

Statický posudek **Pracovní verze**

Přetížení střechy objektu VEC II FVE

VŠB – Technická univerzita Ostrava



Projekt.: Instalace FVE na objektech VŠB-TUO

Zpráva č.: FAST HS **xxxxxx** – Přetížení střechy objektu VEC II FVE

Stupeň PD: Dokumentace pro stavební povolení (DSP)

Investor: VŠB – Technická univerzita Ostrava



17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Gen. projektant: VŠB – Technická univerzita Ostrava, CEET, VEC



17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Zpracovatel: VŠB – Technická univerzita Ostrava, FAST, Katedra konstrukcí



Ludvíka Podéště 1875/17

708 00 Ostrava-Poruba

Vypracovali: doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.,
Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.

Autorizoval: doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.

autorizovaný inženýr pro obor: Statika a dynamika staveb

číslo autorizace: ČKAIT 1104146

.....
prof. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí Katedry konstrukcí

.....
prof. Ing. Martina Peřínková, Ph.D.
děkanka Fakulty stavební, VŠB-TUO

Datum: 04/2023

Počet stran: 59 stran

Výtisk č.

Obsah

1. Zadání	- 3 -
2. Technická dokumentace a podklady.....	- 4 -
3. Nosná konstrukce objektu	- 5 -
4. Statické posouzení - vaznice	- 11 -
5. Statické posouzení - příčná vazba (sloup a vazník s táhlem).....	- 29 -
6. Statické posouzení – příčné vazníky tl. 50 mm	- 42 -
7. Závěr	- 58 -

1. Zadání

Statické posouzení nosné konstrukce objektu VEC II s ohledem na plánovanou instalaci FVE na střeše objektu.

Cílem posudku je stanovení možného přetížení střešního pláště od konstrukce FVE.

Statické posouzení vypracovat ve stupni projektové dokumentace *DSP – Dokumentace pro stavební povolení*.

Místo stavby: objekt VEC II

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Generální projektant:

VŠB-TU Ostrava, CEET, Výzkumné energetické centrum

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Investor:

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Zhotovitel statického posudku:

Fakulta stavební, Katedra Konstrukcí

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

2. Technická dokumentace a podklady

Normy a odborná literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí (příslušné části této skupiny norem).
- [3] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [4] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků.
- [5] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.
- [6] ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplňující ustanovení.
- [7] ČSN 27 2604 Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb.
- [8] ČSN EN 1090-2 +A1 Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce.
- [9] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [10] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [11] ČSN 73 1702 Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Dokumentace k posuzovanému objektu

- [12] Výstavba VEC 2 – VŠB TUO – Ostrava Poruba (realizační dokumentace; I.A.D, Ing. arch. D. Richtár, 6/2004.
- [13] Technická zpráva – Statika. Výstavba VEC 2 – VŠB-TUO – Ostrava Poruba. Ing. Petr Plaček; 06/2004 (obsahuje pouze železobetonové nosné prvky).
- [14] fotodokumentace ze dne 18. 04. 2023; pořídil Vít Křivý

3. Nosná konstrukce objektu

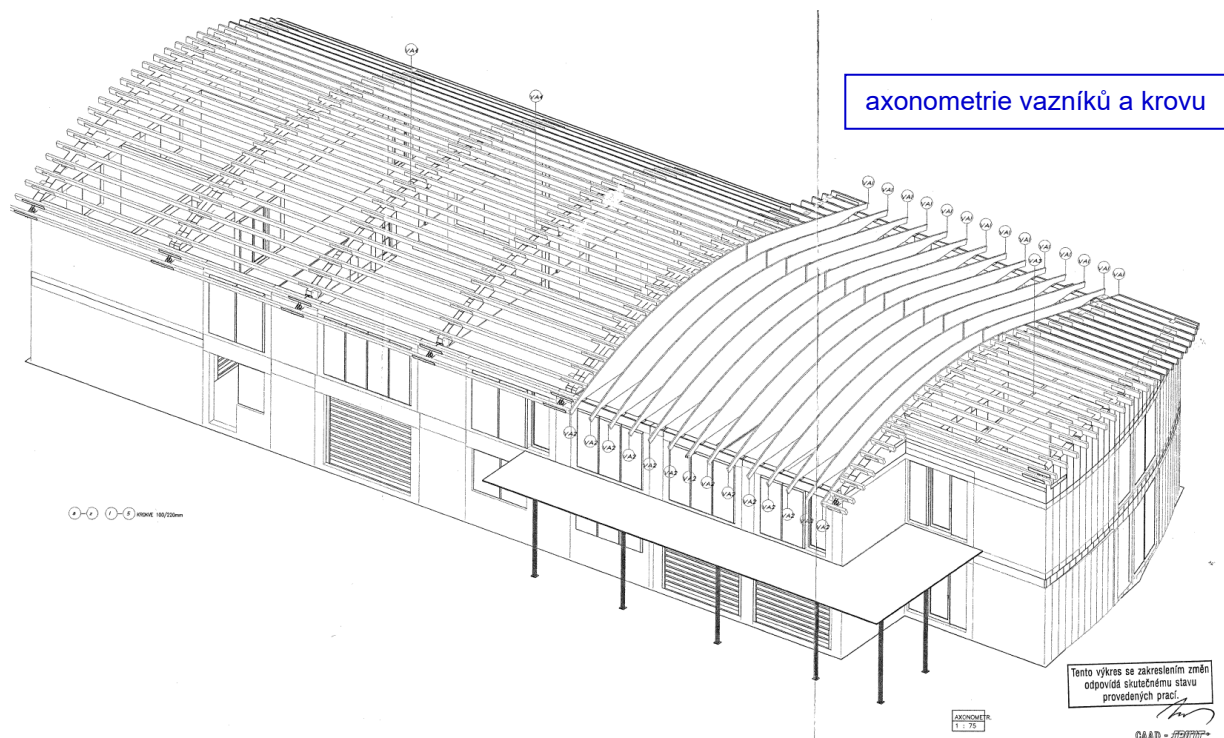
Objekt VEC II s půdorysným rozměrem cca 44,6 x 17 m má poměrně komplikované konstrukční i dispoziční řešení. Středovou část objektu tvoří otevřený prostor, ve kterém jsou umístěny technologie Výzkumného energetického centra. V krajních částech objektu jsou pak umístěny kancelářské, sociální a komunikační prostory.

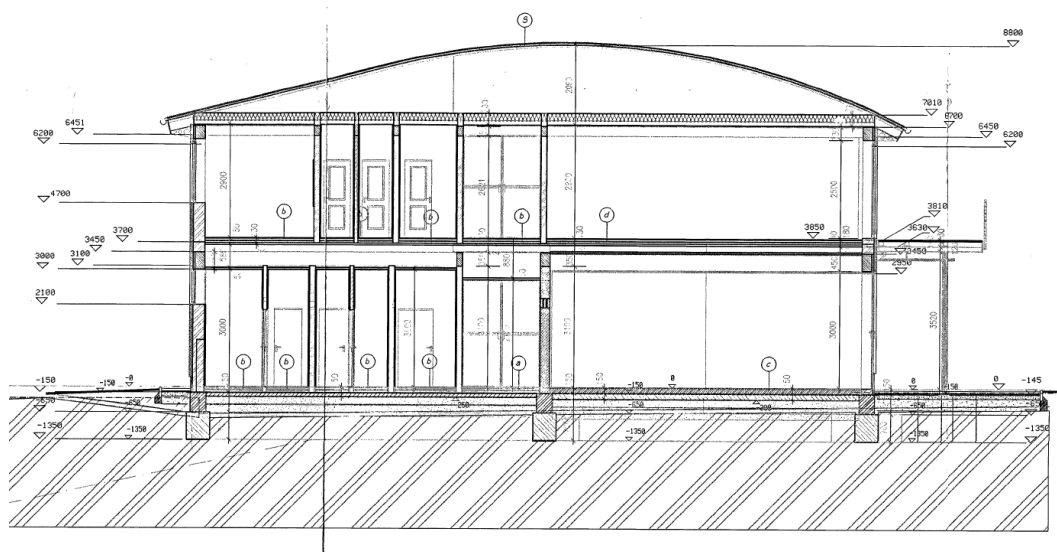
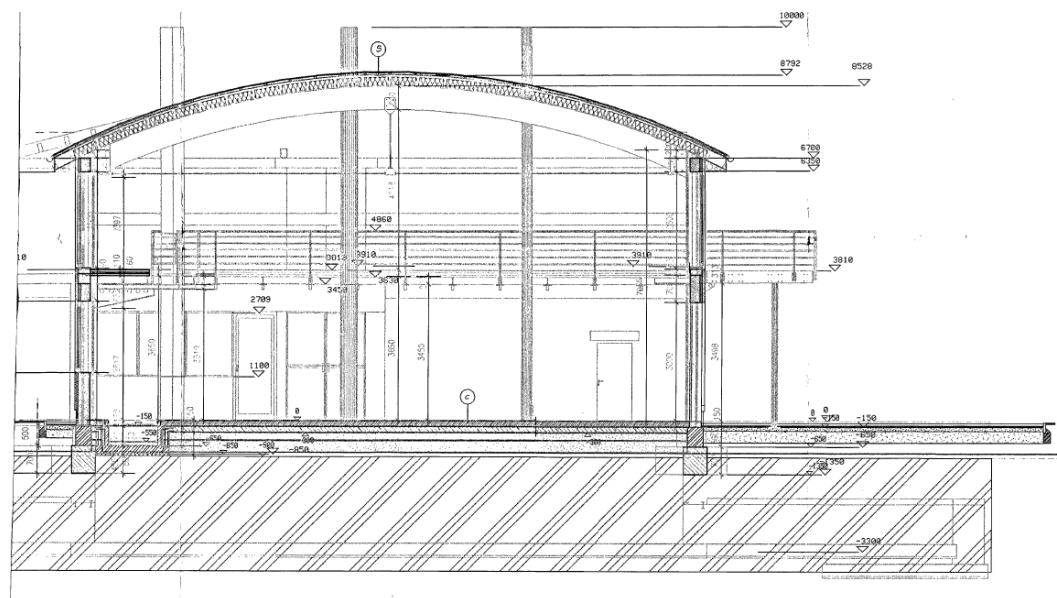
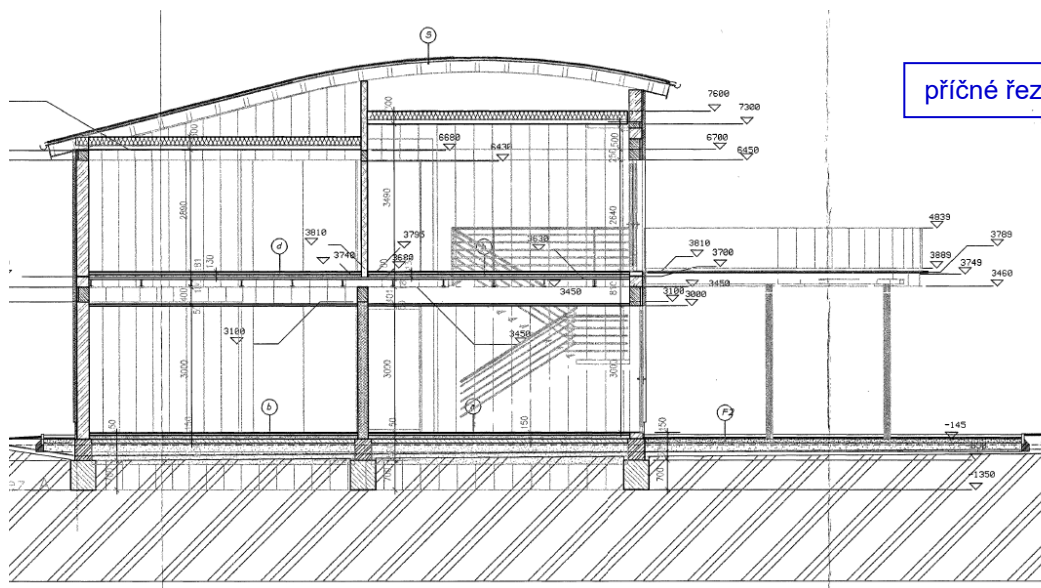
V nosném systému objektu se kombinují různé konstrukční materiály – zděné, ocelové, železobetonové a dřevěné nosné prvky. Zdivo POROTHERM, doplněné o železobetonové nosné prvky, je využito pro nosné stěny v krajních částech objektu. Nosná konstrukce střední části objektu je tvořena rámy s ocelovými sloupy a dřevěným obloukovým vazníkem doplněným o ocelové táhlo.

Pro nosnou konstrukci zastřešení objektu jsou využity dřevěné nosné konstrukční prvky. Dle původního návrhu se pro střešní konstrukci kombinuje několik konstrukčních systémů, díky kterým bylo možno provést zastřešení ve tvaru přibližné válcové plochy nad nepravidelným půdorysem a nejednotným systémem svislých nosných konstrukcí.

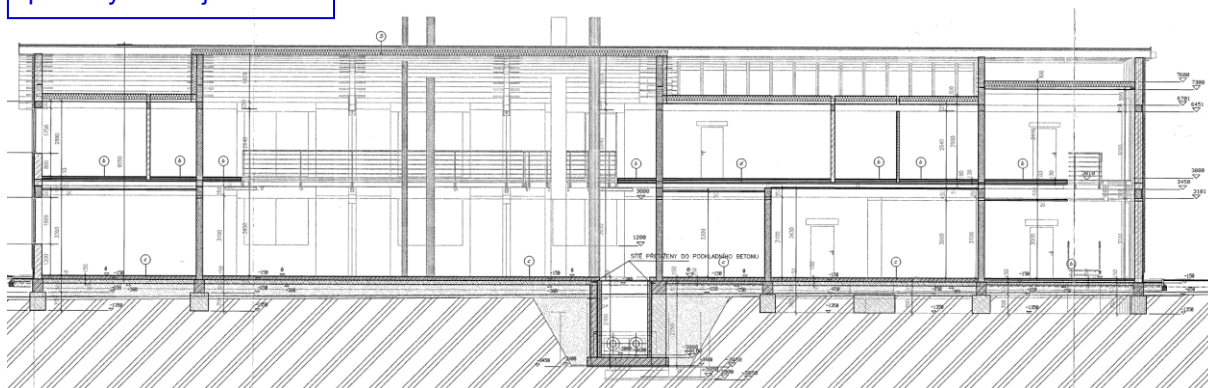
Detailní informace ke zvolenému konstrukčnímu a dispozičnímu uspořádání objektu jsou uvedeny v [12, 13].

Pro nosné prvky z konstrukční oceli a pro dřevěné nosné prvky se z dostupné dokumentace nepodařilo zjistit jejich materiálové vlastnosti. Rovněž se nepodařilo dohledat jejich statické posouzení. V tomto statickém posudku se proto předpokládá, že ocelové konstrukční prvky jsou z oceli pevností třídy S235, dřevěné vazníky jsou provedeny z lepeného lamelového dřeva GL24h a dřevěné vaznice jsou z rostlého třeba C24.

