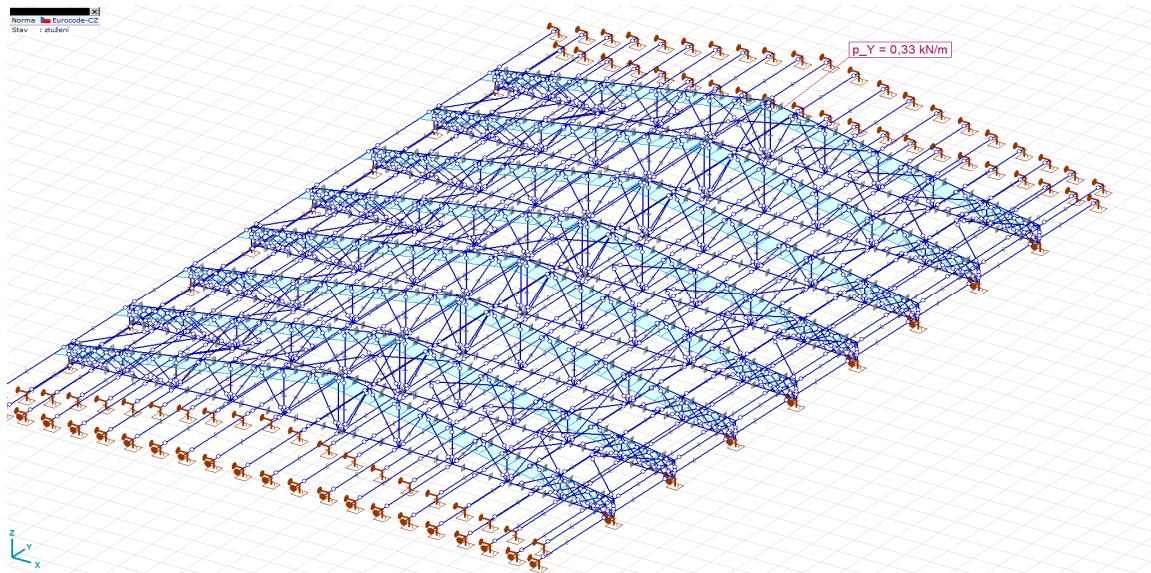


Schéma 5: ztužení

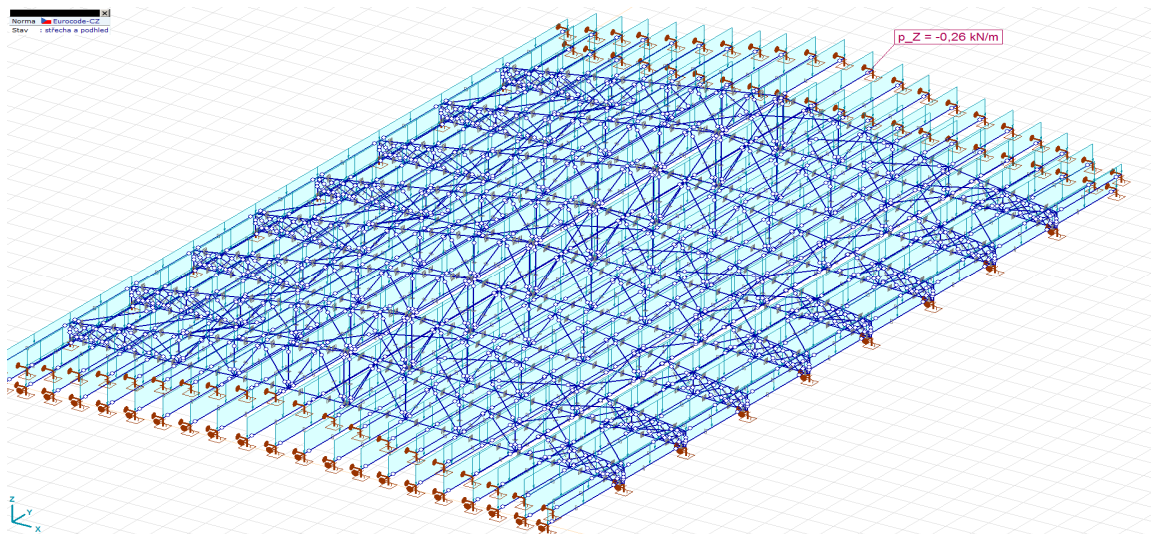


Schéma 6: střecha a pohled

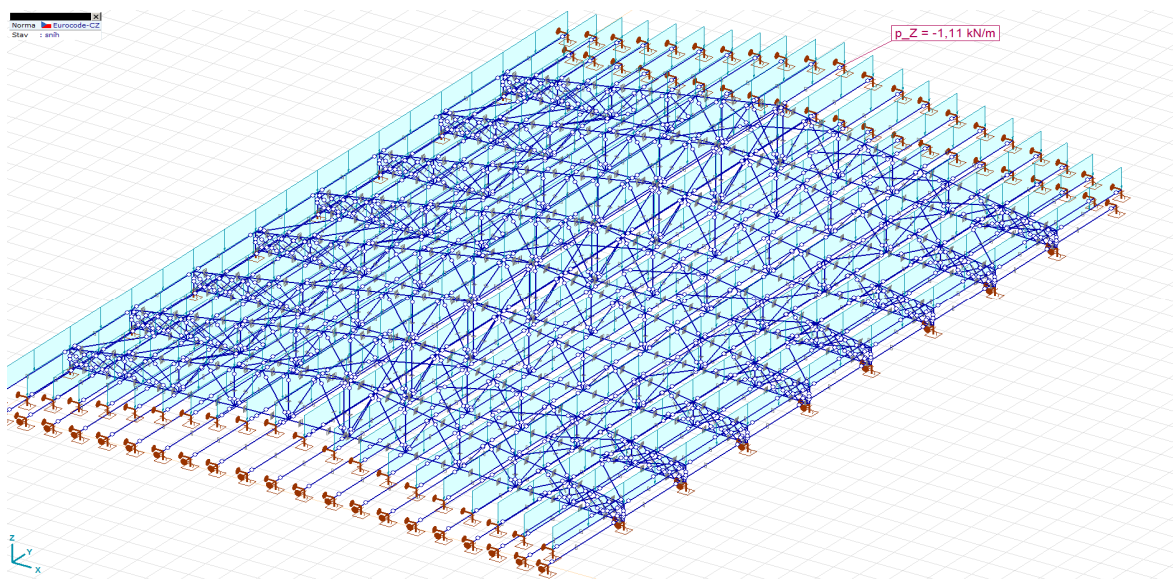


Schéma 7: sníh

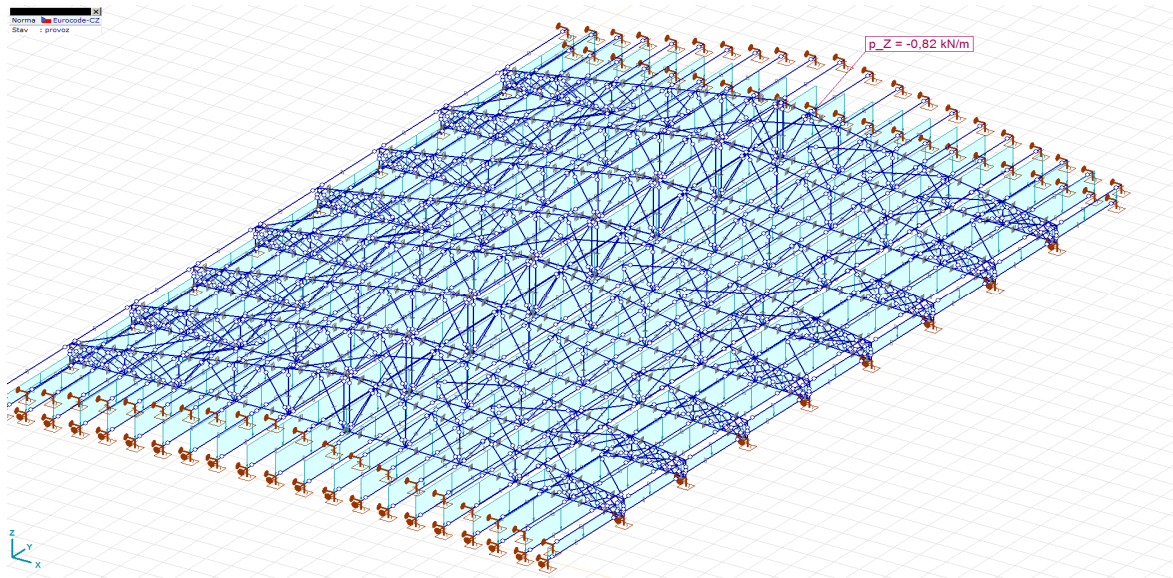


Schéma 8: provoz

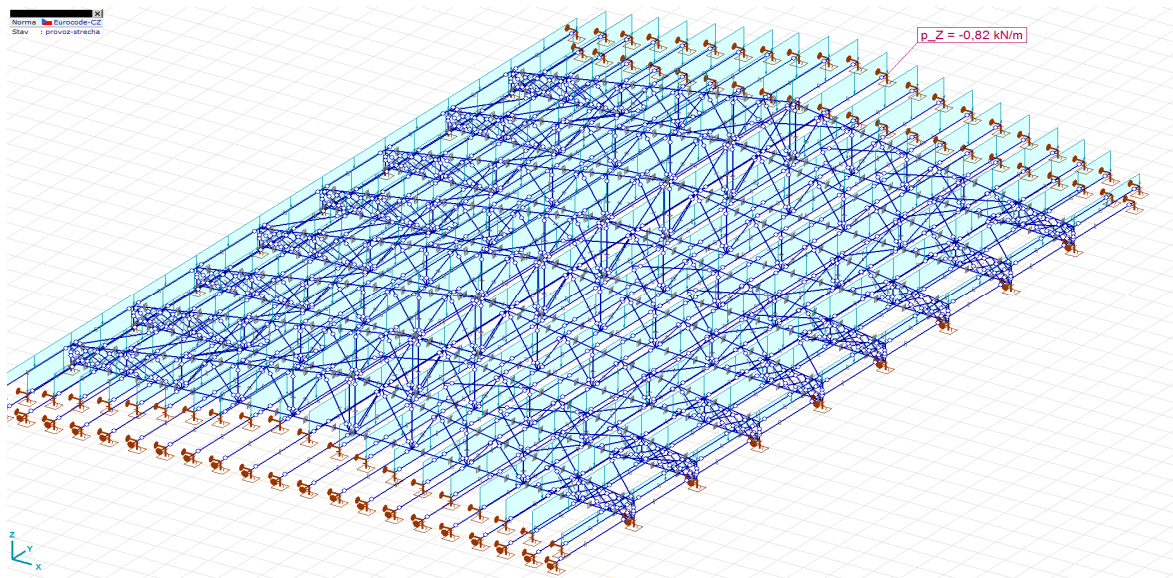


Schéma 9: provoz-střecha

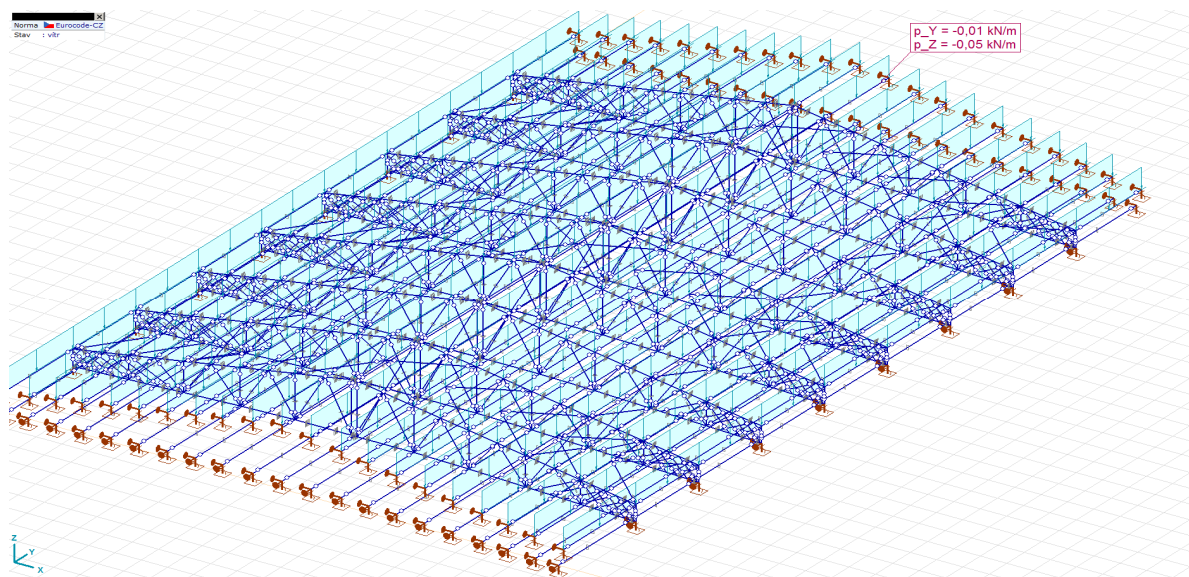


Schéma 10: vítr

4.2.1 Vnitřní síly 100x140

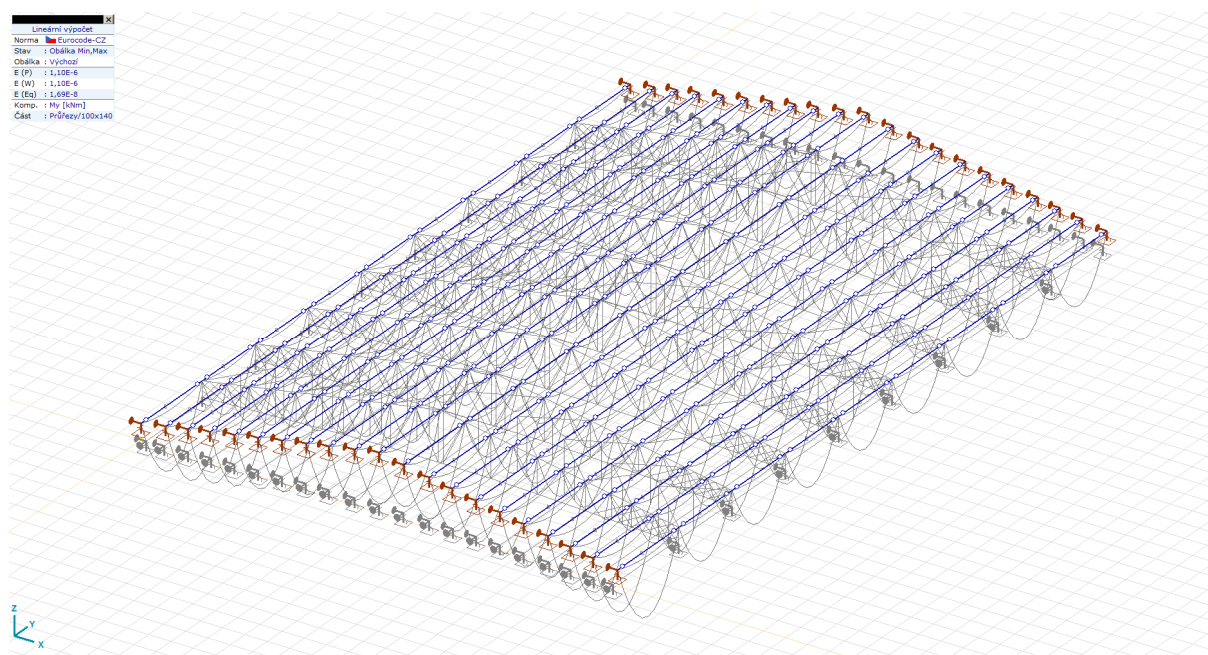


Schéma 11: [I], > 100x140, Lineární, Obálka (Výchozí), My, Diagram

Vnitřní síly na nosníku [Lineární, Obálka (MSÚ), 100x140]

	Skoř.	C	min. max.	Stav	Poz. [m]	Uzel	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
693	4	Nx	min	Kom #34, MSÚ	0	(377)	<u>-7,024</u>	0	-0,737	0	0,622	0
694	4		max	Kom #31, MSÚ	0	(55)	<u>6,335</u>	0,319	-3,767	0,003	0	0
728	4	Vy	min	Kom #31, MSÚ	2,706	(584)	0,502	<u>-0,512</u>	1,807	-0,007	-2,455	-0,458
725	4		max	Kom #31, MSÚ	2,706	(565)	0,528	<u>0,509</u>	1,807	0,006	-2,455	0,456
604	4		max	Kom #31, MSÚ	4,150	(28)	0	0	<u>4,356</u>	0	0	0
727	4	Tx	min	Kom #31, MSÚ	2,683	(588)	0,676	-0,488	1,656	<u>-0,077</u>	-2,402	-0,448
726	4		max	Kom #31, MSÚ	2,683	(569)	0,678	0,484	1,656	<u>0,077</u>	-2,403	0,444
604	4	My	min	Kom #31, MSÚ	2,075		0	0	0	0	<u>-4,519</u>	0
692	4		max	Kom #31, MSÚ	1,800	(377)	-3,167	0	2,849	0	<u>1,727</u>	0
697	4	Mz	min	Kom #31, MSÚ	1,800	(379)	0,759	0,319	0,012	0,003	-3,379	<u>-0,575</u>
708	4		max	Kom #31, MSÚ	1,800	(375)	0,004	-0,319	0,012	-0,003	-3,379	<u>0,575</u>