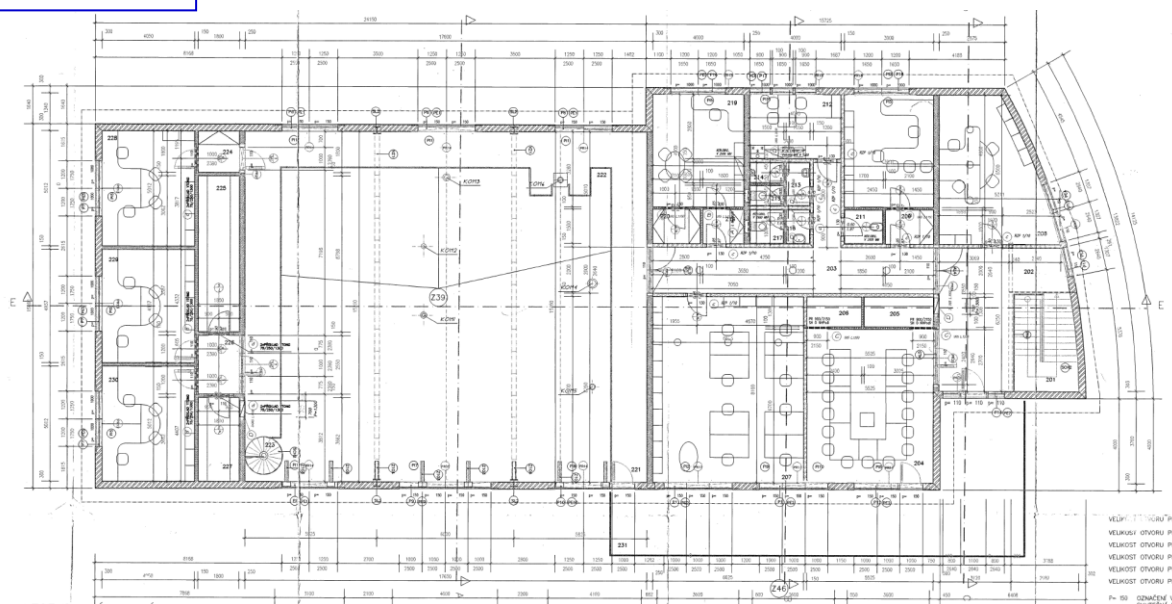




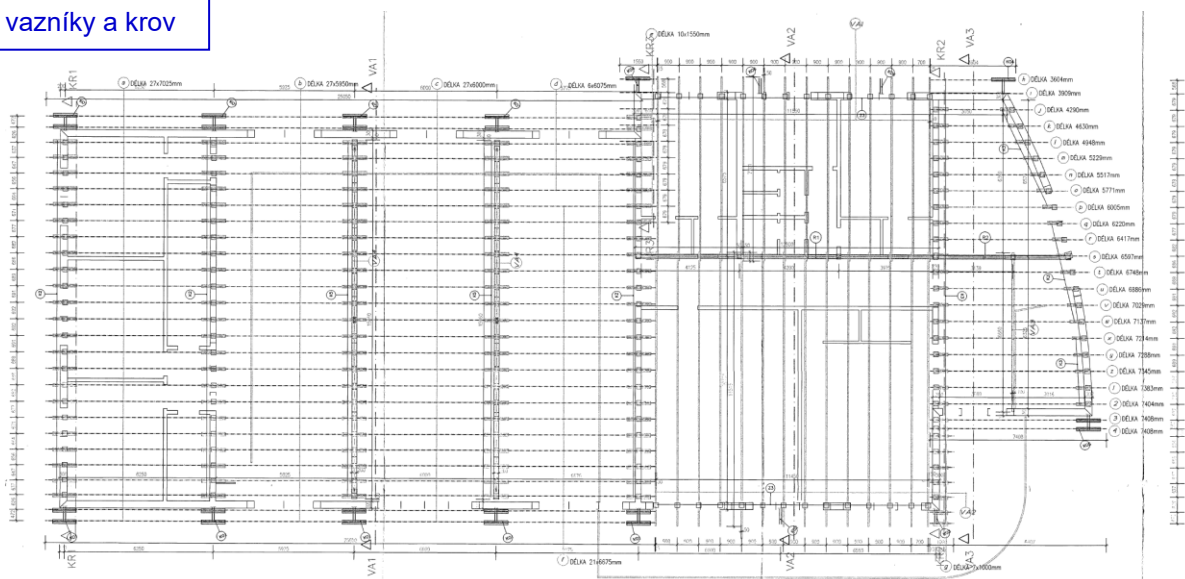
podélný řez objektem

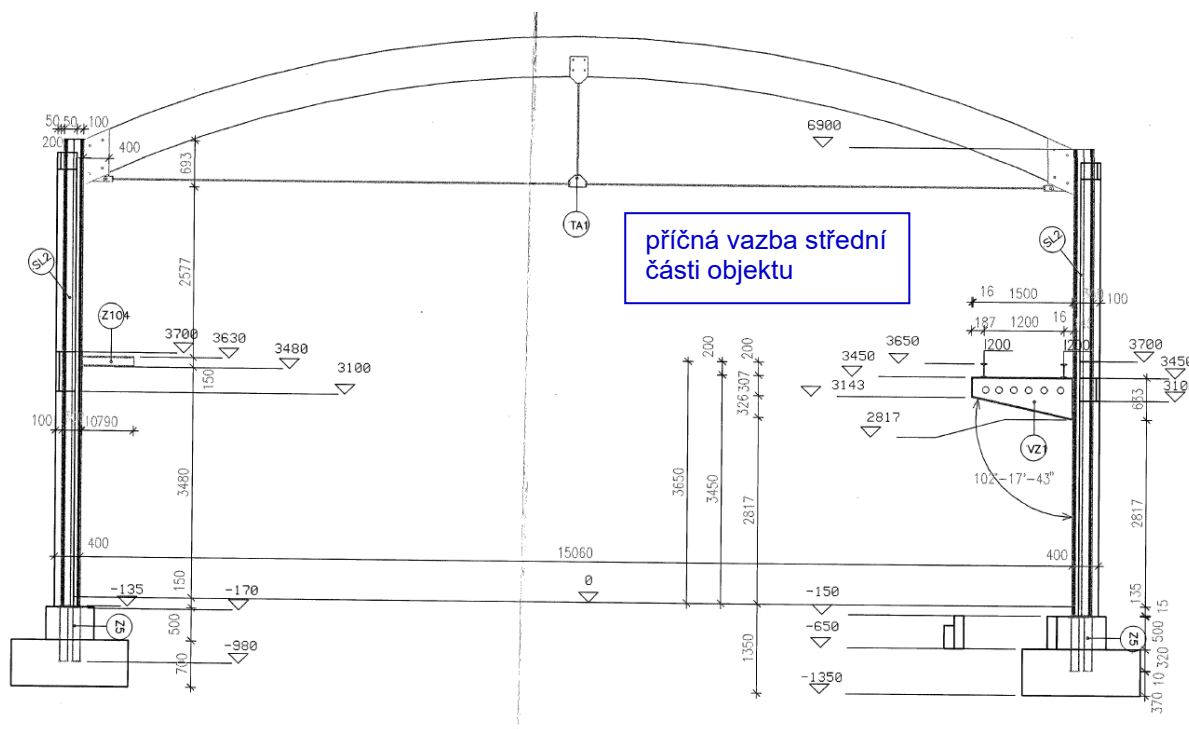


půdorys 2.NP

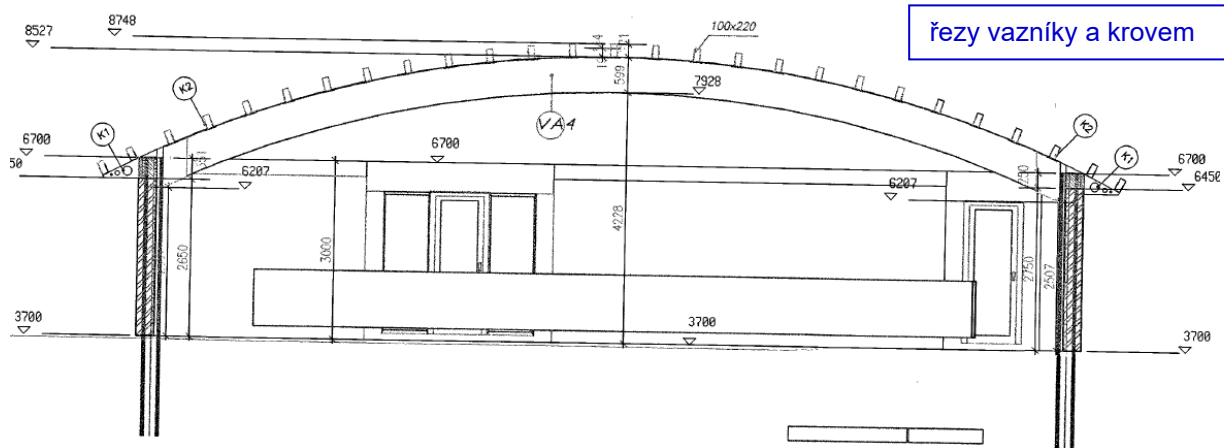


vazníky a krov

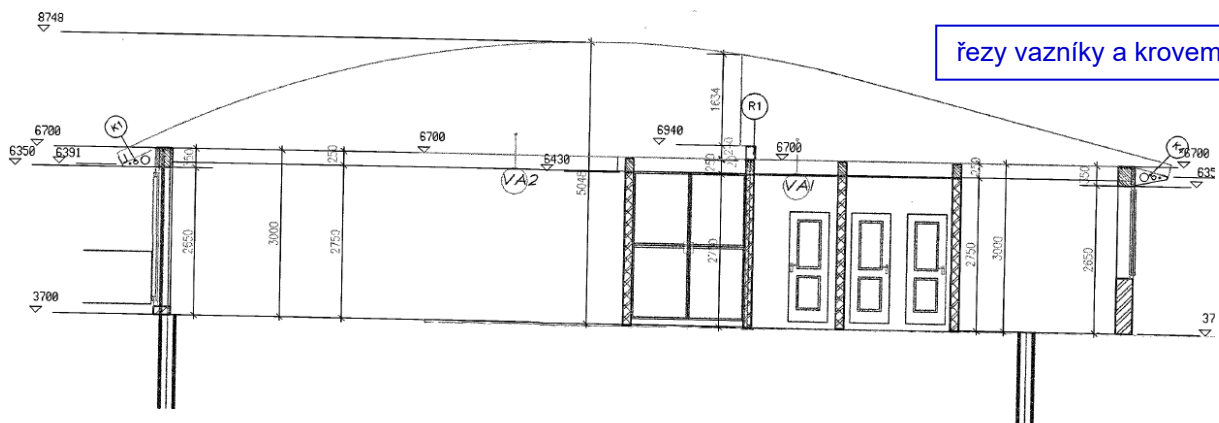




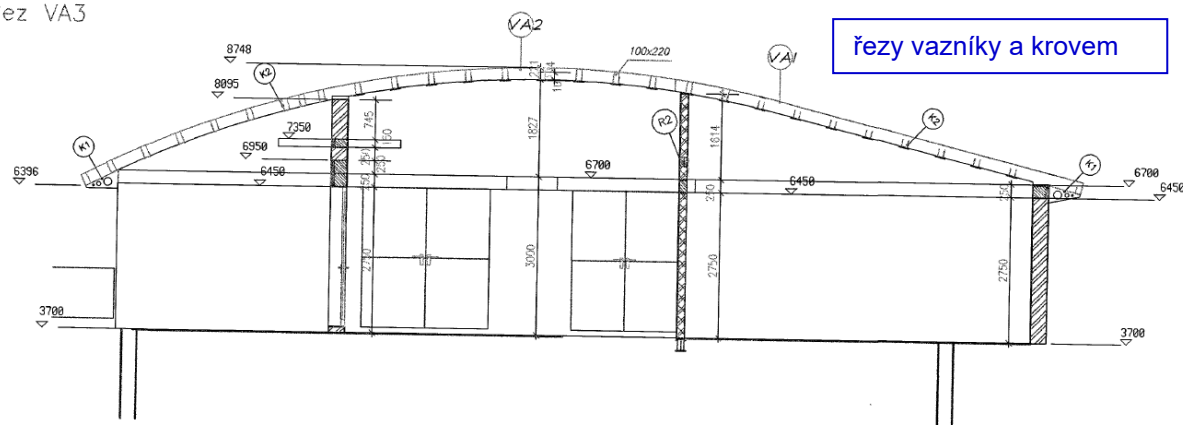
Řez VA1



Řez VA2



Řez VA3



vazník ve střední části objektu





detail uložení vazníku na
ocelový sloup



4. Statické posouzení - vaznice

Zatížení

Zatížení stálé – střešní plášť

Lindab Coverline	0,05 kN/m ²
OSB 15 mm, 600 kg/m ³	0,09 kN/m ²
Laťování	0,05 kN/m ²
OSB 12 mm, 600 kg/m ³	0,07 kN/m ²
ISOVER 220 mm, 40 kg/m ³	0,09 kN/m ²
GKF 15	0,16 kN/m ²

CELKEM: $g_k = 0,51 \text{ kN/m}^2$

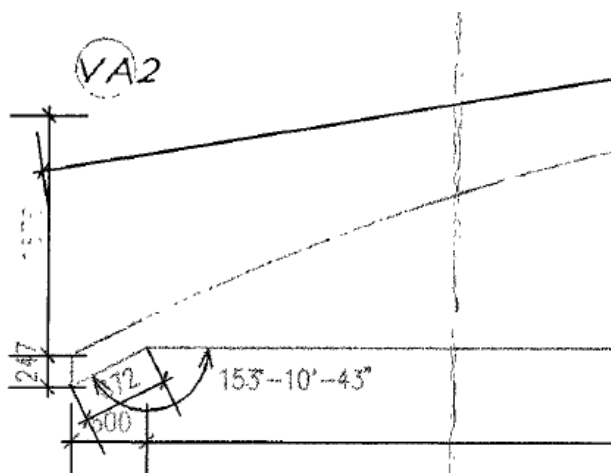
Zatížení sněhem



sklon střechy: 27° (max)

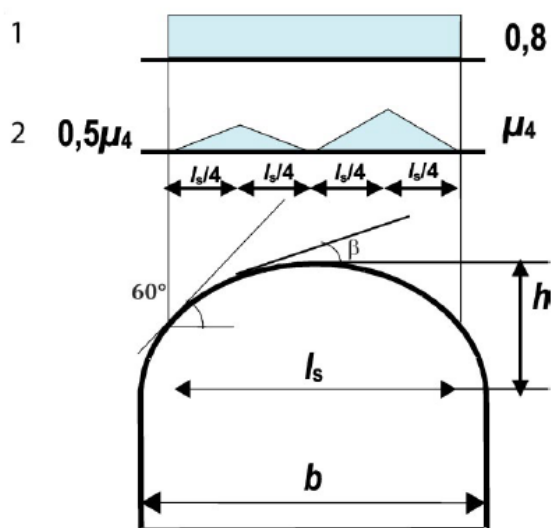
typ střechy: oblouková

$s_k = 0,98 \text{ kN/m}^2$



$$\frac{h}{b} = \frac{1827}{15060} = 0,12$$

$$\mu_4 = 0,2 + \frac{10h}{b} = 0,2 + \frac{10 \cdot 1827}{15060} = 1,41$$

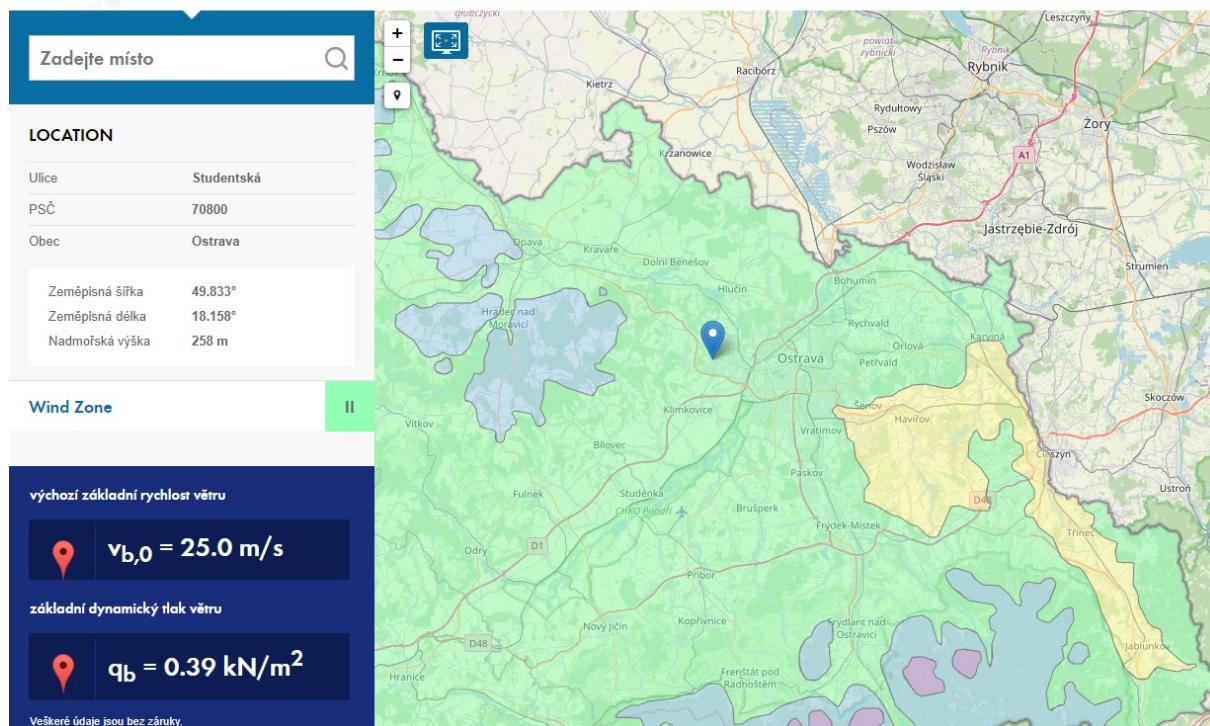


$$s_{k,\mu_1} = 0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 0,78 \text{ kN/m}^2 \text{ (pro sklon vaznice } 27^\circ)$$

$$s_{k,\mu_4} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 1,38 \text{ kN/m}^2 \text{ (pro sklon vaznice } 13,5^\circ)$$

Zatížení větrem

↓ ZATÍŽENÍ VĚTREM | EN 1991-1-4 | ČSN EN 1991-1-4



Výpočet maximálního dynamického tlaku

Větrná oblast (1-5):		2	
Výchozí hodnota základní rychlosti větru:	$v_{b,0} =$	25,0	m/s
Kategorie terénu (0-4):		3	
Součinitel směru větru:	$c_{dir} =$	1,0	
Součinitel ročního období:	$c_{season} =$	1,0	
Součinitel orografie:	$c_0(z) =$	1,0	
Výška nad terénem:	$z =$	8,8	m
Součinitel turbulence:	$k_l =$	1,0	
Měrná hmotnost vzduchu:	$\rho =$	1,25	kg/m³

Základní rychlost větru:	$v_b =$	25	m/s
Parametr drsnosti terénu:	$z_0 =$	0,3	m
Minimální výška:	$z_{min} =$	5	m
Součinitel terénu:	$k_r =$	0,215	
Součinitel drsnosti:	$c_r(z) =$	0,728	
Střední rychlost větru:	$v_m(z) =$	18,2	m/s
Intenzita turbulence:	$I_v(z) =$	0,296	