4.2.2 Posudek 100x140

Posouzení dřevěného profilu na ohyb

Výpočet proveden podle norem: ČSN EN 1995-1-1; ČSN EN 1995-1-2

Dřevo

C24

Charakteristická pevnost v ohybu:	$f_{m,k}$	24	MPa
Modul pružnosti:	$E_{0,05}$	7400	MPa
Dílčí součinitel vlastností materiálu	γ_M	1.3	
Modifikační součinitel dřevěných prvků	k_{mod}	0.9	
Návrhová únosnost v ohybu	$f_{m,d}$	16.615	MPa
Rozměry $y(b)$; $z(h)$		100	140 mm
Průřezová plocha	A	14000	mm ²
Modul průřezu	W	3.27E+05	mm ³
Ohybový moment	M_d	4.52	kNm
Návrhové napětí	$\sigma_{m,d}$	13.834	MPa
Posouzení:	$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$	13.8 kNm < 16.6 kNm	Vyhovuje

4.2.3 Vnitřní síly 60x180

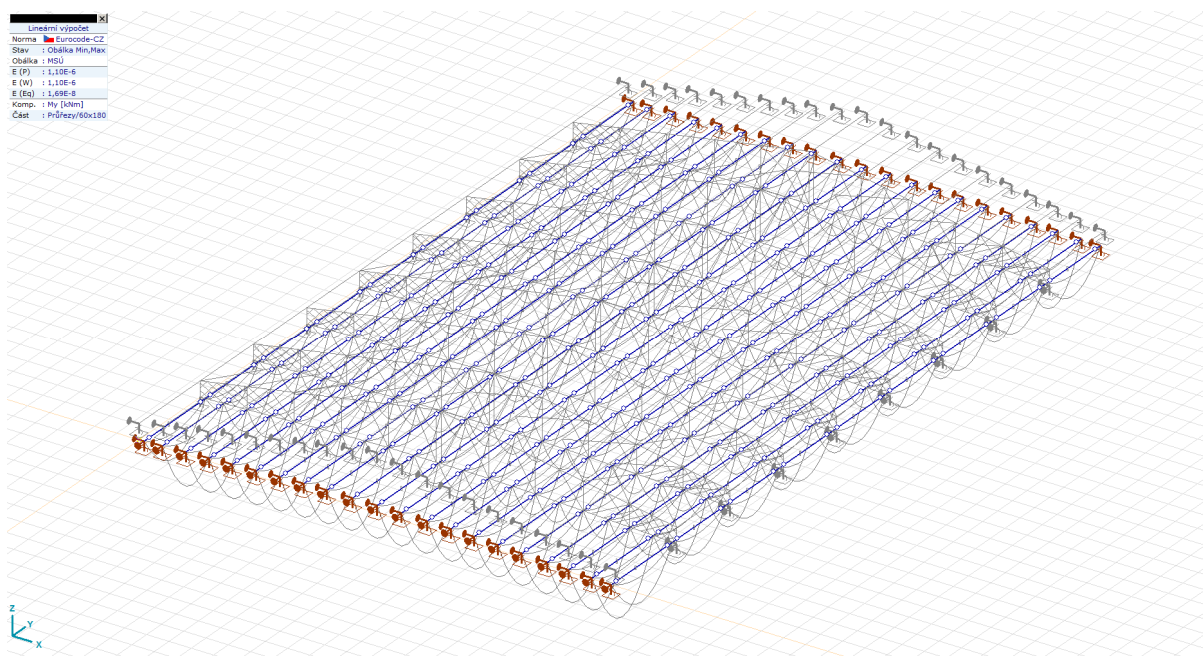


Schéma 12: [I], > 60x180, Lineární, Obálka (MSÚ), My, Diagram

Vnitřní síly na nosníku [Lineární, Obálka (MSÚ), 60x180]

	Skoř.	C	min. max.	Stav	Poz. [m]	Uzel	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
75	1	Nx	min	Kom #31, MSÚ	0	(447)	-4,115	0	-0,837	0	0	0
55	1		max	Kom #34, MSÚ	0	(383)	17,379	0	-0,965	0	0	0
1	1	Vy	min	Kom #28, MSÚ	0	(407)	-0,639	0	-0,715	0	0	0
1	1		max	Kom #31, MSÚ	0	(407)	0,047	0	-0,965	0	0	0
10	1	Vz	min	Kom #33, MSÚ	0	(393)	-0,052	0	-3,517	0	0	0
10	1		max	Kom #33, MSÚ	4,150	(392)	-0,052	0	3,517	0	0	0
126	1	Tx	min	Kom #28, MSÚ	0	(404)	0,088	0	-0,620	-0,001	0	0
2	1		max	Kom #28, MSÚ	0	(406)	-0,488	0	-0,620	0,001	0	0
10	1	My	min	Kom #33, MSÚ	2,075		-0,052	0	0	0	-3,649	0
1	1		max	Kom #33, MSÚ	4,150	(406)	0,042	0	2,241	0	0	0
1	1	Mz	min	Kom #31, MSÚ	4,150	(406)	0,047	0	0,965	0	0	0
1	1		max	Kom #31, MSÚ	0	(407)	0,047	0	-0,965	0	0	0

4.2.4 Posudek 60x180

Posouzení dřevěného profilu na ohyb

Výpočet proveden podle norem: ČSN EN 1995-1-1; ČSN EN 1995-1-2

Dřevo

C24

Charakteristická pevnost v ohybu:

$f_{m,k}$

24

MPa

Modul pružnosti:

$E_{0,05}$

7400

MPa

Dílčí součinitel vlastností materiálu

γ_M

1.3

Modifikační součinitel dřevěných prvků

k_{mod}

0.9

Návrhová únosnost v ohybu

$f_{m,d}$

16.615

MPa

Rozměry $y(b)$; $z(h)$

60

180

mm

Průřezová plocha

A

10800

mm²

Modul průřezu

W

3.24E+05

mm³

Ohybový moment

M_d

3.65

kNm

Návrhové napětí

$\sigma_{m,d}$

11.265

MPa

Posouzení:

$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$

11.3 kNm < 16.6 kNm

Vyhovuje

4.2.5 Vnitřní síly 3x240/40(35)

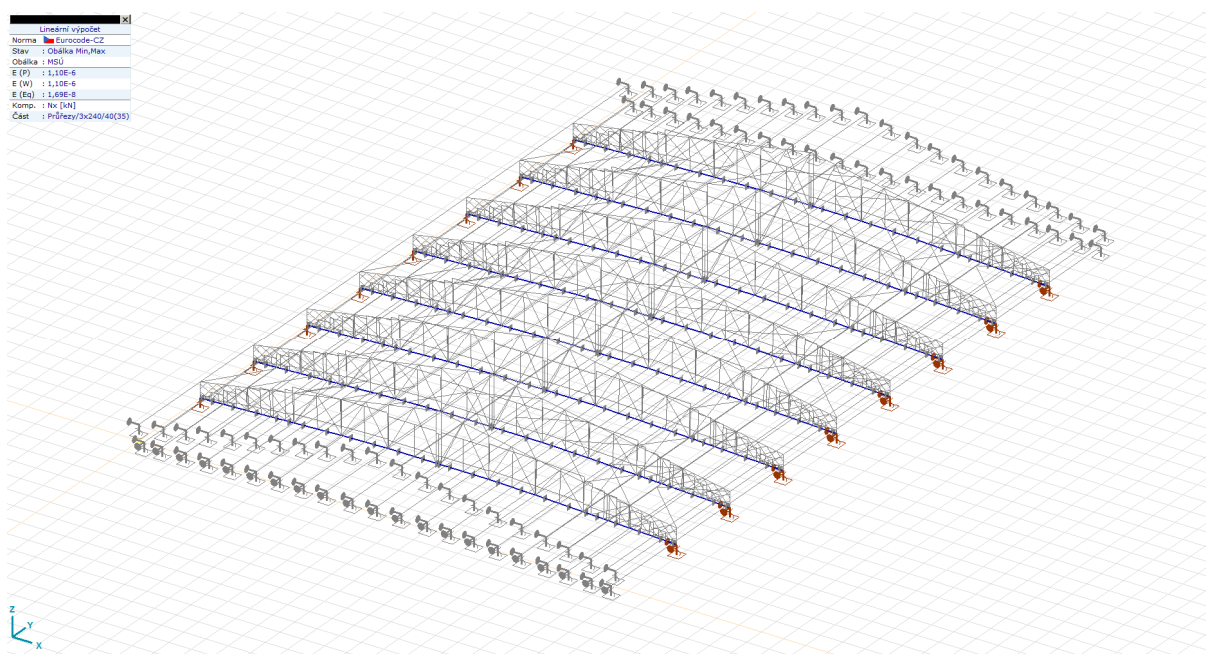


Schéma 13: [I], > 3x240/40(35), Lineární, Obálka (MSÚ), Nx, Diagram

Vnitřní síly na nosníku [Lineární, Obálka (MSÚ), 3x240/40(35)]

	Skoř.	C	min. max.	Stav	Poz. [m]	Uzel	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1103	2	Nx	min	Kom #31, MSÚ	0,237	(57)	-8,972	-0,067	51,479	-0,002	0	0,037
215	2		max	Kom #31, MSÚ	1,050	(388)	285,625	0,044	-1,244	-0,001	-2,536	-0,031
216	2		max	Kom #31, MSÚ	1,050	(39)	285,677	-0,040	0,737	-0,001	-1,850	0,011
202	2	Vy	min	Kom #28, MSÚ	0	(122)	70,287	-1,753	3,357	-0,010	-0,919	-1,688
201	2		max	Kom #28, MSÚ	0	(115)	70,408	1,802	-3,363	0,009	0,257	-1,013
959	2	Vz	min	Kom #31, MSÚ	0	(40)	-5,167	0,003	-50,805	0	0	0,002
1103	2		max	Kom #31, MSÚ	0,237	(57)	-8,972	-0,067	51,479	-0,002	0	0,037
315	2	Tx	min	Kom #28, MSÚ	0	(438)	82,530	0,934	0,216	-0,014	-1,285	-0,257
304	2		max	Kom #28, MSÚ	0	(280)	82,674	-0,884	-0,352	0,014	-0,973	-1,206
224	2	My	min	Kom #33, MSÚ	0	(398)	236,565	0,050	2,132	0,001	-4,471	0,028
1049	2		max	Kom #31, MSÚ	0,560	(750)	224,548	-0,032	0,944	0,002	1,181	0,014
202	2	Mz	min	Kom #28, MSÚ	0	(122)	70,287	-1,753	3,357	-0,010	-0,919	-1,688
258	2		max	Kom #28, MSÚ	0,990	(462)	73,336	-0,609	-0,770	0	-0,872	0,669

4.2.6 Posudek 3x240/40(35)

Posouzení dřevěného profilu na tah s ohybem

Výpočet proveden podle norem: ČSN EN 1995-1-1; ČSN EN 1995-1-2

Dřevo:

C24

Charakteristická pevnost v tahu:: $f_{t,0,k}$ 21 MPa

Charakteristická pevnost v ohybu: $f_{m,k}$ 24 MPa

Modul pružnosti: $E_{0,05}$ 7400 MPa

γ_M 1.3

k_{mod} 0.9

Návrhová únosnost tahová $f_{t,0,d}$ 14.538 MPa

Návrhová únosnost ohybová $f_{m,d}$ 16.615 MPa

Prvek

y (b) z (h)

Rozměry 140 240 mm

Průřezová plocha A 33600 mm²

Moment setrvačnosti I 161280000 54880000 mm⁴

Modul průřezu W 1344000 784000 mm³

Poloměr setrvačnosti i 69.282 40.415 mm

Zatížení

Tahová síla N_t 285.63 kN

Návrhové napětí $\sigma_{t,0,d}$ 8.501 MPa

Moment ve směru y $M(y,z)$ 2.54 0.03 kNm

Napětí za ohybu $\sigma_{m,(y,z),d}$ 1.887 0.038 MPa

Koeficient k_m 0.7

Posouzení 0.70 0.67 <=1

Vyhovuje Vyhovuje

4.2.7 Vnitřní síly 3x275/40(35)

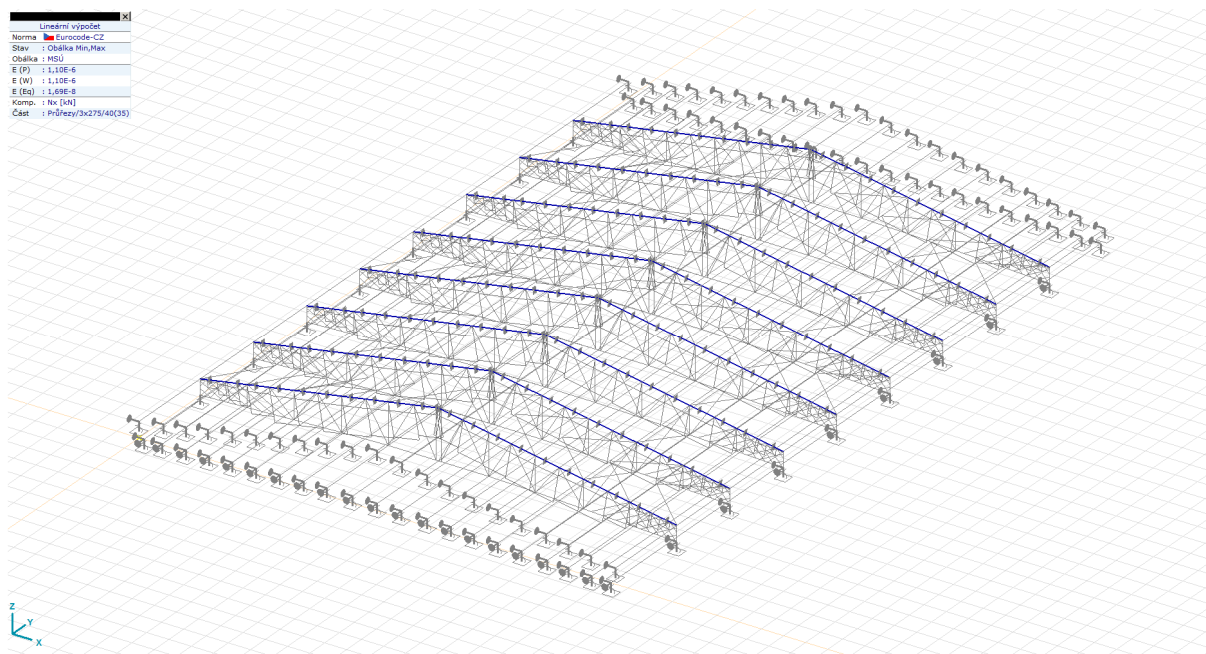


Schéma 14: [I], > 3x275/40(35), Lineární, Obálka (MSÚ), Nx, Diagram

Vnitřní síly na nosníku [Lineární, Obálka (MSÚ), 3x275/40(35)]

	Skoř.	C	min. max.	Stav	Poz. [m]	Uzel	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
332	3	Nx	min	Kom #31, MSÚ	1,098	(60)	-296,172	0,198	0,977	0,006	-3,234	-0,146
957	3		max	Kom #28, MSÚ	0,310	(619)	-1,489	0,443	-0,245	0	-0,084	-0,165
365	3	Vy	min	Kom #34, MSÚ	1,084	(121)	-103,296	-1,430	0,173	-0,004	-1,076	1,048
368	3		max	Kom #28, MSÚ	0	(121)	-76,783	1,441	-0,025	-0,004	-0,824	1,049
326	3	Vz	min	Kom #31, MSÚ	0	(28)	-228,720	0,155	-36,533	0	0	0
943	3		max	Kom #31, MSÚ	0,112	(28)	-228,716	-0,156	36,558	0	0	0
427	3	Tx	min	Kom #31, MSÚ	0	(254)	-262,508	0,054	0,333	-0,009	-2,938	-0,009
436	3		max	Kom #31, MSÚ	0	(261)	-262,103	-0,062	-0,546	0,009	-2,446	-0,080
323	3	My	min	Kom #31, MSÚ	1,098	(36)	-294,837	-0,192	-0,772	-0,005	-4,196	0,070
957	3		max	Kom #31, MSÚ	0	(29)	-9,265	0,043	-0,512	0,004	0,005	0
440	3	Mz	min	Kom #31, MSÚ	1,031	(283)	-271,941	0,663	-2,033	0,003	-3,927	-0,427
365	3		max	Kom #28, MSÚ	1,084	(121)	-76,804	-1,429	0,096	-0,004	-0,824	1,049

4.2.8 Posudek 3x275/40(35)

Posouzení členěného dřevěného profilu na vzpěrný tlak (s vlivy příčných zatížení).