Maximální dynamický tlak:	$q_p(z) =$	0,635	kN/m²
---------------------------	------------	-------	-------

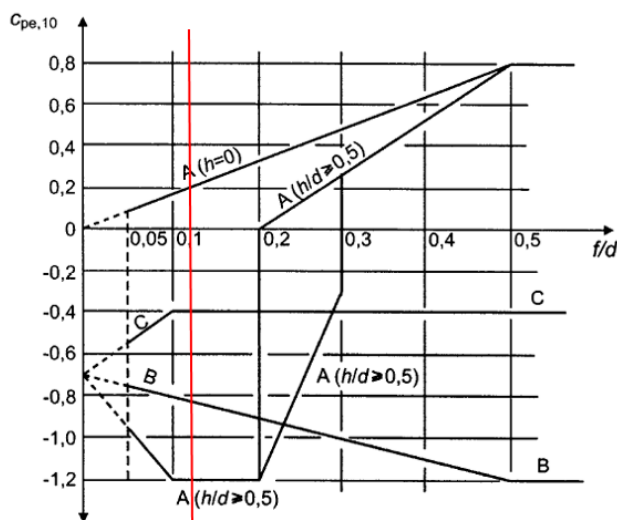
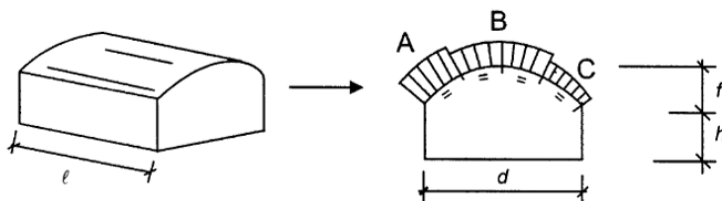
$$\frac{f}{d} = \frac{1827}{15800} \approx 0,12$$

$$\frac{h}{d} = \frac{6700}{15800} \approx 0,42$$

$$c_{pe,10,A} \cong -0,98 \text{ (pouze sání)}$$

$$c_{pe,10,B} \cong -0,82 \text{ (pouze sání)}$$

$$c_{pe,10,B} \cong -0,40 \text{ (pouze sání)}$$



Pro oblast A:

- pro $0 < f/d < 0,5$ se součinitel $c_{pe,10}$ získá lineární interpolací;
- pro $0,2 \leq f/d \leq 0,3$ a $h/d \geq 0,5$ musí být uváženy dvě hodnoty $c_{pe,10}$;
- graf není vhodný pro ploché střechy.

$$w_{k,A} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,A} = 0,635 \cdot 0,98 = -0,62 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{k,B} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,B} = 0,635 \cdot 0,82 = -0,52 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{k,A} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,C} = 0,635 \cdot 0,40 = -0,25 \text{ kN/m}^2$$

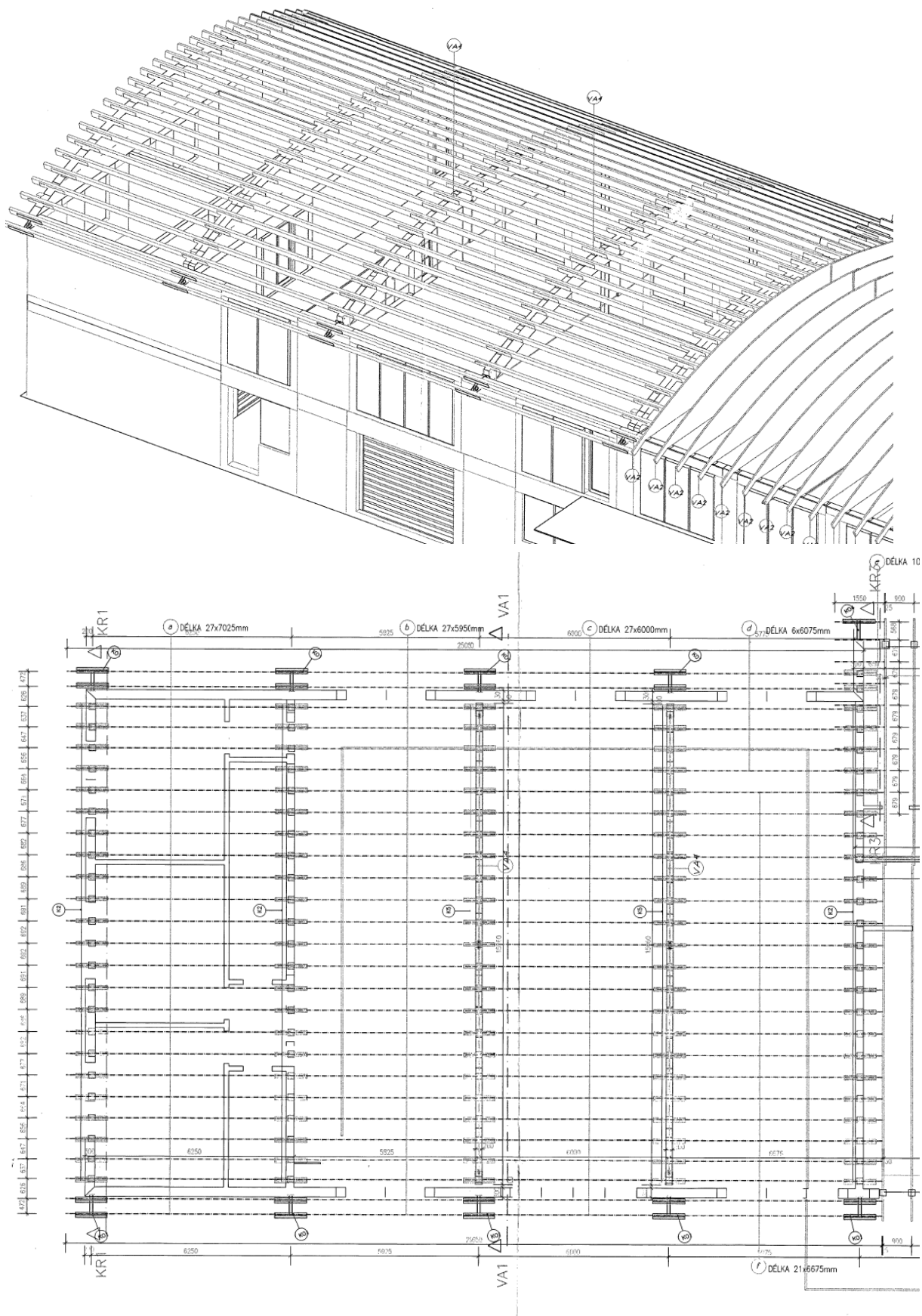
Technologie

Maximální tíha konstrukce FVE: $q_k = 0,20 \text{ kN/m}^2$

Konstrukci FVE je nutno rovnoměrně kotvit do vaznic (jižní či severní část střechy) či do vazníků VA2 (střední část střechy). Konstrukce FVE nesmí být kotvena pouze do horního pláště uloženého na laťování!

Konstrukční řešení FVE musí být zvoleno takové, aby při působení zatížení větrem nedocházelo k významnému navýšení účinků od zatížení větrem v porovnání se současným stavem. Optimálním řešením je, aby FV panely svým umístěním a sklonem lícovaly sklon střešní plochy objektu. Přípustný je rovněž malý odklon FV panelů od střešní roviny (do 15°), musí však být instalována ochrana proti podfouknutí pro všechny směry větru.

Posudek vaznic – střední a jižní část objektu



Průřez: RD100x220 mm, C24

$$A = 100 \cdot 220 = 22\,000 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 220^2 = 806\,667 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot 220 \cdot 100^2 = 366\,667 \text{ mm}^3$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 220^3 = 66,67 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (RD, TP1, krátkodobé zatížení)}$$

$$f_{t,0,d} = 0,9 \frac{14,5}{1,3} = 10,04 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \frac{21,0}{1,3} = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 0,9 \frac{24,0}{1,3} = 16,62 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 0,9 \frac{4,0}{1,3} = 2,77 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11\,000 \text{ MPa}$$

Vaznice ve sklonu 27°

$$\text{Rozteč vaznic: } b = 692 \text{ mm}$$

Zatížení stálé:

$$g_k = 0,51 \cdot 0,692 + 0,100 \cdot 0,220 \cdot 5 = 0,46 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,z} = 0,46 \cdot \cos(27^\circ) = 0,41 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,y} = 0,46 \cdot \sin(27^\circ) = 0,21 \text{ kN/m}$$

Zatížení sněhem:

$$s_{k,\mu_1} = 0,78 \cdot \cos(27^\circ) \cdot 0,692 = 0,48 \text{ kN/m}$$

$$s_{k,\mu_{1,z}} = 0,48 \cdot \cos(27^\circ) = 0,43 \text{ kN/m}$$

$$s_{k,\mu_{1,y}} = 0,48 \cdot \sin(27^\circ) = 0,22 \text{ kN/m}$$

Zatížení větrem:

$$w_{k,A,z} = -0,62 \cdot 0,692 = -0,43 \text{ kN/m (sání)}$$

Zatížení od technologie:

$$q_k = 0,20 \cdot 0,692 = 0,14 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,z} = 0,14 \cdot \cos(27^\circ) = 0,12 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,y} = 0,14 \cdot \sin(27^\circ) = 0,06 \text{ kN/m}$$

Charakteristická kombinace:

$$f_{k,z} = 0,41 + 0,43 + 0,12 = 0,96 \text{ kN/m}$$

$$f_{k,y} = 0,21 + 0,22 + 0,06 = 0,49 \text{ kN/m}$$

Návrhová kombinace - gravitační:

$$f_{k,z} = 1,35 \cdot 0,41 + 1,50 \cdot 0,43 + 1,50 \cdot 0,12 = 1,39 \text{ kN/m}$$

$$f_{k,y} = 1,35 \cdot 0,21 + 1,50 \cdot 0,22 + 1,50 \cdot 0,06 = 0,70 \text{ kN/m}$$

Návrhová kombinace – sání větru:

$$f_{k,z} = 1,00 \cdot 0,41 - 1,50 \cdot 0,43 = -0,24 \text{ kN/m}$$

$$f_{k,y} = 1,00 \cdot 0,21 = 0,21 \text{ kN/m}$$

Ohyb

$L_{max} = 6250 \text{ mm}$ (konzervativně jako prostý nosník bez příznivého vlivu přesahu)

$$M_{y,Ed} = \frac{1}{8} \cdot 1,39 \cdot 6,25^2 = 6,79 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6,79 \cdot 10^6}{806667} = 8,41 \text{ MPa}$$

$$M_{z,Ed} = \frac{1}{8} \cdot 0,70 \cdot 6,25^2 = 3,41 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{3,41 \cdot 10^6}{366667} = 9,30 \text{ MPa}$$

(konzervativně bez příznivého vlivu bednění z OSB desek)

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{8,41}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{9,30}{16,62} = 0,506 + 0,392 = 0,898 \leq 1,0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{8,41}{16,62} + \frac{9,30}{16,62} = 0,354 + 0,560 = 0,914 \leq 1,0$$

Vyhovuje

(ohybové momenty M_z navíc částečně zachytí i bednění z OSB desky)

Ohyb s klopením

$L_{eff} = 0,9 \cdot 6250 = 5625 \text{ mm}$ (zanedbán příznivý vliv klopení k vynucené ose)

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{eff}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 100^2}{220 \cdot 5625} \cdot 7400 = 46,6 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24,0}{46,6}} = 0,72 \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1,0$$

Průřez jistě vyhoví

Smyk:

$$V_{z,Ed} = \frac{1,39 \cdot 6,25}{2} = 4,34 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = \frac{0,70 \cdot 6,25}{2} = 2,19 \text{ kN}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{4,34 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 22000} = 0,44 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{2,19 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 22000} = 0,22 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

(jistě vyhoví i na kombinovaný účinek)

MSP:

Spočteno pro nosník délky 6000 mm (příznivý vliv uložení do ocelových profilů)

$$\delta_{z,inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,96 \cdot 6000^4}{11000 \cdot 66,67 \cdot 10^6} = 22,1 \text{ mm} = \frac{L}{271}$$

pro neobývaný prostor lze akceptovat

nutno informovat investora

vliv FVE 12,5 % z průhybu

Vaznice ve sklonu 13,5°Rozteč vaznic: $b = 692 \text{ mm}$ **Zatížení stálé**

$$g_k = 0,51 \cdot 0,692 + 0,100 \cdot 0,220 \cdot 5 = 0,46 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,z} = 0,46 \cdot \cos(13,5^\circ) = 0,45 \text{ kN/m}$$

$$g_{k,y} = 0,46 \cdot \sin(13,5^\circ) = 0,09 \text{ kN/m}$$

Zatížení sněhem

$$s_{k,\mu_4} = 1,38 \cdot \cos(13,5^\circ) \cdot 0,692 = 0,93 \text{ kN/m}$$

$$s_{k,\mu_4,z} = 0,93 \cdot \cos(13,5^\circ) = 0,90 \text{ kN/m}$$

$$s_{k,\mu_4,y} = 0,93 \cdot \sin(13,5^\circ) = 0,22 \text{ kN/m}$$

Zatížení větrem

$$w_{k,A,z} = -0,52 \cdot 0,692 = -0,36 \text{ kN/m (sání)}$$

Zatížení od technologie

$$q_k = 0,20 \cdot 0,692 = 0,14 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,z} = 0,14 \cdot \cos(13,5^\circ) = 0,14 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,y} = 0,14 \cdot \sin(13,5^\circ) = 0,03 \text{ kN/m}$$

Charakteristická kombinace:

$$f_{k,z} = 0,45 + 0,90 + 0,14 = 1,49 \text{ kN/m}$$

$$f_{k,y} = 0,09 + 0,22 + 0,03 = 0,34 \text{ kN/m}$$

Návrhová kombinace - gravitační:

$$f_{k,z} = 1,35 \cdot 0,45 + 1,50 \cdot 0,90 + 1,50 \cdot 0,14 = 2,17 \text{ kN/m}$$

$$f_{k,y} = 1,35 \cdot 0,09 + 1,50 \cdot 0,22 + 1,50 \cdot 0,03 = 0,50 \text{ kN/m}$$

Ohyb

$L_{max} = 6250 \text{ mm}$ (konzervativně jako prostý nosník bez příznivého vlivu přesahu)

$$M_{y,Ed} = \frac{1}{8} \cdot 2,17 \cdot 6,25^2 = 10,60 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{10,60 \cdot 10^6}{806667} = 13,14 \text{ MPa}$$

$$M_{z,Ed} = \frac{1}{8} \cdot 0,50 \cdot 6,25^2 = 2,44 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{2,44 \cdot 10^6}{366667} = 6,65 \text{ MPa}$$

(konzervativně bez příznivého vlivu bednění z OSB desek)

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{13,14}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{6,65}{16,62} = 0,791 + 0,280 = 1,071 > 1,0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{13,14}{16,62} + \frac{6,65}{16,62} = 0,553 + 0,400 = 0,953 \leq 1,0$$

Nevyhovuje

(nutno provést přesnější výpočet)

Výpočet proveden přesněji pro vaznici délky $L = 6075 \text{ mm}$

$$M_{y,Ed} = \frac{1}{8} \cdot 2,17 \cdot 6,075^2 = 10,01 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{10,01 \cdot 10^6}{806667} = 12,40 \text{ MPa}$$

$$M_{z,Ed} = \frac{1}{8} \cdot 0,50 \cdot 6,075^2 = 2,31 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{2,31 \cdot 10^6}{366667} = 6,30 \text{ MPa}$$

(konzervativně bez příznivého vlivu bednění z OSB desek)

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{12,41}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{6,30}{16,62} = 0,746 + 0,265 = 1,01 \approx 1,0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{12,41}{16,62} + \frac{6,30}{16,62} = 0,522 + 0,379 = 0,901 \leq 1,0$$

Vyhovuje (zcela bez rezerv)

Smyk:

$$V_{z,Ed} = \frac{2,17 \cdot 6,25}{2} = 6,78 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = \frac{0,50 \cdot 6,25}{2} = 1,56 \text{ kN}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{6,78 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 22000} = 0,69 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{1,56 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 22000} = 0,26 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,77 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

(jistě vyhoví i na kombinovaný účinek)

MSP:

Spočteno pro nosník délky 6000 mm (příznivý vliv uložení do ocelových profilů)

$$\delta_{z,inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,49 \cdot 6000^4}{11000 \cdot 66,67 \cdot 10^6} = 34,3 \text{ mm} = \frac{L}{174}$$

pro neobývaný prostor lze akceptovat

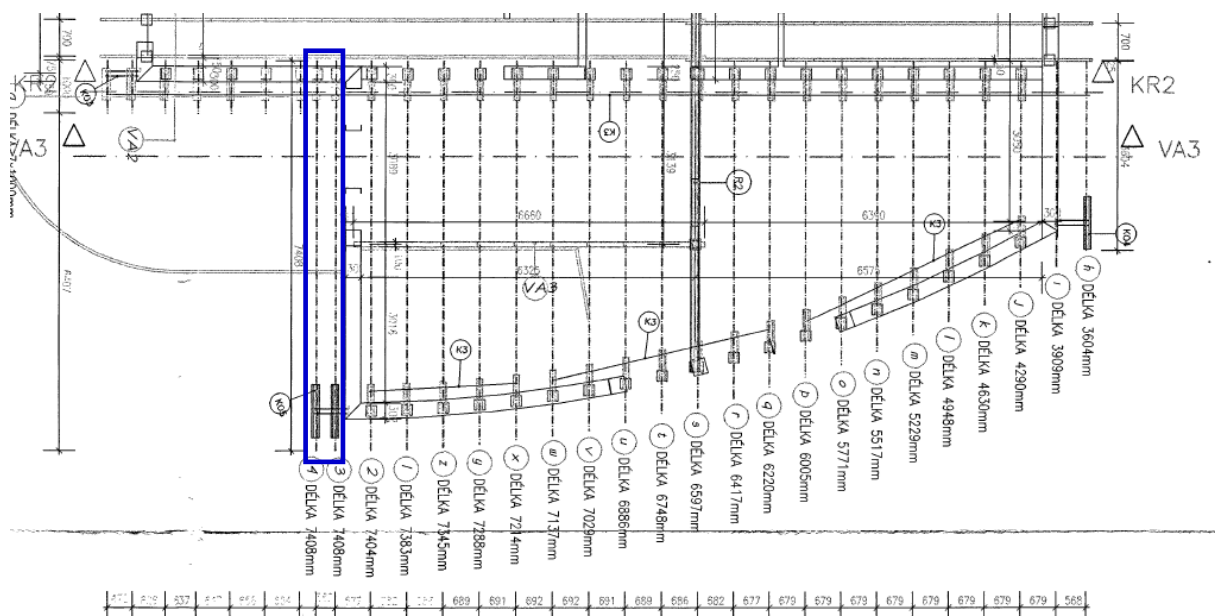
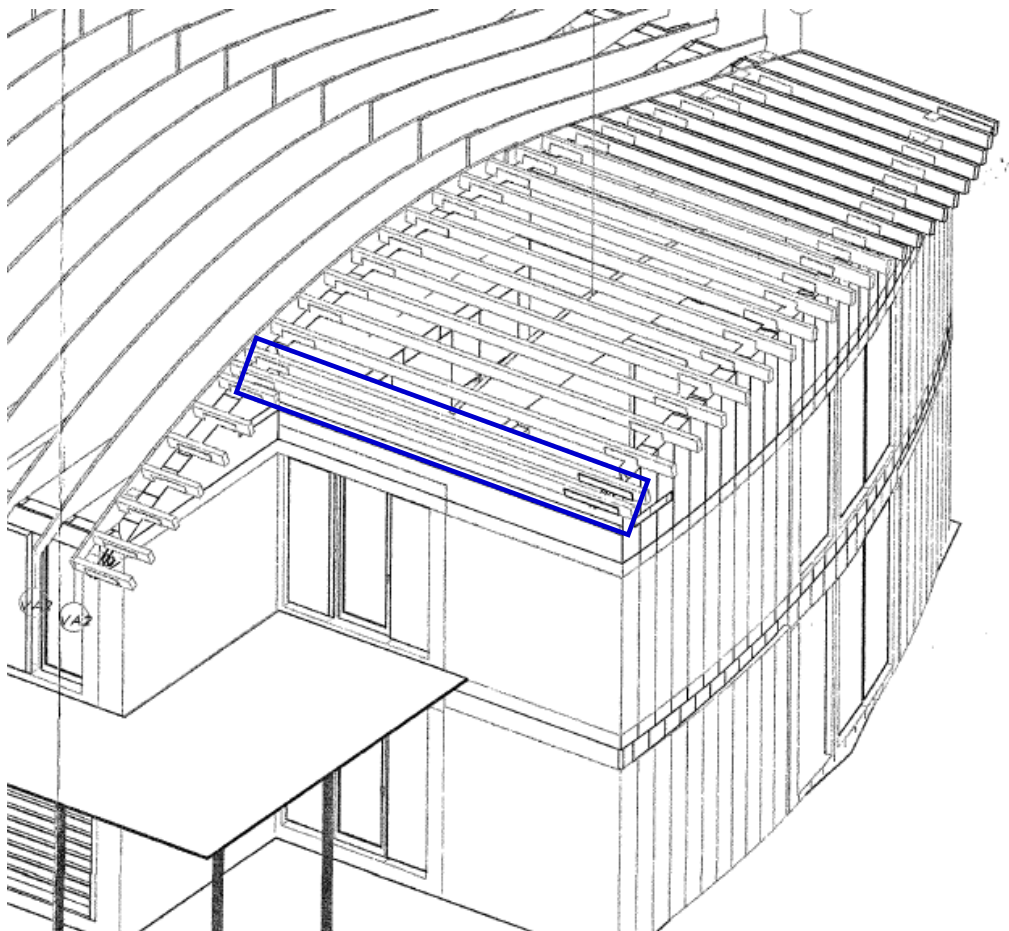
nutno informovat investora

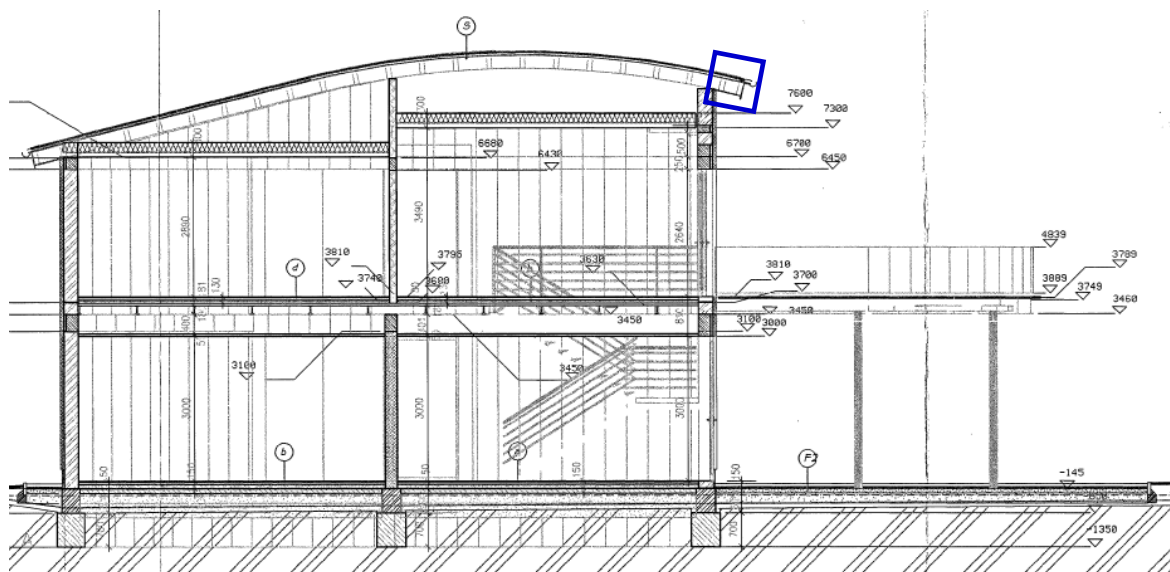
vliv FVE: 9 % z průhybu

nezapočítán příznivý vliv uložení do ocelových osazovacích prvků

Posudek vaznic – severní část objektu

Průřez: RD100x220 mm, C24



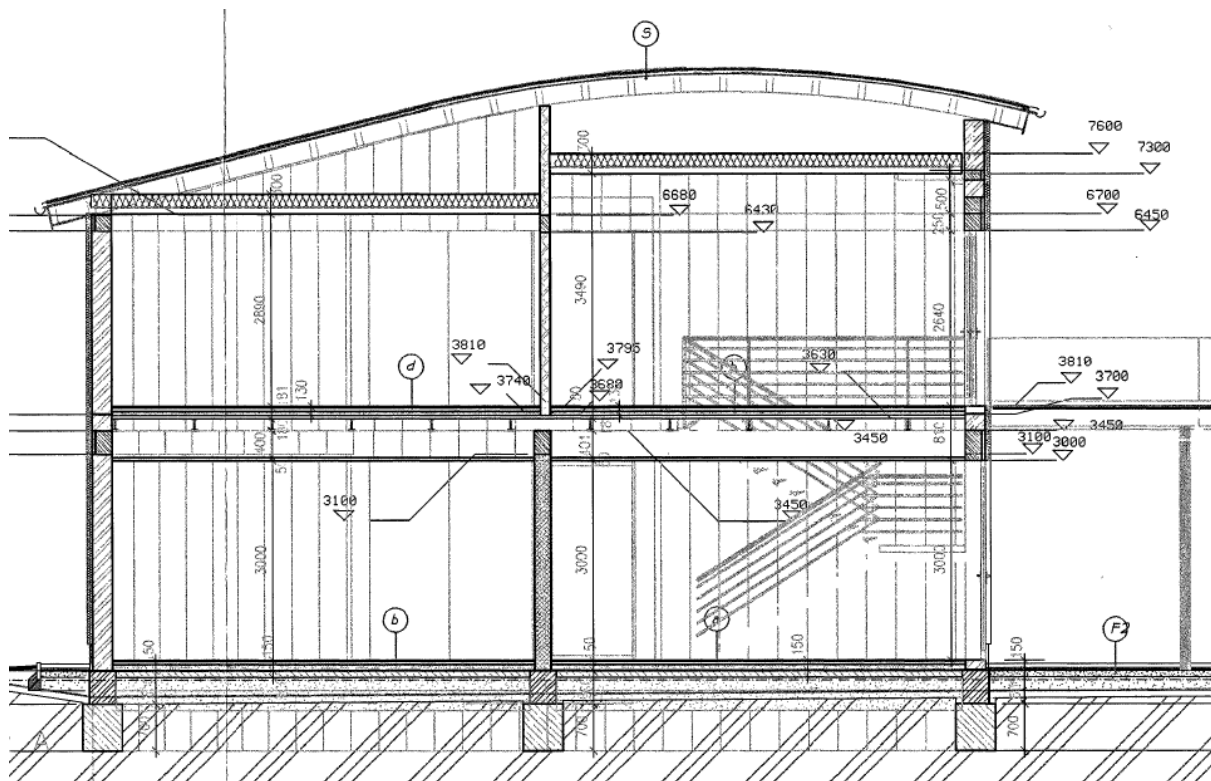


Vaznice RD 100/220 jsou navrženy s obdobným geometrickým uspořádáním jako u severní části objektu. Vaznice nejsou zatíženy tepelnou izolací a protipožární deskou GFK 15.

vaznice vyhoví

Nesmí se však zatěžovat poslední dvě vaznice u převíslého konce nad terasou – na výše uvedených obrázcích označeny **modře**.

Vazník VA3



Zatížení

Zatížení stálé – střešní plášť

Zatěžovací šířka (středová podpora spojitého nosníku o 2 polích):

$$b \approx 1,25 \cdot 3000 = 3750 \text{ mm}$$

Horní hrana vazníku:

Lindab Coverline $0,05 \text{ kN/m}^2$

OSB 15 mm, 600 kg/m^3 $0,09 \text{ kN/m}^2$

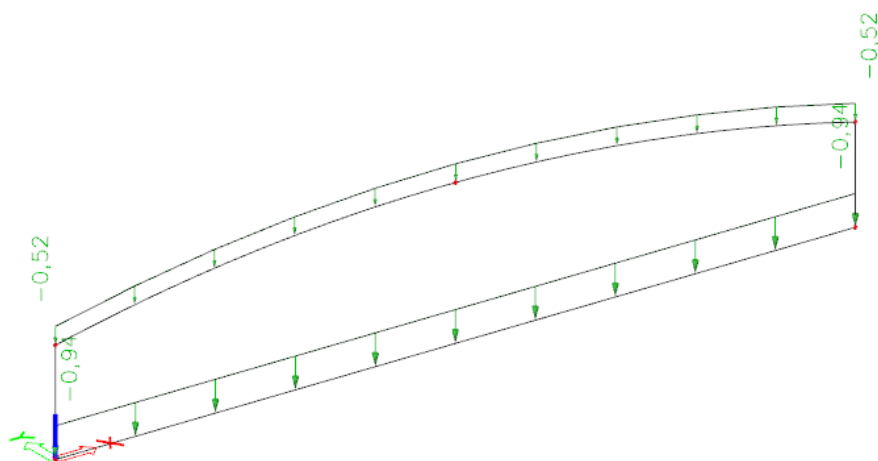
CELKEM: $g_k = 3,75 \text{ m} \cdot 0,14 = 0,52 \text{ kN/m}$

Dolní hrana vazníku:

ISOVER 220 mm, 40 kg/m^3 $0,09 \text{ kN/m}^2$

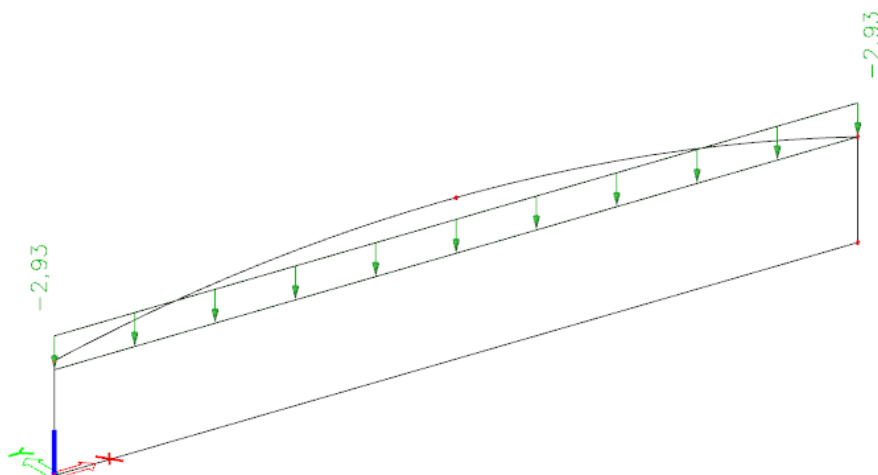
GKF 15 $0,16 \text{ kN/m}^2$

CELKEM: $g_k = 3,75 \text{ m} \cdot 0,25 = 0,94 \text{ kN/m}$



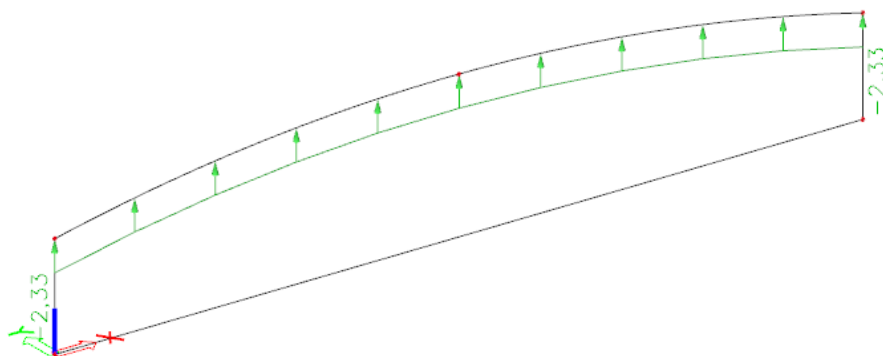
Zatížení sněhem

$$s_{k,\mu_1} = 3,75 \text{ m} \cdot 0,78 = 2,93 \text{ kN/m}$$



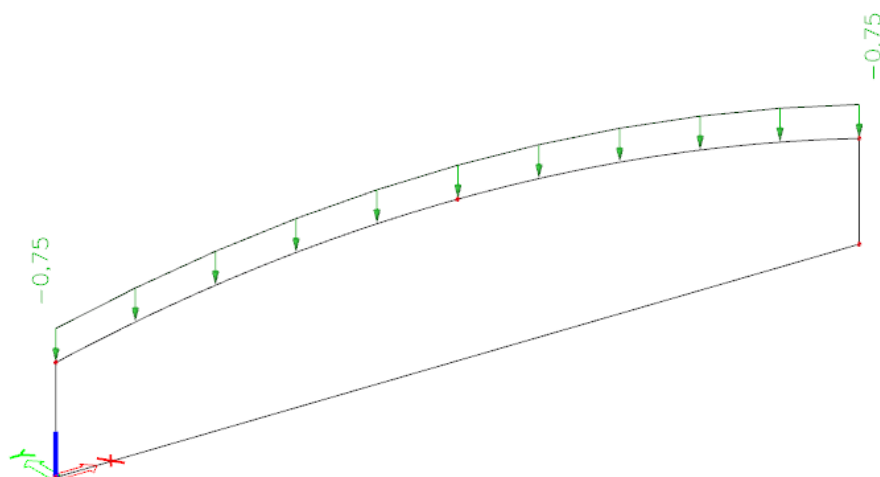
Zatížení větrem

$$w_{k,A} = -0,62 \cdot 3,75 \text{ m} = -2,33 \text{ kN/m}$$



Zatížení od technologie

$$q_k = 0,20 \cdot 3,75 \text{ m} = 0,75 \text{ kN/m}$$



Průřez: GL24h, tl. 100 mm, výška proměnná

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (LLD, TP1, krátkodobé zatížení)}$$

$$f_{t,0,d} = 0,9 \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

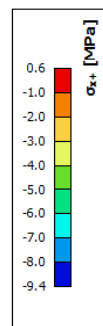
$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 0,9 \frac{2,5}{1,25} = 1,80 \text{ MPa}$$