Výpočet proveden podle norem: ČSN EN 1995-1-1; ČSN EN 1995-1-2

Dřevo:

C24

Charakteristická pevnost v tlaku: $f_{c,0,k}$ 21 MPa

Charakteristická pevnost v ohybu: $f_{m,k}$ 24 MPa

Modul pružnosti: $E_{0,05}$ 7400 MPa

Dílčí součinitel vlastností materiálu γ_M 1.3

Modifikační součinitel dřevěných prvků k_{mod} 0.9

Návrhová únosnost tlaková $f_{c,0,d}$ 14.538 MPa

Návrhová únosnost ohybová $f_{m,d}$ 16.615 MPa

Prvek y (b) z (h)

Rozměry 40 275 mm

Vzdálenost mezi deskami a 40 mm

Počet dřiků n 3 ks

Vzdálenost vložek l_1 950 mm

Součinitel spojení vložek η 3

Kritická délka l_{ef} 1100 1100 mm

Průřezová plocha A_{tot} 33000 mm²

Moment setrvačnosti I_{tot} 207968750 145200000 mm⁴

Modul průřezu W_{el} 1512500 575080000 mm³

Poloměr setrvačnosti i 79.386 66.332 mm

Zatížení

Tlaková síla N 296.17 kN

Návrhové napětí $\sigma_{c,0,d}$ 8.975 MPa

Moment ve směru y $M(y,z)$ 3.23 0.15 kNm

Napětí za ohybu $\sigma_{m,(y,z),d}$ 2.138 0.000 MPa

Štíhlostní poměr λ_{ef} 13.856 39.465 -

Kritické napětí $\sigma_{c,crit}$ 380.391 46.893 MPa

Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,ef}$ 0.235 0.669 -

Koeficient k_m 0.7

Koeficient β_c 0.2

Koeficient k 0.521 0.761

Koeficient k_c 1.014 0.891

Posouzení 0.70 0.78 <=1

Vyhovuje Vyhovuje

4.2.9 Vnitřní síly 2x140/32(40)

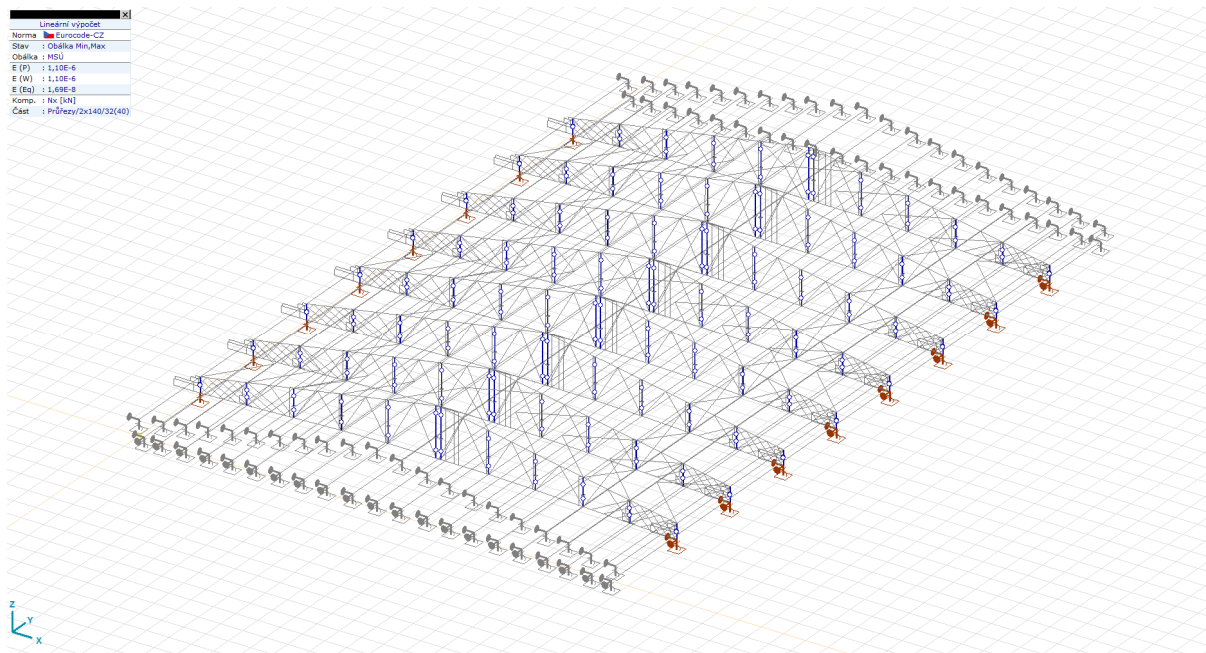


Schéma 15: [I], > 2x140/32(40), Lineární, Obálka (MSÚ), Nx, Diagram

Vnitřní síly na nosníku [Lineární, Obálka (MSÚ), 2x140/32(40)]

	Skoř.	C	min. max.	Stav	Poz. [m]	Uzel	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1032	5	Nx	min	Kom #31, MSÚ	0	(57)	<u>-56,007</u>	-0,001	-3,047	0	0	0
730	5		max	Kom #31, MSÚ	2,239	(30)	<u>37,718</u>	0	0	-0,001	0	0
1043	5	Vy	min	Kom #32, MSÚ	0	(260)	4,016	<u>-0,193</u>	-0,409	-0,001	0	0
1045	5		max	Kom #28, MSÚ	0	(295)	2,894	<u>1,263</u>	-0,171	0,003	0	0
952	5	Vz	min	Kom #31, MSÚ	0,281	(623)	-53,409	0	<u>-15,219</u>	0	0,860	-0,001
1032	5		max	Kom #31, MSÚ	0,281	(759)	-53,577	0,011	<u>15,288</u>	0	-0,857	0
1021	5	Tx	min	Kom #28, MSÚ	0	(278)	2,940	1,255	0,258	<u>-0,003</u>	0	0
1045	5		max	Kom #28, MSÚ	0	(295)	2,894	1,263	-0,171	<u>0,003</u>	0	0
1032	5	My	min	Kom #31, MSÚ	0,594	(757)	-19,977	-0,012	-9,616	0	-0,969	0,002
952	5		max	Kom #31, MSÚ	0,594	(621)	-19,938	-0,005	9,522	0	<u>0,962</u>	0
1045	5	Mz	min	Kom #28, MSÚ	0,040	(1194)	2,896	1,263	-0,171	0,003	-0,007	<u>-0,050</u>
1043	5		max	Kom #32, MSÚ	0,040	(1192)	4,018	-0,193	-0,409	-0,001	-0,016	<u>0,008</u>

4.2.10 Posudek 2x140/32(40)

Posouzení členěného dřevěného profilu na vzpěrný tlak (s vlivy příčných zatížení).

Výpočet proveden podle norem: ČSN EN 1995-1-1; ČSN EN 1995-1-2

Dřevo:

C24

Charakteristická pevnost v tlaku::	$f_{c,0,k}$	21	MPa
Charakteristická pevnost v ohybu:	$f_{m,k}$	24	MPa
Modul pružnosti:	$E_{0,05}$	7400	MPa
Dílčí součinitel vlastností materiálu	γ_M	1.3	
Modifikační součinitel dřevěných prvků	k_{mod}	0.9	
Návrhová únosnost tlaková	$f_{c,0,d}$	14.538	MPa
Návrhová únosnost ohybová	$f_{m,d}$	16.615	MPa

<i>Prvek</i>		y (b)	z (h)	
Rozměry		32	140	mm
Vzdálenost mezi deskami	a	40		mm
Počet dřívů	n	2		ks
Vzdálenost vložek	l_1	750		mm
Součinitel spojení vložek	η	3		
Kritická délka	l_{ef}	2240	2240	mm
Průřezová plocha	A_{tot}	8960		mm ²
Moment setrvačnosti	I_{tot}	14634667	12376747	mm ⁴
Modul průřezu	W_{el}	209067	49506987	mm ³
Poloměr setrvačnosti	i	40.415	37.166	mm
Zatížení				
Tlaková síla	N	56.00		kN
Návrhové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	6.250		MPa
Moment ve směru y	$M(y,z)$	0.00	0.00	kNm
Napětí za ohybu	$\sigma_{m,(y,z),d}$	0.000	0.000	MPa
Štíhlostní poměr	λ_{ef}	55.426	66.904	-
Kritické napětí	$\sigma_{c,crit}$	23.774	16.316	MPa
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,ef}$	0.940	1.134	-
Koeficient	k_m	0.7		
Koeficient	β_c	0.2		
Koeficient	k	1.006	1.227	
Koeficient	k_c	0.733	0.590	
Posouzení		0.59	0.73	≤ 1
		Vyhovuje	Vyhovuje	

4.2.11 Vnitřní síly 2x130/32(40)

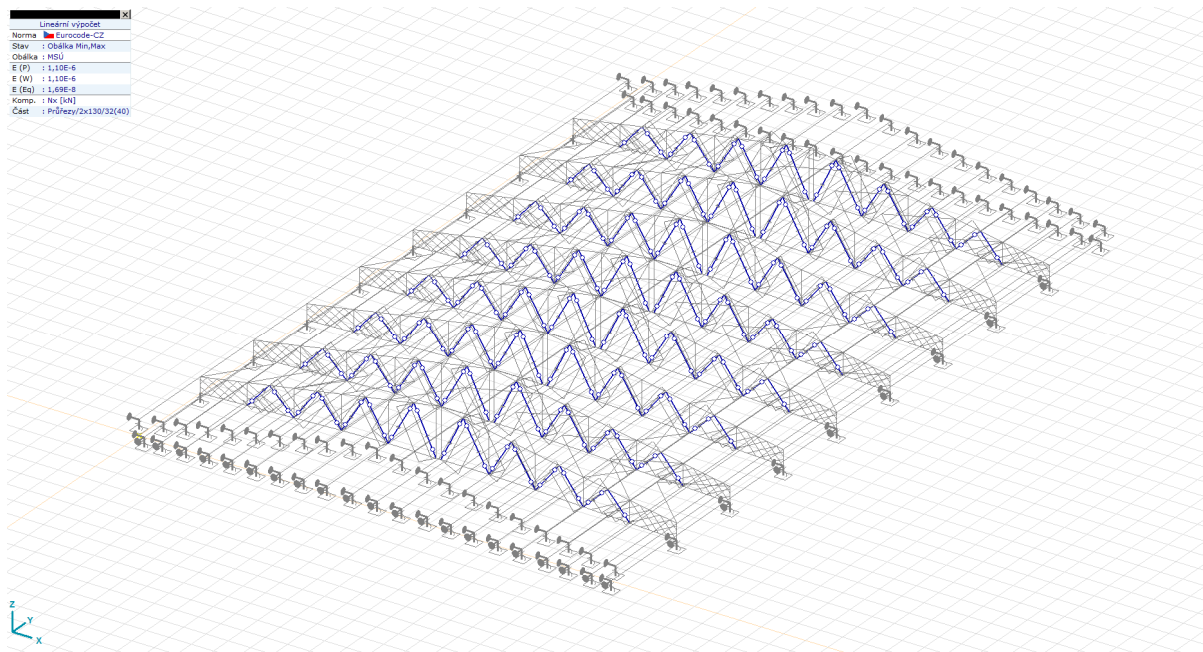


Schéma 16: $[I]_x > 2x130/32(40)$, Lineární, Obálka (MSÚ), N_x , Diagram

Vnitřní síly na nosníku [Lineární, Obálka (MSÚ), 2x130/32(40)]

	Skoř.	C	min. max.	Stav	Poz. [m]	Uzel	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
928	6	Nx	min	Kom #31, MSÚ	0	(513)	-42,704	-0,004	0,710	0,002	-0,457	-0,003
816	6		max	Kom #31, MSÚ	2,363	(41)	38,419	0	0,027	-0,001	0	0
1068	6	Vy	min	Kom #28, MSÚ	0	(295)	3,432	-2,289	-8,131	0	0	0
1023	6		max	Kom #28, MSÚ	0	(278)	3,494	2,263	-8,157	0,001	0	0
953	6	Vz	min	Kom #31, MSÚ	0	(33)	11,427	-0,012	-28,955	0	0	0
928	6		max	Kom #31, MSÚ	0,634	(61)	-42,682	-0,004	0,730	0,002	0	0
910	6	Tx	min	Kom #28, MSÚ	0	(264)	3,685	0	-0,019	-0,003	0	0
903	6		max	Kom #28, MSÚ	0	(247)	3,708	0	-0,019	0,003	0	0
953	6	My	min	Kom #31, MSÚ	0,322	(892)	-10,447	-0,002	-7,206	0	-1,093	0
953	6		max	Kom #31, MSÚ	0,322	(892)	-26,374	-0,004	-7,344	0	1,113	-0,001
1003	6	Mz	min	Kom #28, MSÚ	0,322	(902)	-6,895	-0,023	-1,913	0	0,288	-0,102
1062	6		max	Kom #28, MSÚ	0,322	(920)	-6,874	0,021	-1,879	0	0,283	0,105

4.2.12 Posudek 2x130/32(40)

Posouzení členěného dřevěného profilu na vzpěrný tlak (s vlivy příčných zatížení).

Výpočet proveden podle norem: ČSN EN 1995-1-1; ČSN EN 1995-1-2

Dřevo:

C24

Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{c,0,k}$	21	MPa
Charakteristická pevnost v ohybu:	$f_{m,k}$	24	MPa
Modul pružnosti:	$E_{0,05}$	7400	MPa

Dílčí součinitel vlastností materiálu	γ_M	1.3	
Modifikační součinitel dřevěných prvků	k_{mod}	0.9	
Návrhová únosnost tlaková	$f_{c,0,d}$	14.538	MPa
Návrhová únosnost ohybová	$f_{m,d}$	16.615	MPa

Prvek

Rozměry	y (b)	z (h)	
	32	130	mm
Vzdálenost mezi deskami	a	40	mm
Počet dřívů	n	2	ks
Vzdálenost vložek	l_1	850	mm

Součinitel spojení vložek	η	3	
Kritická délka	l_{ef}	2250	2250 mm
Průřezová plocha	A_{tot}	8320	mm ²
Moment setrvačnosti	I_{tot}	11717333	11492693 mm ⁴
Modul průřezu	W_{el}	180267	45970773 mm ³
Poloměr setrvačnosti	i	37.528	37.166 mm

Zatížení

Tlaková síla	N	42.00	kN
Návrhové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	5.048	MPa
Moment ve směru y	M(y,z)	0.45	0.00 kNm
Napětí za ohybu	$\sigma_{m,(y,z),d}$	2.496	0.000 MPa
Štíhlostní poměr	λ_{ef}	59.956	67.979 -
Kritické napětí	$\sigma_{c,crit}$	20.318	15.804 MPa
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,ef}$	1.017	1.153 -
Koeficient	k_m	0.7	
Koeficient	β_c	0.2	
Koeficient	k	1.088	1.250
Koeficient	k_c	0.677	0.577
Posouzení		0.62	0.71 <=1