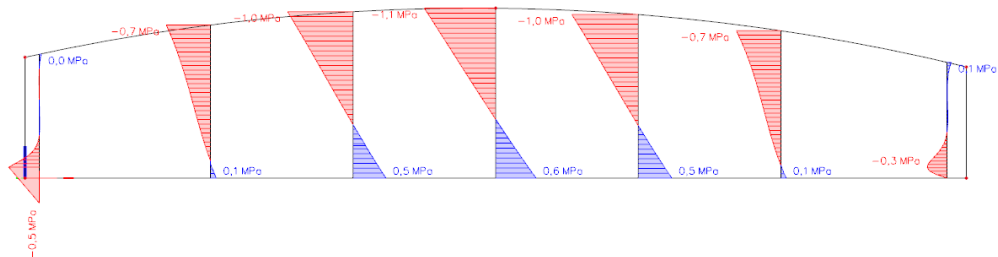
$$f_{t,90,d} = 0,9 \frac{0,5}{1,25} = 0,36 \text{ MPa}$$

2D napětí/přetvoření

Hodnoty: σ_x
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Extrém: Dilat
 Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník
 VA3
 Poloha: V uzlech bez průměrování.
 Systém: LSS prvku sítě

**2D napětí/přetvoření**

Hodnoty: σ_x
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Extrém: Dilat
 Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník
 VA3
 Poloha: V uzlech bez průměrování.
 Systém: LSS prvku sítě



$$\sigma_{x,d,max+} = 0,6 \text{ MPa} \leq f_{t,0,d} \text{ (tah – pole vazníku; výstup SCIA Engineer)}$$

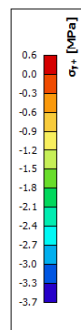
$$\sigma_{x,d,max-} = -1,1 \text{ MPa} \text{ (tlak – pole vazníku; výstup SCIA Engineer)}$$

$$\sigma_{x,d,max-} = -9,4 \text{ MPa} \text{ (tlak – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)}$$

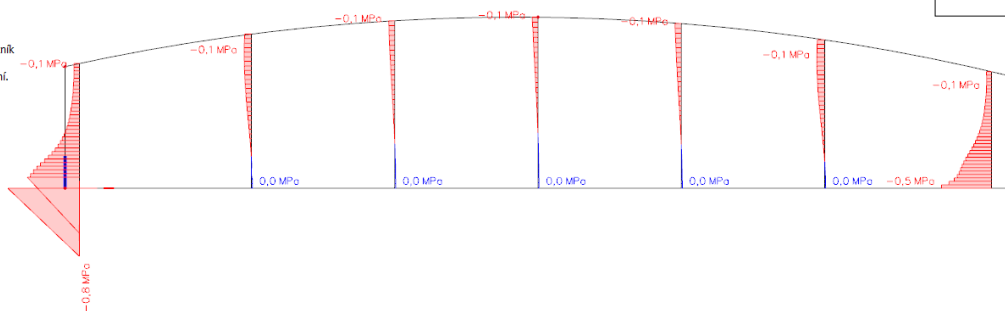
Jistě vyhoví

2D napětí/přetvoření

Hodnoty: σ_y
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Extrém: Dilat
 Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník
 VA3
 Poloha: V uzlech bez průměrování.
 Systém: LSS prvku sítě

**2D napětí/přetvoření**

Hodnoty: σ_y
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Extrém: Dilat
 Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník
 VA3
 Poloha: V uzlech bez průměrování.
 Systém: LSS prvku sítě



$$\sigma_{y,d,max+} = 0,6 \text{ MPa} \text{ (tah – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)}$$

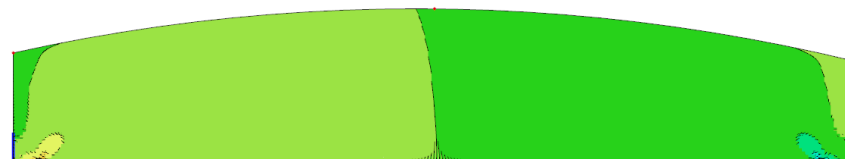
$$\sigma_{y,d,max-} = -0,8 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} \text{ (tlak – oblasti nad podporami; výstup SCIA Engineer)}$$

$$\sigma_{x,d,max-} = -3,7 \text{ MPa} \text{ (tlak – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)}$$

Vyhovuje

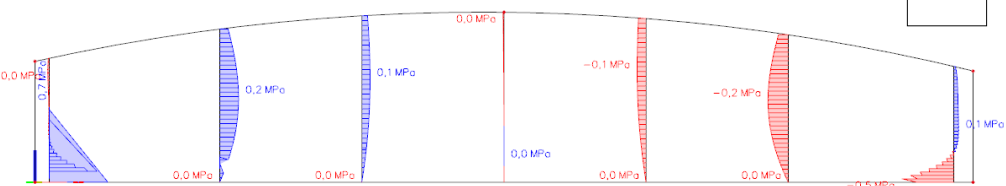
2D napětí/přetvoření

Hodnoty: τ_{xy}
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník
VA3
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku sítě



2D napětí/přetvoření

Hodnoty: τ_{xy}
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník
VA3
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku sítě



$$\tau_{d,max} = 0,7 \text{ MPa} \leq f_{v,d} \text{ (vazník, výstup SCIA Engineer)}$$

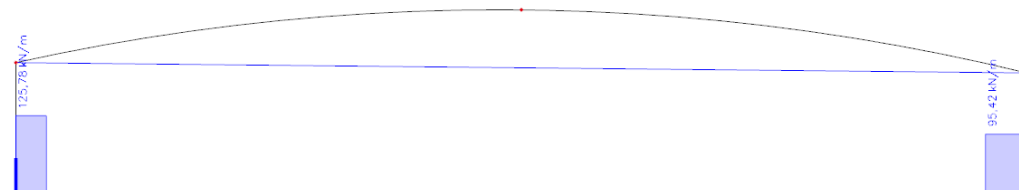
$$\tau_{d,max} = 3,9 \text{ MPa} \text{ (numerická lokalita, výstup SCIA Engineer)}$$

Vyhovuje

Reakce

Reakce

Hodnoty: R_z
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Průběh: Průměr
Systém: Globální
Extrém: Dilec
Výběr: Vše



Reakce krajní:

$$R_{z,Ed} = 125,78 \cdot 0,20m = 25,2 \text{ kN}$$

Reakce vnitřní

$$R_{z,Ed} = 95,42 \cdot 0,27m = 25,8 \text{ kN}$$

Tlak kolmo k vláknům

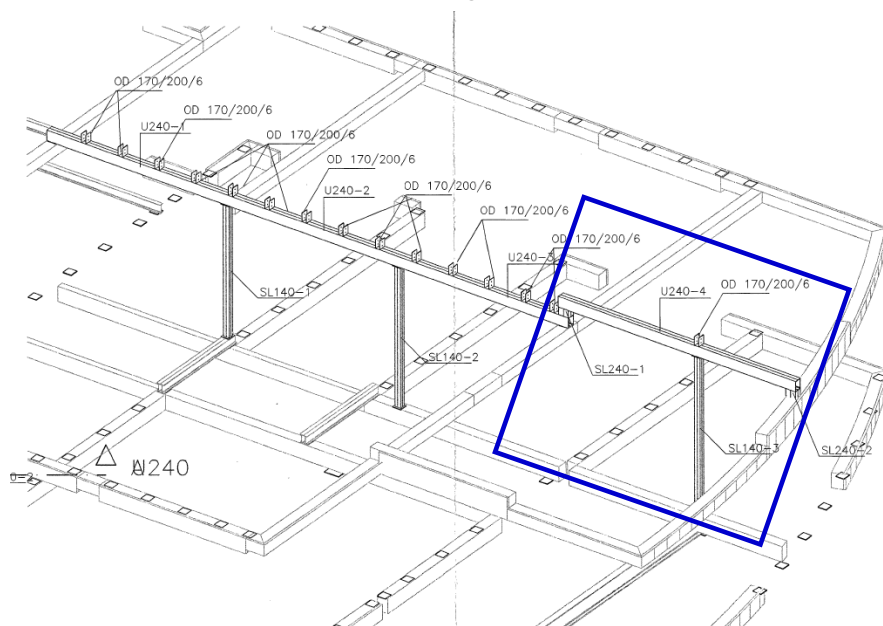
$$A_{eff} = (l + 1 \cdot 30) \cdot t = (200 + 1 \cdot 30) \cdot 100 = 23\,000 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} = 1,0$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{R_{z,Ed}}{A_{eff}} = \frac{25,2 \cdot 10^3}{23000} = 1,10 \text{ MPa} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,80 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

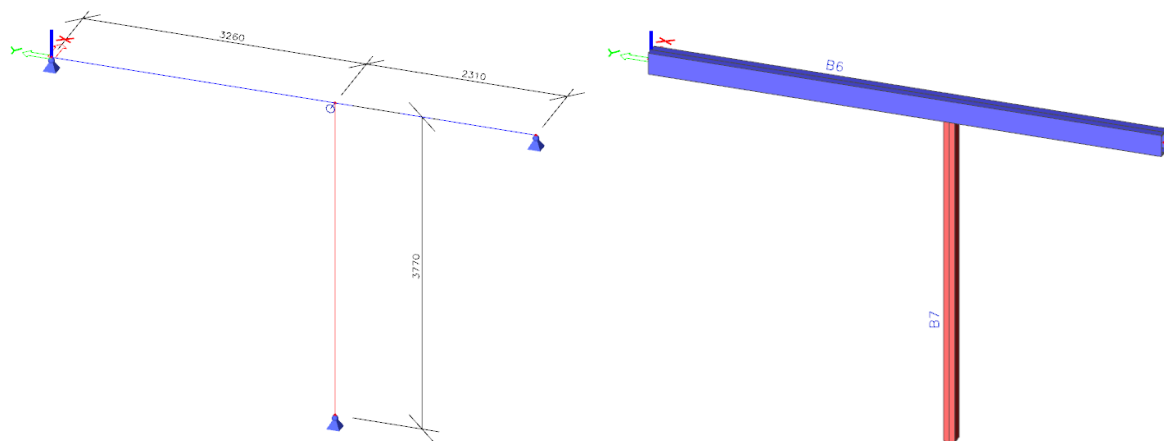
Ocelová konstrukce pro vynesení vazníku VA3

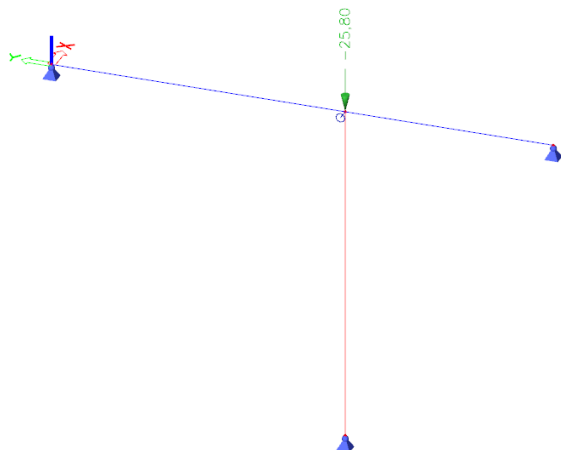


Návrhová hodnota reakce:

$$R_{z,Ed} = 25,8 \text{ kN}$$

Numerický model konstrukce:

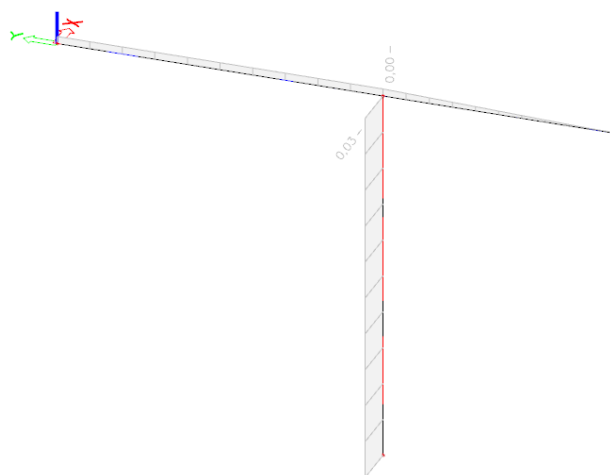




Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

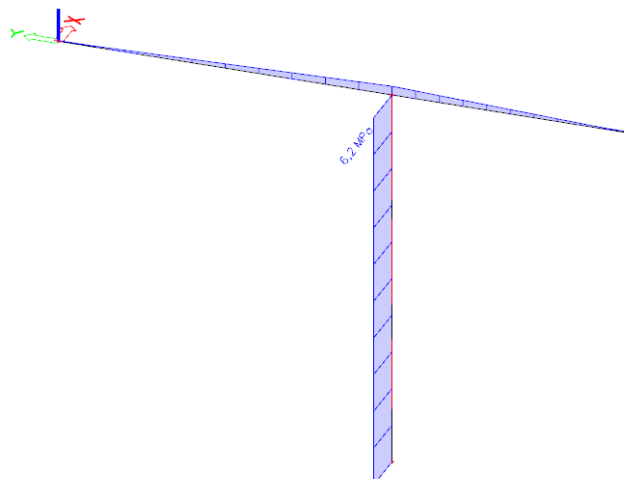
Posudek ocelových prvků na MSÚ
EC-EN 1993

Hodnoty: UC Celkový
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: LC7
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Průřez
Výběr: Pojmenovaný výběr - OK pro
vazník VA3