Vyhovuje Vyhovuje

4.2.13 Vnitřní síly - svislé ztužení 32x140

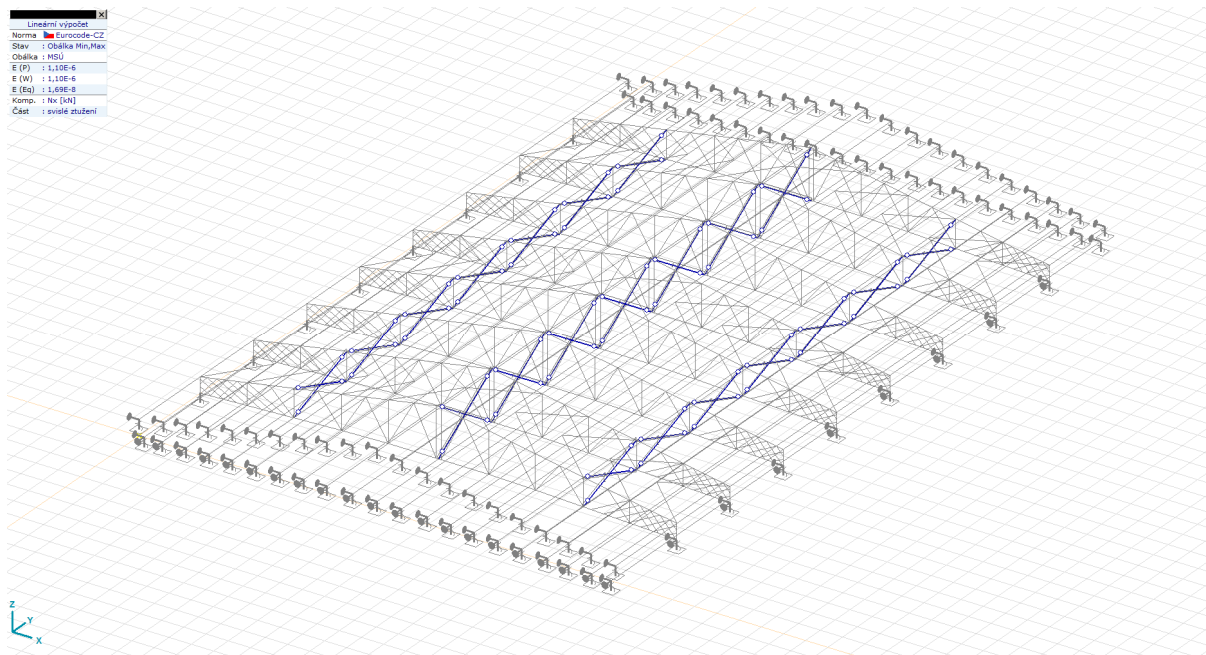


Schéma 17: [I], > svislé ztužení, Lineární, Obálka (MSÚ), Nx, Diagram

Vnitřní síly na nosníku [Lineární, Obálka (MSÚ), svislé ztužení]

	Skoř.	C	min. max.	Stav	Poz. [m]	Uzel	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
811	7	Nx	min	Kom #34, MSÚ	3,814	(87)	-3,403	0	0,030	0	0	0
1128	7		max	Kom #31, MSÚ	4,250	(63)	7,412	0	0,045	0	0	0
812	7	Vy	min	Kom #31, MSÚ	1,907	(890)	0,440	-0,001	-0,031	0	0,016	-0,001
811	7		max	Kom #31, MSÚ	1,907	(890)	-1,390	0,001	-0,027	-0,001	0,009	0,001
794	7	Vz	min	Kom #30, MSÚ	0	(244)	0,099	0	-0,045	0	0	0
794	7		max	Kom #30, MSÚ	3,814	(280)	0,068	0	0,045	0	0	0
802	7	Tx	min	Kom #31, MSÚ	1,907	(885)	-0,034	0	-0,026	-0,001	0,007	0,001
812	7		max	Kom #31, MSÚ	0	(52)	0,259	0	-0,018	0,001	0	0
1116	7	My	min	Kom #30, MSÚ	2,125		1,986	0	0	0	-0,048	0
810	7		max	Kom #31, MSÚ	1,907	(889)	-0,647	0	0,031	0	0,017	-0,001
812	7	Mz	min	Kom #31, MSÚ	1,907	(890)	0,440	-0,001	-0,031	0	0,016	-0,001
811	7		max	Kom #31, MSÚ	1,907	(890)	-1,390	0,001	-0,027	-0,001	0,009	0,001

4.2.14 Posudek svislé ztužení 32x140

Posouzení dřevěného profilu na tah (rovnoběžně s vlákny).

Výpočet proveden podle norem: ČSN EN 1995-1-1; ČSN EN 1995-1-2

Dřevo:

C24

Charakteristická pevnost v tahu:

$f_{t,0,k}$ 14 MPa

Modul pružnosti:

$E_{0,05}$ 7400 MPa

γ_M 1.3

k_{mod} 0.9

Návrhová únosnost tahová

$f_{t,0,d}$ 9.692 MPa

Prvek

y (b) z (h)

Rozměry

32 140 mm

Průřezová plocha

A 4480 mm²

Zatížení

Tahová síla

N_d 7.40 kN

Návrhové napětí

$\sigma_{t,0,d}$ 1.652 MPa

Posouzení

$\sigma_{t,0,d} < f_{t,0,d}$ 1.652 kNm < 9.692 kNm **Vyhovuje**

4.2.15 Vnitřní síly horizontální ztužení 32x140

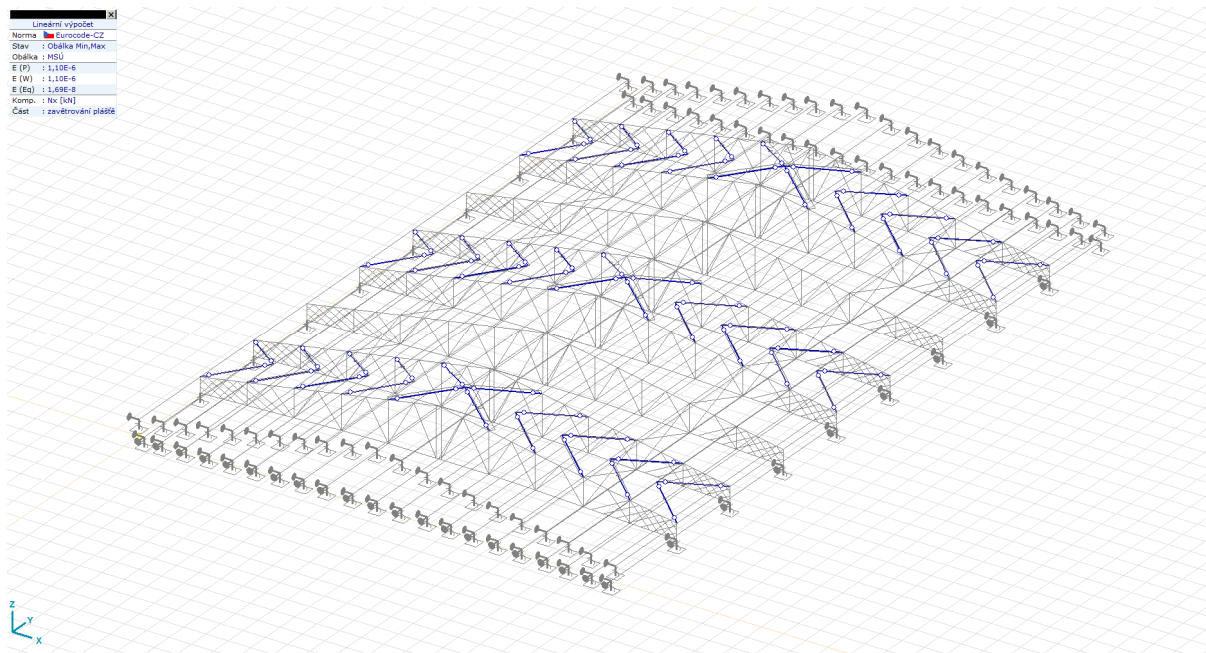


Schéma 18: [I], > zavětrování pláště, Lineární, Obálka (MSÚ), Nx, Diagram

Vnitřní síly na nosníku [Lineární, Obálka (MSÚ), zavětrování pláště]

	Skoř.	C	min. max.	Stav	Poz. [m]	Uzel	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
488	7	Nx	min	Kom #31, MSÚ	0	(248)	-13,531	-0,047	0,059	-0,005	0	0
479	7		max	Kom #28, MSÚ	2,790	(374)	3,794	0,014	0,022	-0,001	0	0
474	7	Vy	min	Kom #31, MSÚ	0	(377)	-11,223	-0,107	-0,202	0,007	0	0
482	7		max	Kom #31, MSÚ	2,916	(377)	-12,422	0,107	0,200	-0,007	0	0
508	7	Vz	min	Kom #31, MSÚ	1,486	(570)	-10,079	0,072	-0,204	0,007	0,291	0,128
462	7		max	Kom #31, MSÚ	1,486	(558)	-9,634	0,071	0,203	-0,007	-0,290	0,127
482	7	Tx	min	Kom #31, MSÚ	1,486	(569)	-12,426	0,072	0,200	-0,007	-0,285	0,128
474	7		max	Kom #31, MSÚ	0	(377)	-11,223	-0,107	-0,202	0,007	0	0
462	7	My	min	Kom #31, MSÚ	1,486	(558)	-9,634	0,071	0,203	-0,007	-0,290	0,127
508	7		max	Kom #31, MSÚ	1,486	(570)	-10,079	0,072	-0,204	0,007	0,291	0,128
504	7	Mz	min	Kom #34, MSÚ	1,470	(561)	-1,532	0,019	-0,001	0	-0,002	-0,001
474	7		max	Kom #31, MSÚ	1,430	(588)	-11,228	-0,072	-0,202	0,007	-0,289	0,128
482	7		max	Kom #31, MSÚ	1,486	(569)	-12,426	0,072	0,200	-0,007	-0,285	0,128

4.2.16 Posudek horizontální ztužení 32x140

Posouzení dřevěného profilu na vzpěrný tlak (s vlivy příčných zatížení).

Výpočet proveden podle norem: ČSN EN 1995-1-1; ČSN EN 1995-1-2

Dřevo:

C24

Charakteristická pevnost v tlaku::	$f_{c,0,k}$	21	MPa
Charakteristická pevnost v ohybu:	$f_{m,k}$	24	MPa
Modul pružnosti:	$E_{0,05}$	7400	MPa
Dílčí součinitel vlastností materiálu	γ_M	1.3	
Modifikační součinitel dřevěných prvků	k_{mod}	0.9	
Návrhová únosnost tlaková	$f_{c,0,d}$	14.538	MPa
Návrhová únosnost ohybová	$f_{m,d}$	16.615	MPa
Prvek	y (b)	z (h)	
Rozměry	32	140	mm
Kritická délka	l_{ef}	1100	1100 mm

Průřezová plocha	A	4480		mm ²
Moment setrvačnosti	I	7317333	382293	mm ⁴
Modul průřezu	W _{el}	104533	23893	mm ³
Poloměr setrvačnosti	i	40.415	9.238	mm
<i>Zatížení</i>				
Tlaková síla	N	13.53		kN
Návrhové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	3.020		MPa
Moment ve směru y	M(y,z)	0.00	0.00	kNm
Napětí za ohybu	$\sigma_{m,(y,z),d}$	0.000	0.000	MPa
Štíhlostní poměr	λ	27.218	119.078	-
Kritické napětí	$\sigma_{c,crit}$	98.587	5.151	MPa
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	0.462	2.019	-
Koeficient	k _m	0.7		
Koeficient	β_c	0.2		
Koeficient	k _{y,z}	0.623	2.710	
Koeficient	k _c	0.961	0.221	
Posouzení		0.22	0.94	<=1
		Vyhovuje	Vyhovuje	

5. Závěr

Tento statický výpočet se zabýval posouzením stávající nosné příhradové dřevěné konstrukce krovu střechy nad tělocvičnou č.1, Středního odborného učiliště technického v Havířově Šumbarku, ul. Sýkorova 1/613. Výpočet byl proveden dle v současnosti platné normy pro výpočet dřevěných konstrukcí ČSN EN 1995-1-1 [5], pro zatížení dle zásad ČSN EN 1990 [1], na zatížení stálé dle ČSN EN 1991-1-1 [2], zatížení od sněhu ČSN EN 1991-1-3 [3] a zatížení od větru dle ČSN EN 1991-1-4 [4].

Výpočet vnitřních sil byl proveden metodou konečných prvků na prostorovém prutovém modelu pomocí programu Axis VM.

Lze konstatovat, že posuzované prvky konstrukce dle ČSN EN 1995-1-1 [5] na výše uvedené zatížení dle platných norem VYHOVÍ.

Výpočetní model však nedokáže vystihnout veškeré vady materiálu (suky, trhliny, hnilobu, poškození hmyzem), výrobní nepřesnosti, vady spojů, stávající deformace prvků. Některé tyto vady byly nalezeny při průzkumu [19], viz odstavec 3. tohoto dokumentu.

Konstrukce byla zesílena dle projektové dokumentace z roku 2004 [13][14][15], kdy platily ještě staré normy na zatížení ČSN 72 0035 a na posuzování dřevěných konstrukcí ČSN 73 1701. Tyto normy byly nahrazeny novými evropskými normami „Eurocode“, které výrazně zvýšily nároky na spolehlivost stavebních konstrukcí. Rovněž došlo k navýšení zatížení sněhem dle nové mapy sněhových oblastí dle dat ČHMÚ z roku 2005.

Z výše uvedených důvodů, a v rámci zajištění bezpečného užívání, doporučujeme provedení následujících opatření, které nově vyplývají z požadavků platných ČSN EN.

- Doporučujeme dodat ještě další 2 podélná svislá ztužidla mezi stávajícím vrcholovým a mezilehlými (v půdoryse označeny červenou barvou – obr. 11). Doplnit stávající i nově přidaná svislá podélná ztužidla (zkřížené diagonály - systém tažených diagonál) o vodorovné pásy (horní i dolní).
- Doporučujeme kontrolu všech přípojí ztužujících prvků a jejich posílení/opravu v případě zjištění jejich nefunkčnosti. U stávajících diagonál příčných větrových ztužidel v úrovni horních pasů vazníků zkontrolovat kvalitu přípojí (zejména vzdálenost hřebíků/vrutů od zatížených konců a okrajů), případně doplnit přípoje diagonál ke všem vaznicím (vruty) – čímž se zkrátí jejich vzpěrná délka a zvýší se tuhost a únosnost ztužení.

- Doporučujeme změnit způsob připojování prvků ztužidel k vazníkům z hřebíkových spojů na spoje vrutové s využitím ocelových tenkostěnných tvarovek. Spoje k členěným prutům vazníků doporučují provádět s využitím masivních dřevěných vložek mezi prvky a neprovádět přípoj do úzké hrany prken/fošen vazníků.
- Doporučujeme zesílit přípoje vaznic k horním pasům vazníků – např. pomocí BOVA plechových úhelníků s výztužnými žebry a vruty.

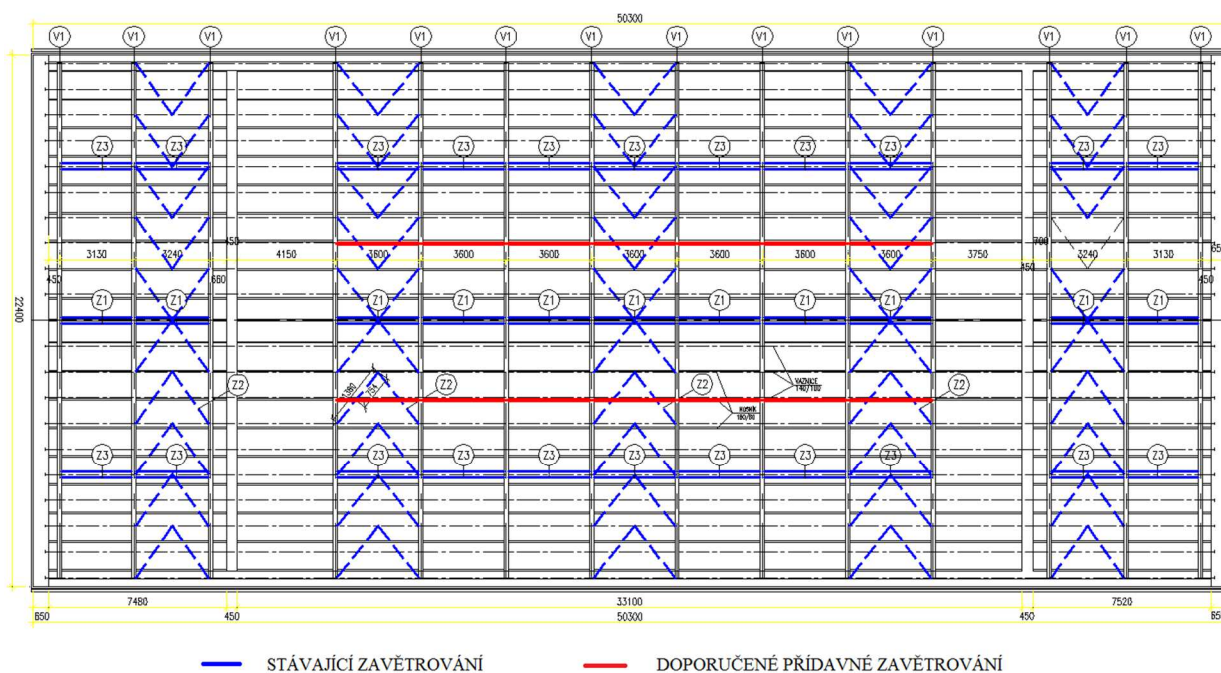


Schéma 19: Doporučené přídavné zavětrování

- Doporučujeme vytvořit mezi krajními dvojicemi vazníků nad půdorysem tělocvičny v úrovni dolních pasů příčné větrové ztužidlo, které napomůže zachytit reakce svislých podélných ztužidel (viz Schéma 19).

Výše popsaná doporučená opatření by měla být součástí realizační projektové dokumentace na základě podrobného průzkumu stávající nosné dřevěné konstrukce zastřešení haly.

.....

Ing. Kamil Burkovič, Ph.D.

.....

Prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
autorizovaný inženýr

Ostrava 14.11.2016