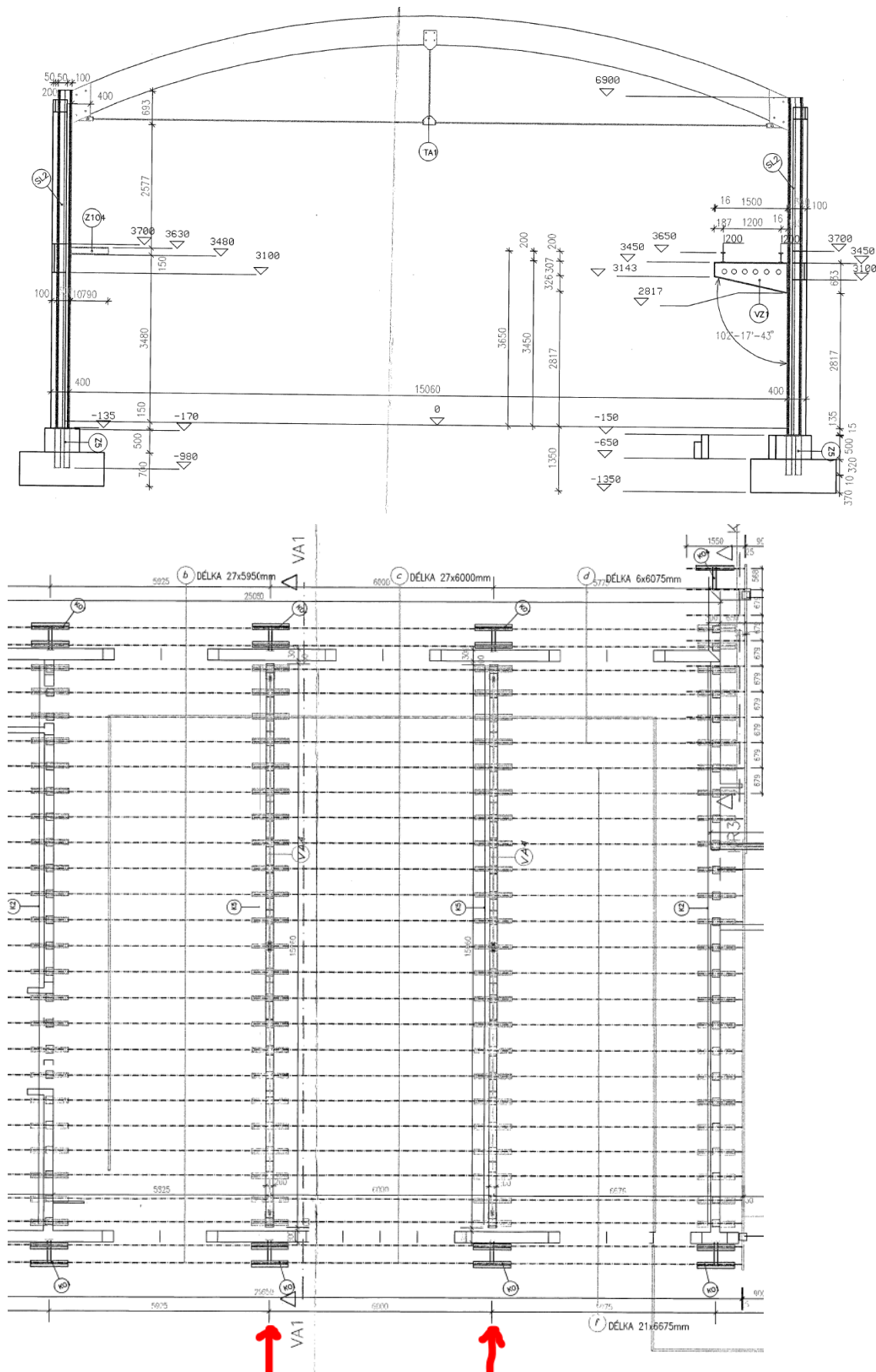
1D napětí

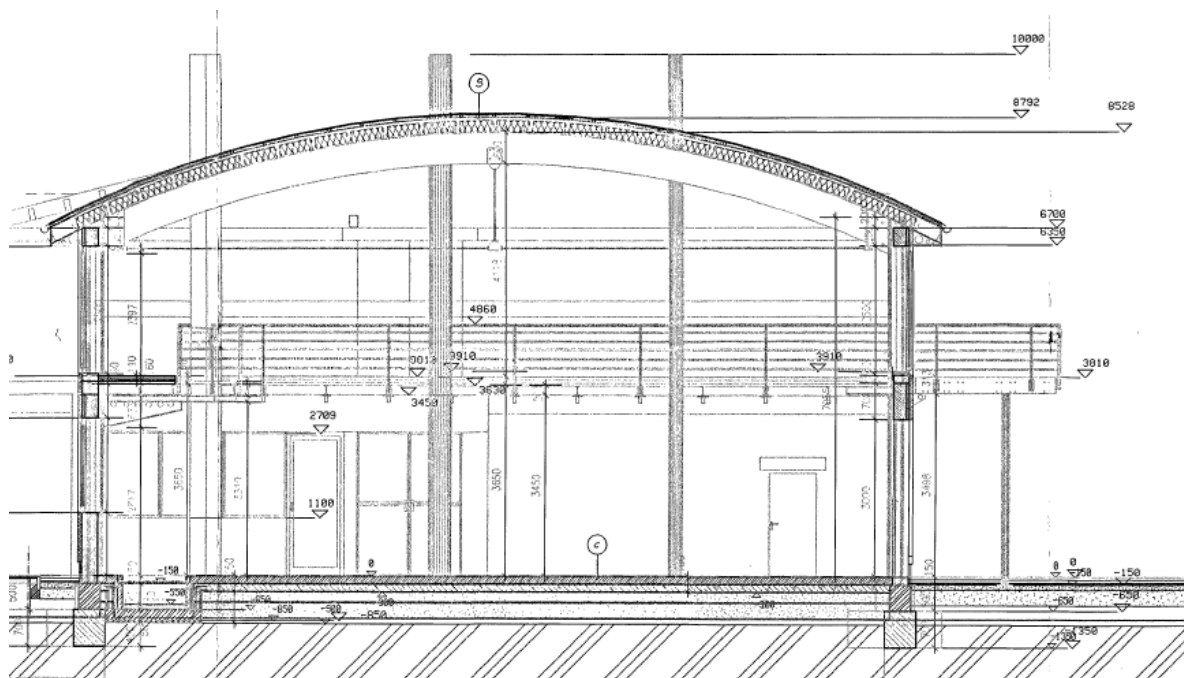
Hodnoty: σE
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: LC7
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Pojmenovaný výběr - OK pro
vazník VA3



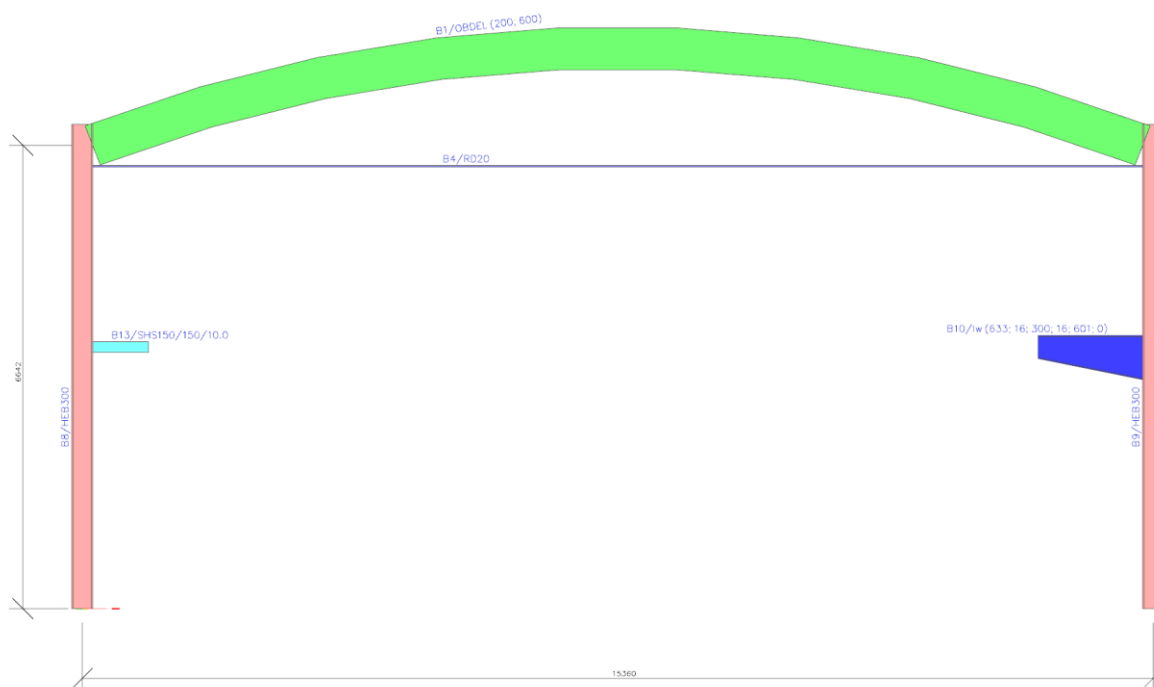
Vyhovuje

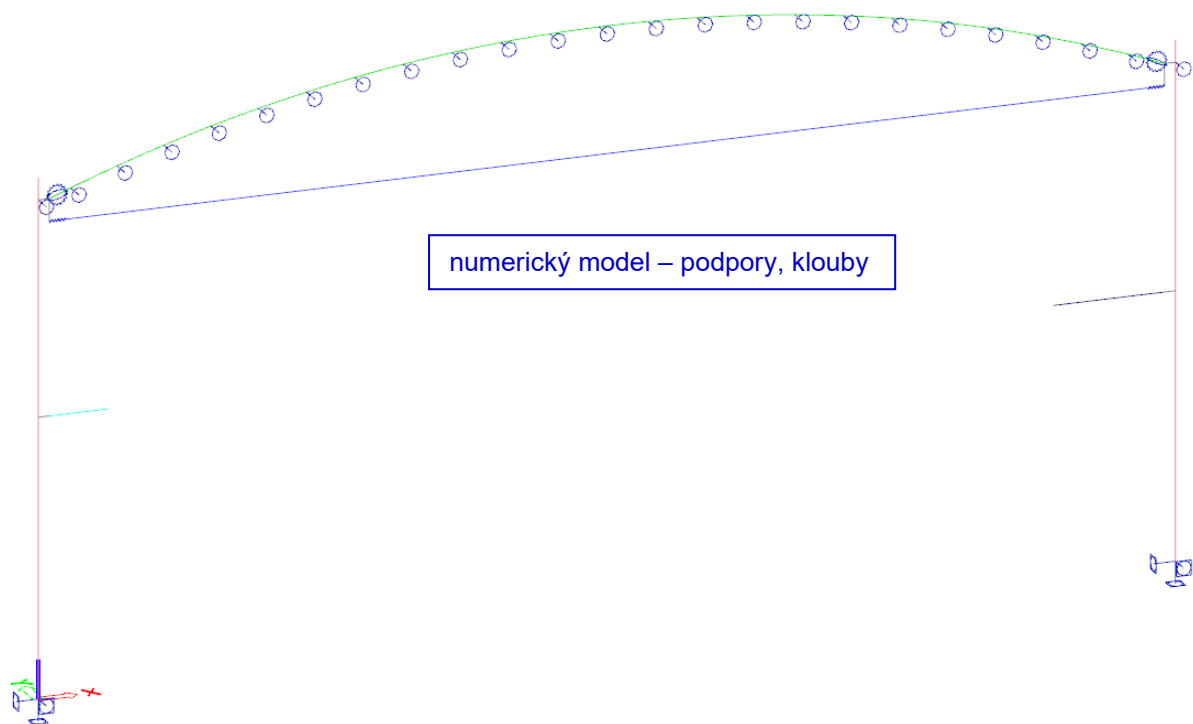
5. Statické posouzení - příčná vazba (sloup a vazník s táhlem)





numerický model - prvky





Zatěžovací šířka: $b \cong 6000 \text{ mm}$

Vlastní tíha:

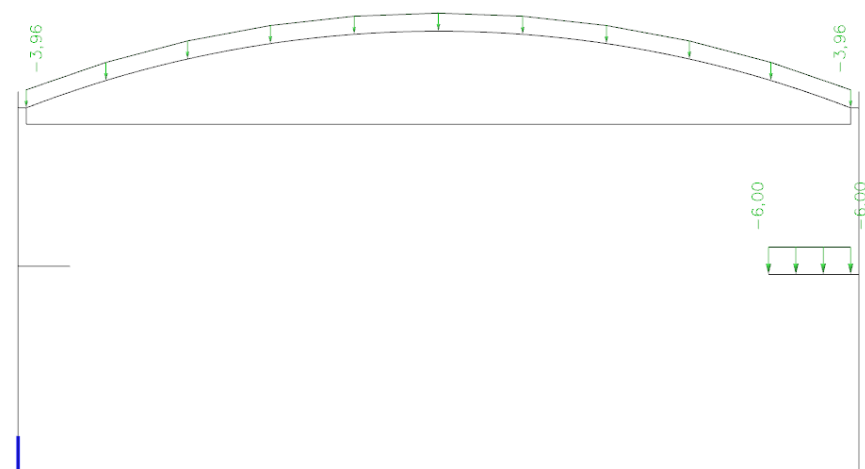
Automaticky generováno statickým software.

Zatížení stálé:

plošné zatížení včetně vaznic:

$$g_k = \frac{0,46 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{0,692 \text{ m}} = 0,66 \text{ kN/m}^2$$

zatížení na vazník: $g_k = 0,66 \cdot 6 \text{ m} = 3,96 \text{ kN/m}$

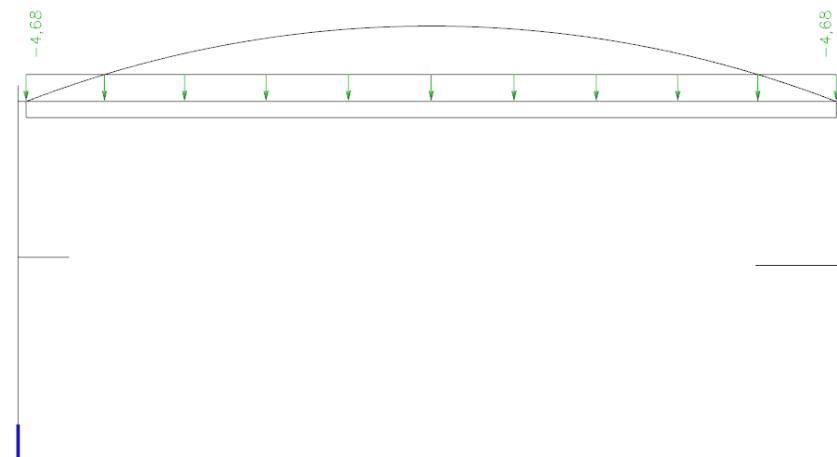


Zatížení sněhem:

Uvažuje se pouze rovnoměrné zatížení sněhem, stav s navátým sněhem pro řešený obloukový vazník nebude rozhodovat.

plošné zatížení: $s_{k,\mu_1} = 0,78 \text{ kN/m}^2$

zatížení na vazník: $s_{k,\mu_1} = 0,78 \cdot 6\text{m} = 4,68 \text{ kN/m}$



Zatížení větrem:

zatížení vazníku

$$w_{k,A} = -0,62 \cdot 6\text{m} = -3,72 \text{ kN/m}$$

$$w_{k,B} = -0,52 \cdot 6\text{m} = -3,12 \text{ kN/m}$$

$$w_{k,A} = -0,25 \cdot 6\text{m} = -1,50 \text{ kN/m}$$

Pozn.: Pro podélný vítr se uvažuje po celé délce vazníku: $w_k = 3,12 \text{ kN/m}$

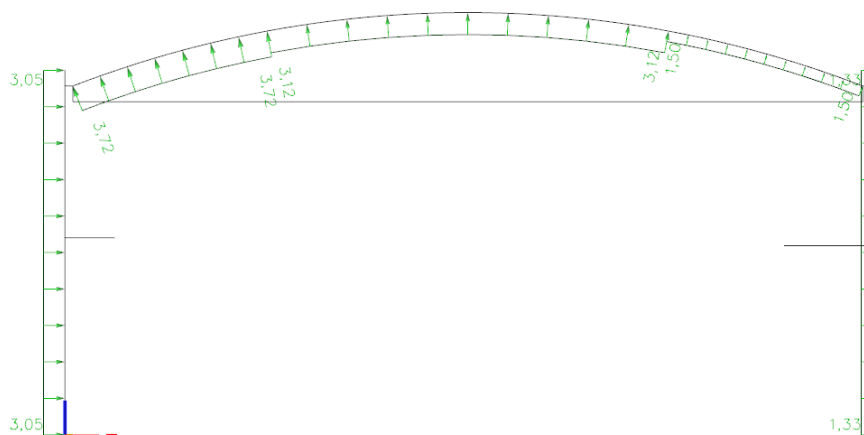
zatížení na sloupy:

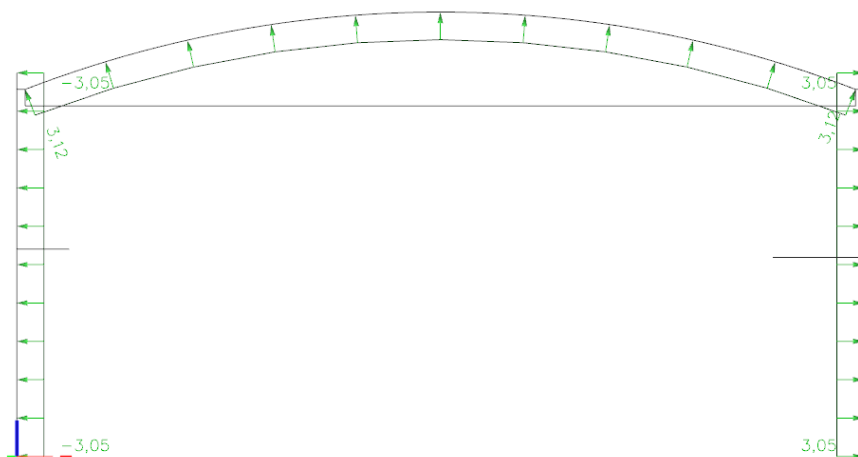
$$\frac{h}{d} = \frac{6700}{15800} \cong 0,42 \dots c_{pe,10,E} \cong -0,35$$

$$w_{k,D} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,D} \cdot b = 0,635 \cdot 0,8 \cdot 6\text{m} = 3,05 \text{ kN/m}$$

$$w_{k,E} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,E} \cdot b = 0,635 \cdot (-0,35) \cdot 6\text{m} = -1,33 \text{ kN/m}$$

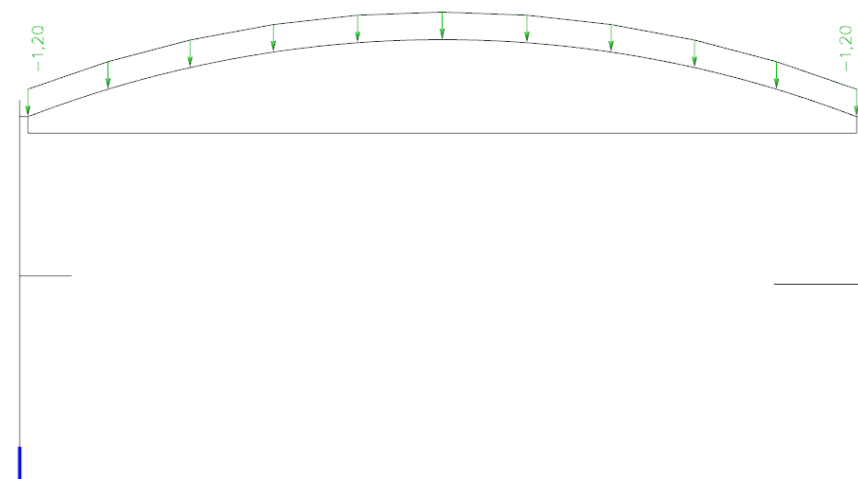
$$w_{k,B} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,B} \cdot b = 0,635 \cdot (-0,80) \cdot 6\text{m} = -3,05 \text{ kN/m (podélný vítr)}$$





Zatížení od technologie:

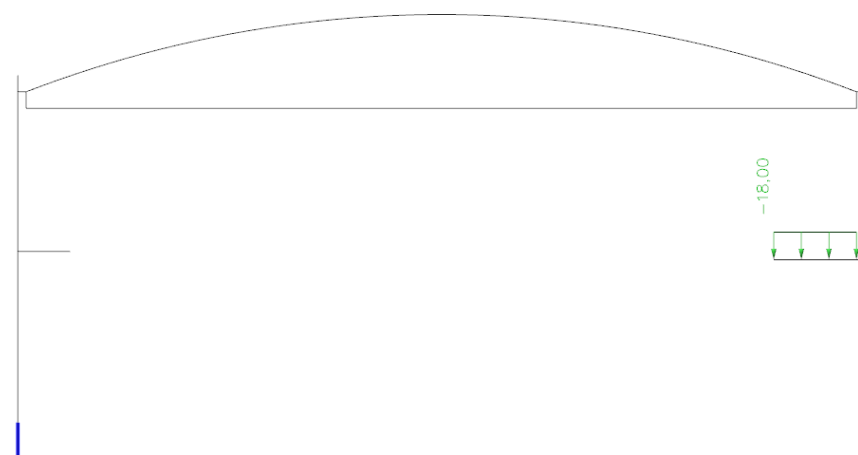
$$q_k = 0,20 \cdot 6m = 1,20 \text{ kN/m}$$



Zatížení na ochozu:

Stálé zatížení (odhad): $q_k = 1,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 6m = 6 \text{ kN/m}$

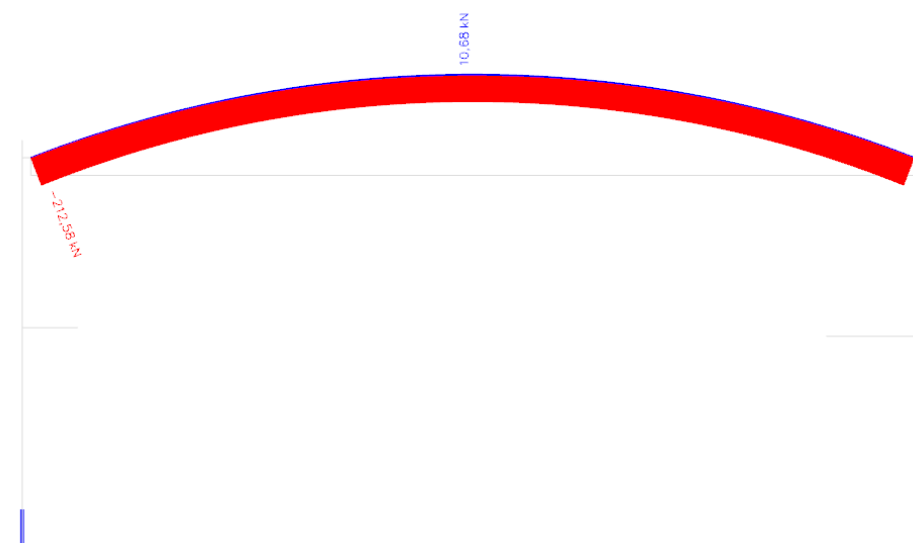
užitné zatížení: $q_k = 3,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 6m = 18 \text{ kN/m}$



Vnitřní síly na vazníku:

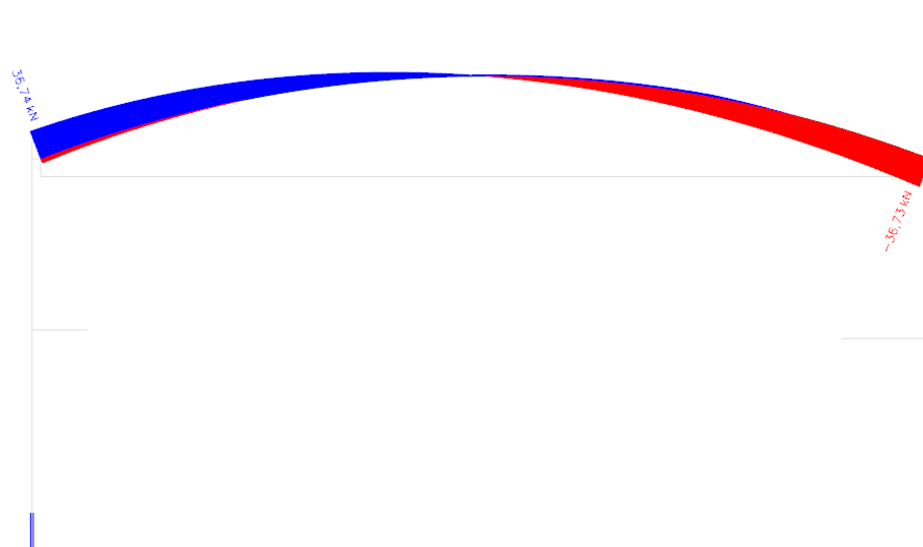
1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**
Nelineární výpočet
Třída: MSÚ_Nelin
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dilec
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS1 - OBDEL (200;
600)



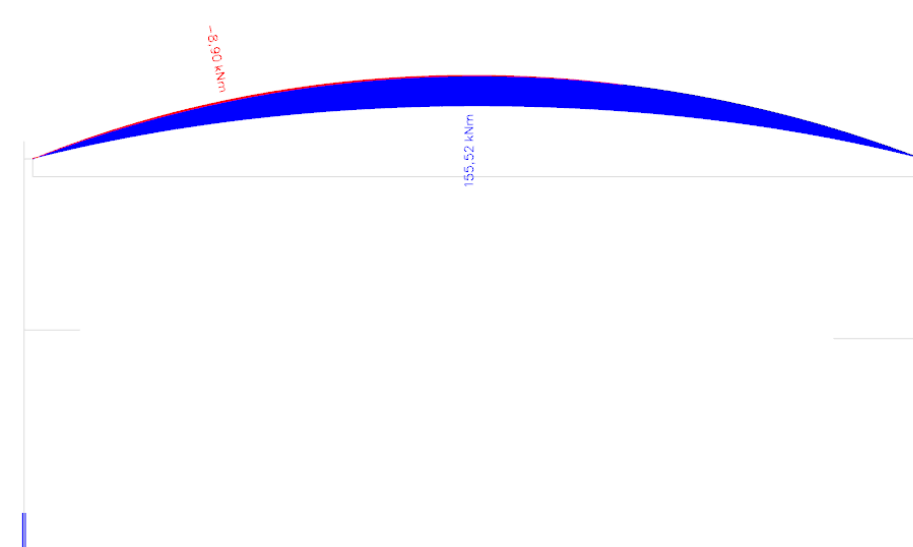
1D vnitřní síly

Hodnoty: **Vz**
Nelineární výpočet
Třída: MSÚ_Nelin
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dilec
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS1 - OBDEL (200;
600)



1D vnitřní síly

Hodnoty: **M_y**
Nelineární výpočet
Třída: MSÚ_Nelin
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dilec
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS1 - OBDEL (200;
600)



1D vnitřní síly

Nelineární výpočet

Třída: MSÚ_Nelin

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS1 - OBDEL (200; 600)

Hodnoty: M_y omezený intervalem <-1000,00; 1000,00> [kNm]

Jméno	dx [mm]	Stav	Průřez	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
B1	7702,346-	NC2	CS1 - OBDEL (200; 600)	10,68	0,00	0,00	0,00	5,30	0,00
B1	28,884-	NC3	CS1 - OBDEL (200; 600)	-211,70	0,00	36,67	0,00	-2,02	0,00
B1	15404,692	NC3	CS1 - OBDEL (200; 600)	-211,88	0,00	-36,73	0,00	-3,01	0,00
B1	0,000	NC3	CS1 - OBDEL (200; 600)	-211,88	0,00	36,74	0,00	-3,09	0,00
B1	0,000	NC5	CS1 - OBDEL (200; 600)	-212,58	0,00	36,46	0,00	-3,16	0,00
B1	3539,811-	NC4	CS1 - OBDEL (200; 600)	-2,66	0,00	0,00	0,00	-8,90	0,00
B1	7702,346-	NC3	CS1 - OBDEL (200; 600)	-187,05	0,00	0,00	0,00	155,52	0,00
B1	3048,028-	NC4	CS1 - OBDEL (200; 600)	-3,12	0,00	-0,67	0,00	-8,74	0,00
B1	7840,988-	NC3	CS1 - OBDEL (200; 600)	-187,05	0,00	-0,81	0,00	155,47	0,00

Napětí na vazníku:

1D napětí

Hodnoty: σ_x

Nelineární výpočet

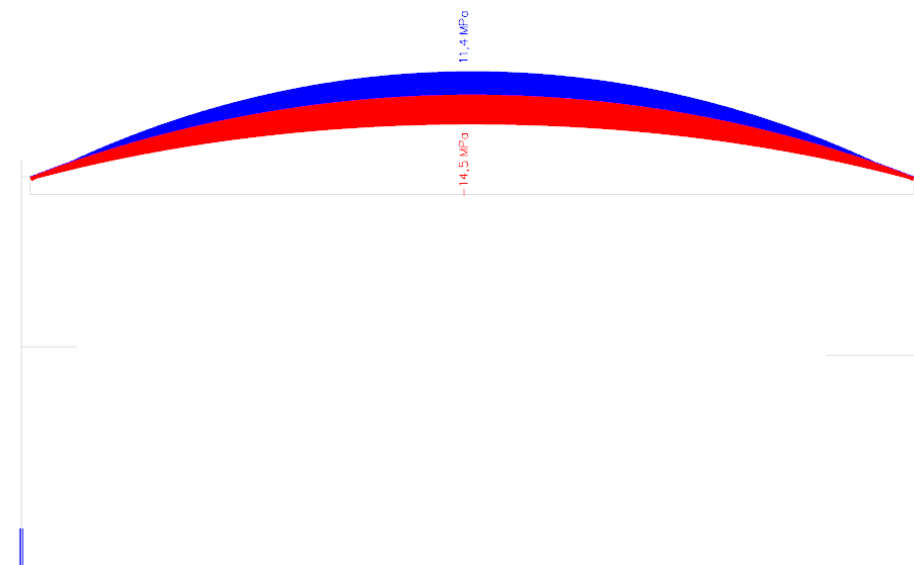
Třída: MSÚ_Nelin

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

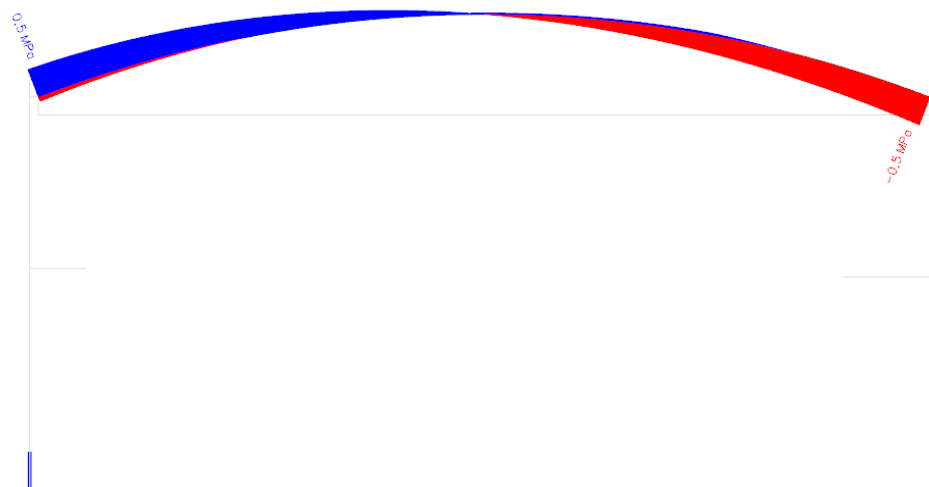
Filtr: Průřez = CS1 - OBDEL (200;
600)



$\sigma_{d,max} = 14,5 \text{ MPa}$ (výstup SCIA Engineer)

1D napětí

Hodnoty: τ_{xz}
Nelineární výpočet
Třída: MSÚ_Nelin
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS1 - OBDEL (200;
600)



$\tau_{d,max} = 0,5 \text{ MPa}$ (výstup SCIA Engineer)

Průřez: GL24h 200x600

$$A = 200 \cdot 600 = 120\,000 \text{ mm}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot 200 \cdot 600^2 = 12,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 600^3 = 3,60 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{3,60 \cdot 10^9}{120000}} = 173,2 \text{ mm}$$

$k_{mod} = 0,9$ (LLD, TP1, krátkodobé zatížení)

$$f_{t,0,d} = 0,9 \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

$$L_{cr,y} = 15000 \text{ mm (konzervativně)}$$

$$\lambda_y = \frac{15000}{173,2} = 86,6$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{86,6}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9600}} = 1,378$$

$$\beta_c = 0,1 \text{ (LLD)}$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5(1 + 0,1 \cdot (1,378 - 0,3) + 1,378^2) = 1,503$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,503 + \sqrt{1,503^2 - 1,378^2}} = 0,475$$

$$N_{Ed} = -212,6 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -155,5 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{212,6 \cdot 10^3}{120000} = 1,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{155,6 \cdot 10^6}{12,0 \cdot 10^6} = 12,97 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{1,77}{0,475 \cdot 17,28} + \frac{12,97}{17,28} = 0,216 + 0,751 = 0,967 \leq 1,00$$

Vyhovuje

Smyk:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{36,7 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 120000} = 0,68 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,52 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Ohyb ve vrcholové oblasti:

$$r = 31,95 \text{ m}$$

$$r_{in} = 31,65 \text{ m}$$

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 = 1,0 + 0,35 \left(\frac{600}{31950}\right) + 0,6 \left(\frac{600}{31950}\right)^2 + 0 \left(\frac{600}{31950}\right)^3 = 1,007$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 1 + 1,4 \operatorname{tg} 0 + 5,4 \operatorname{tg}^2 0 = 1,0$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,35 - 8 \operatorname{tg} 0 = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 7,8 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,6 + 8,3 \operatorname{tg} 0 - 7,8 \operatorname{tg}^2 0 = 0,6$$

$$k_4 = 6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 6 \operatorname{tg}^2 0 = 0$$

$$\sigma_{m,ap,d} = k_l \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 1,007 \frac{6.155,52.10^6}{200.600^2} = 13,05 \text{ MPa}$$

$$k_r = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,ap,d}}{k_r \cdot f_{m,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,ap,d}}{k_r \cdot f_{m,g,d}} = \frac{13,05}{1,0.17,28} = 0,76 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Tah kolmo k vláknům ve vrcholové oblasti:

$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 = 0 + 0,25 \left(\frac{600}{31950} \right) + 0 \left(\frac{600}{31950} \right)^2 = 0,0047$$

$$k_5 = 0,2 \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,2 \operatorname{tg} 0 = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,25 - 1,5 \operatorname{tg} 0 + 2,6 \operatorname{tg}^2 0 = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 2,1 \operatorname{tg} 0 - 4 \operatorname{tg}^2 0 = 0$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 0,0047 \frac{6.155,52.10^6}{200.600^2} = 0,061 \text{ MPa}$$

součinitel objemu

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{3,61} \right)^{0,2} = 0,308$$

pro referenční objem $V_0 = 0,01 \text{ m}^3$;

a objem vrcholové oblasti

$$V = \frac{\beta \pi}{180} b (h_{ap}^2 + 2 r_{in} h_{ap}) = \frac{27 \pi}{180} 0,2 (0,6^2 + 2 \cdot 31,65 \cdot 0,6) = 3,61 \text{ m}^3$$

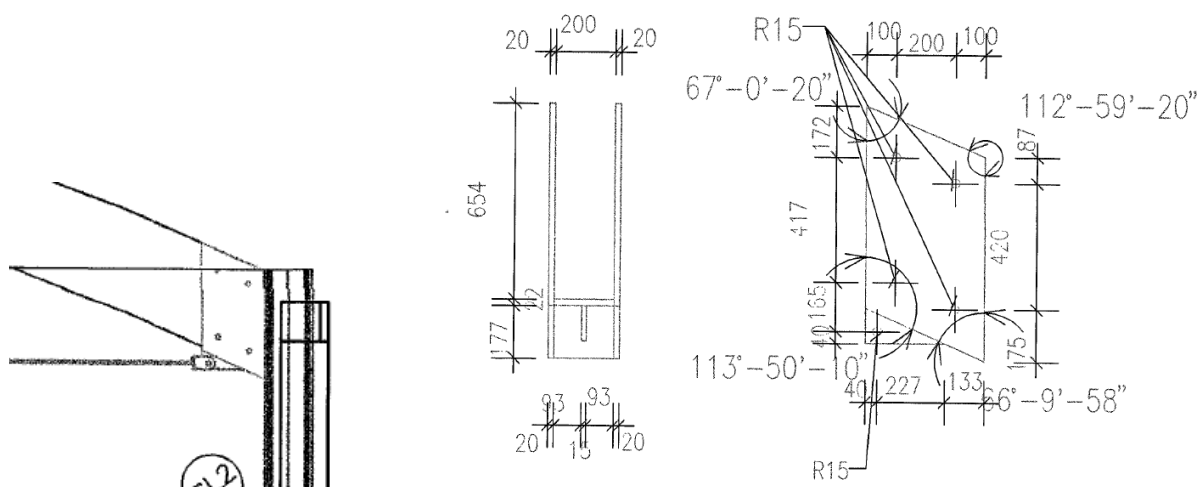
$k_{dis} = 1,4$...pro zakřivené vazníky

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} = \frac{0,061}{1,4 \cdot 0,308 \cdot 0,28} = 0,51 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Posudek svorníkového spoje



Posudek vychází z následujících předpokladů:

- ve spoji použit 4x svorník M27 – 6.8
- ocelová botka z oceli S235

$$d = 27 \text{ mm}$$

$$d_0 = 30 \text{ mm}$$

$$A_s = 459 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 480 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 600 \text{ MPa}$$

$$t_2 = 200 \text{ mm}$$

Síly působící ve spoji:

$$N_{Ed} = -212,58 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 36,46 \text{ kN}$$

Výslednice vnitřních sil:

$$F_{Ed} = 215,81 \text{ kN}$$

$$\alpha = 10^\circ \text{ (odklon od vláken)}$$

Posouzení příčně namáhaného svorníkového spoje se 4 svorníky M 27 – 6.8:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 27) \cdot 380 = 22,74 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 27 = 1,76$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{22,74}{1,76 \cdot \sin^2 10^\circ + \cos^2 10^\circ} = 22,23 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{ub} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 27^{2,6} = 948 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

Tenké ocelové desky jako vnější prvky dvojstřížných spojů ($t \leq 0,5d$):

$$F_{v,Rk,1} = 0,5 f_{h,2,k} t_2 d = 0,5 \cdot 22,23 \cdot 200 \cdot 27 = 60\,021 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk,2} = 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} = 1,15 \sqrt{2 \cdot 948 \cdot 10^3 \cdot 22,23 \cdot 27} = 38\,795 \text{ N}$$

Thusté ocelové desky jako vnější prvky dvojstřížných spojů ($t \geq d$):

$$F_{v,Rk,1} = 0,5 f_{h,2,k} t_2 d = 0,5 \cdot 22,23 \cdot 200 \cdot 27 = 60\,021 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk,2} = 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} = 2,3 \sqrt{948 \cdot 10^3 \cdot 22,23 \cdot 27} = 54\,864 \text{ N}$$

Lineární interpolace pro tloušťku desky $t = 20 \text{ mm}$ ($t = 0,74d$):

$$F_{v,Rk,2} = 46\,508 \text{ N}$$

$$F_{ax,Rk} = 0,9 \cdot f_u \cdot A_{svorník} = 0,9 \cdot 600 \cdot 459 = 247,9 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$d_{podložka} = \min(12t; 4d) = \min(12 \cdot 20; 4 \cdot 27) = \min(240; 108) = 108 \text{ mm}$$

$$A_{podložka} = 9160 \text{ mm}^2$$

$$F_{ax,Rk} = 3 \cdot f_{c,90,k} \cdot A_{podložka} = 3 \cdot 2,7 \cdot 9160 = 74,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{F_{ax,Rk}}{4} = \frac{74,2}{4} = 18,6 \text{ kN} > 0,25 \cdot F_{v,Rk,min} = 0,25 \cdot 46,5 = 11,6 \text{ kN}$$

$$\text{Únosnost svorníku: } F_{v,Rk,sv} = 46,5 + 11,6 = 58,1 \text{ kN}$$

Výpočet efektivního počtu svorníků v jedné řadě ve směru vláken:

$$n_{eff} = n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{10d}} \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90} = 2^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{225}{10 \cdot 27}} \cdot \frac{90 - 10}{90} + 2 \cdot \frac{10}{90} = 1,80$$

Únosnost spoje:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot n_{ef} k_{mod} \frac{2F_{v,Rk,2}}{\gamma_M} = 2 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot \frac{2 \cdot 58,1}{1,3} = 289,6 \text{ kN} \geq F_{t,Rd} = 215,81 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (pozn.: vyhoví i pro svorníky 4xM27 – 4.6)

Posouzení svorníku ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 600 \cdot 459}{1,25} = 220,3 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 220,3 \text{ kN} \leq F_{Ed} = 215,81 \cdot 0,25 = 53,95 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení ocelové desky na otlačení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 600 \cdot 27 \cdot 20}{1,25} = 648 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min\{2,5; 6,42; 17,4\}$$

$$\alpha_b = \min\{1,67; 1,0; 1,11; 1,97\}$$

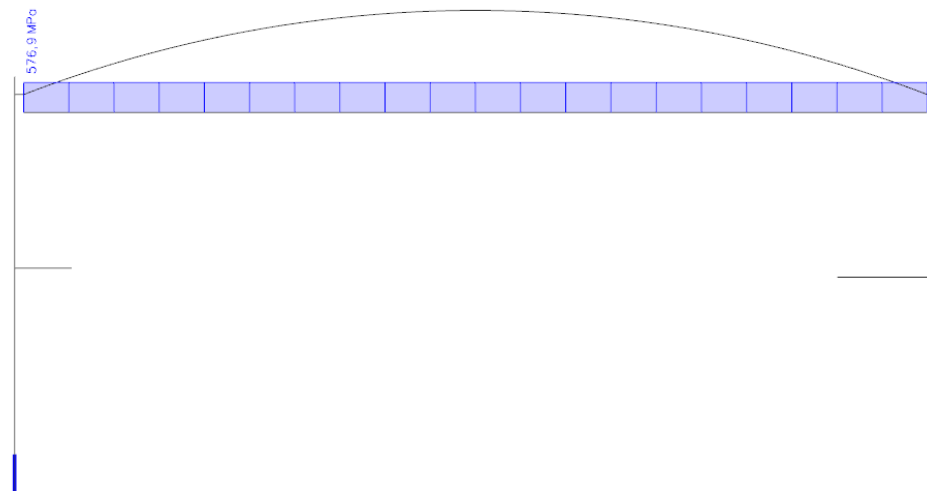
$$F_{b,Rd} = 648 \text{ kN} \leq F_{Ed} = 215,81 \cdot 0,25 = 53,95 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posudek táhla

1D napětí

Hodnoty: σ_x
Nelineární výpočet
Třída: MSÚ_Nelin
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS2 - RD20



$$\sigma_{d,max} = 576 \text{ MPa (výstup SCIA Engineer)}$$

Táhlo z běžné konstrukční oceli nevyhovuje.

Z dostupné dokumentace ani při prohlídce konstrukce se nepodařilo zjistit, z jakého materiálu je táhlo vyrobeno.

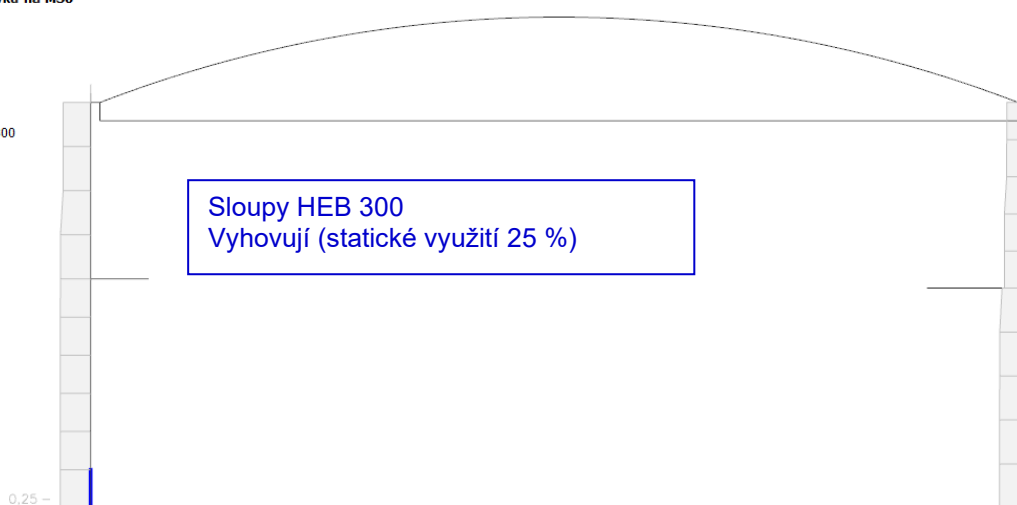
Před instalací konstrukce FVE je potřeba realizovat jedno z následujících opatření:

- Zjistit jakost oceli, ze které je táhlo vyrobeno a následně vyhodnotit reálnou únosnost táhla. Doporučuje se oslovit autora původního projektu, ing. arch. Dušana Richtára, zda nebude schopen tuto informaci poskytnout.
- Provést výměnu táhla, optimálně za stejný profil, avšak z oceli o dostatečné pevnosti (například táhlo z oceli 8.8). Během výměny táhla je potřeba provést dočasné zajištění horních částí sloupů.

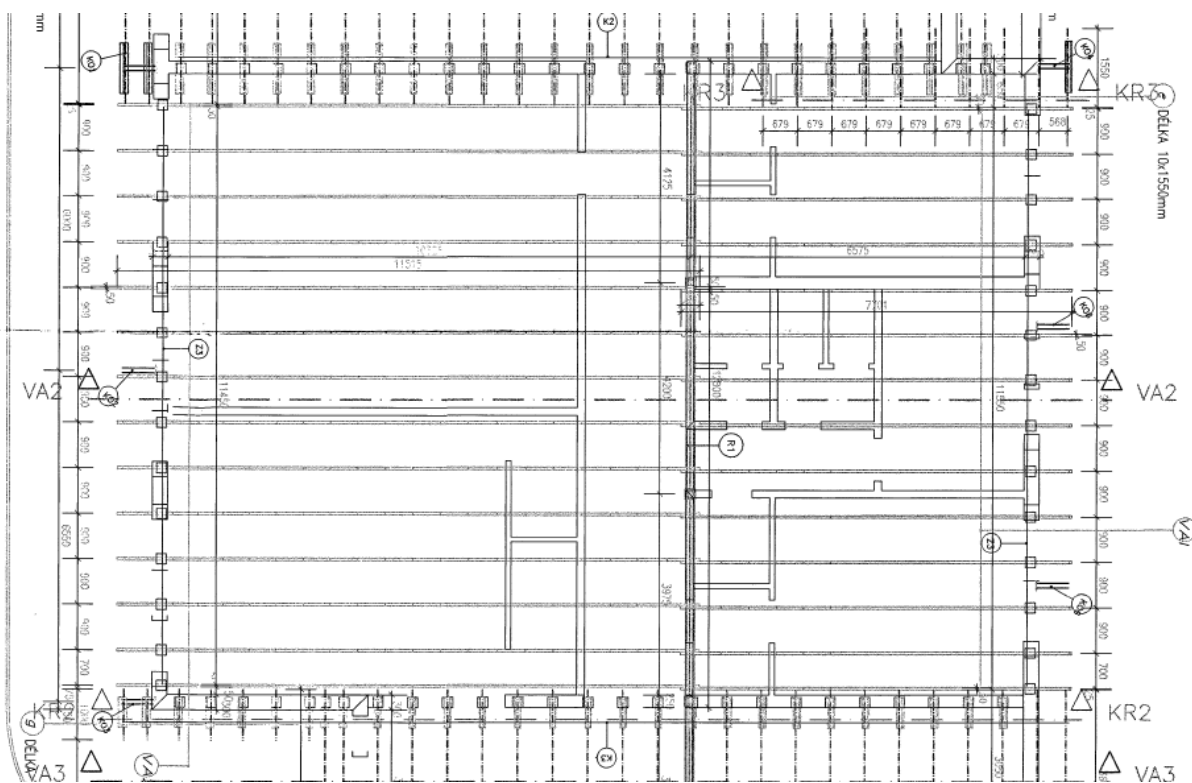
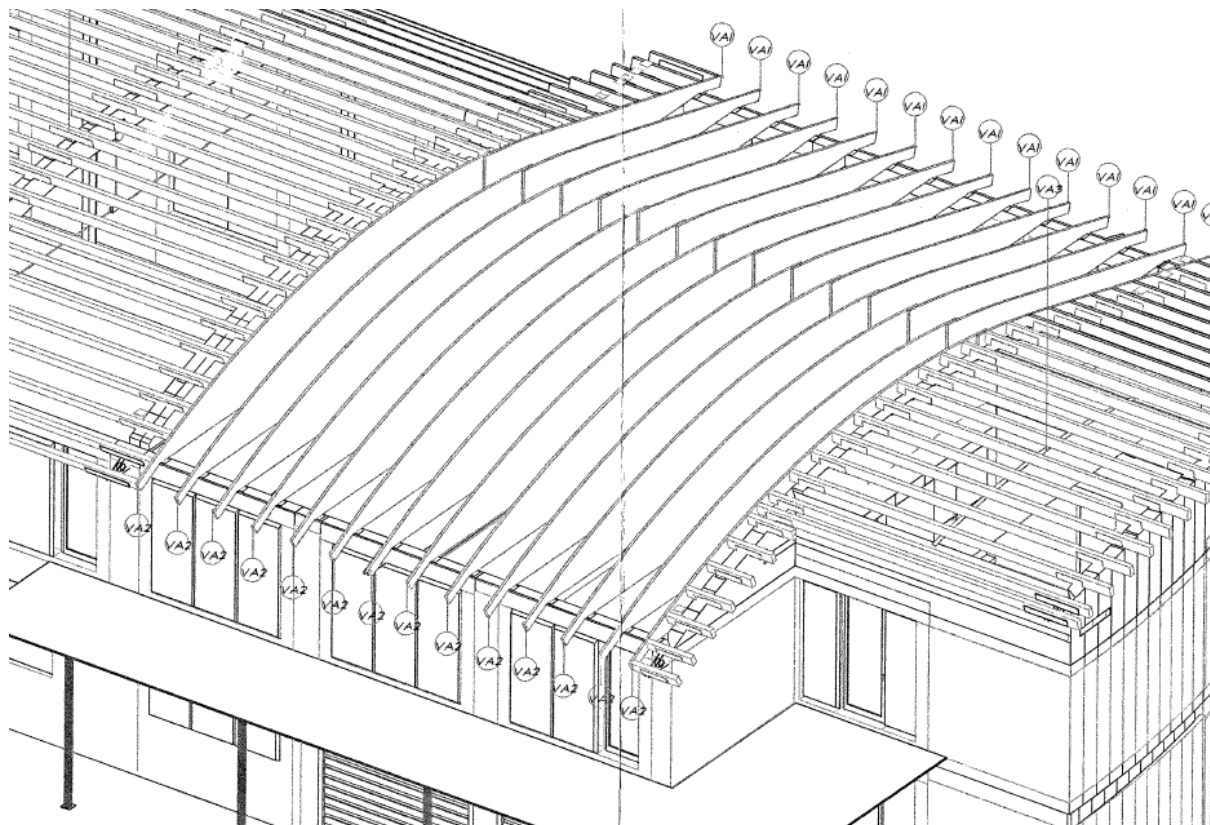
Posudek sloupů

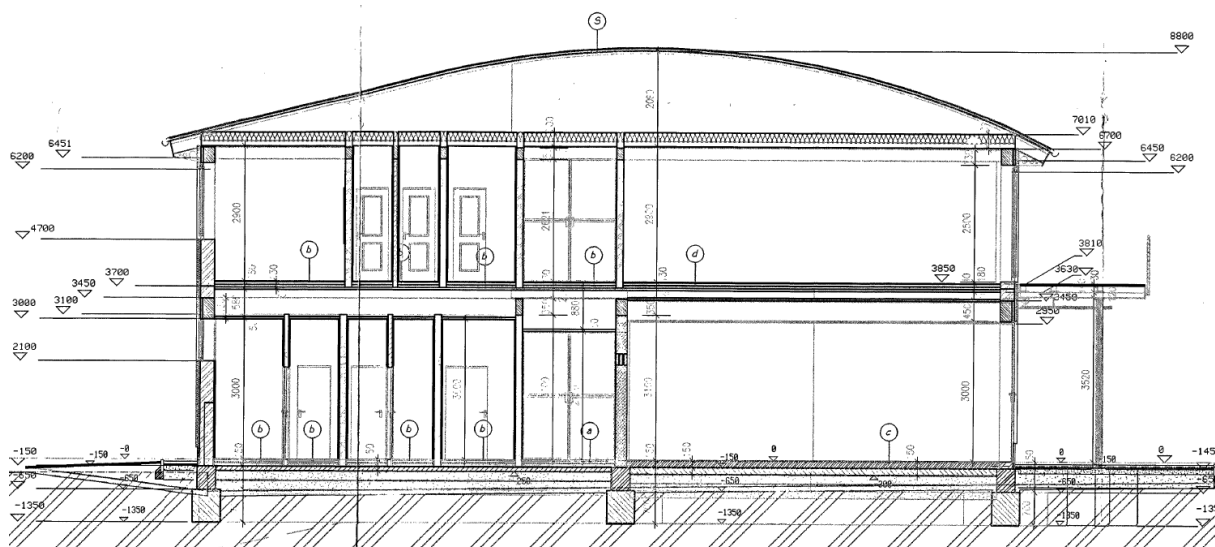
Posudek ocelových prvků na MSÚ

EC-EN 1993
Hodnoty: UC Celkový
Nelineární výpočet
Třída: MSÚ_Nelin
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - HEB300



6. Statické posouzení – příčné vazníky tl. 50 mm





Zatížení

Zatížení stálé – střešní plášť

Zatěžovací šířka: $b = 900 \text{ mm}$

Horní hrana vazníku:

Lindab Coverline $0,05 \text{ kN/m}^2$

OSB 15 mm, 600 kg/m^3 $0,09 \text{ kN/m}^2$

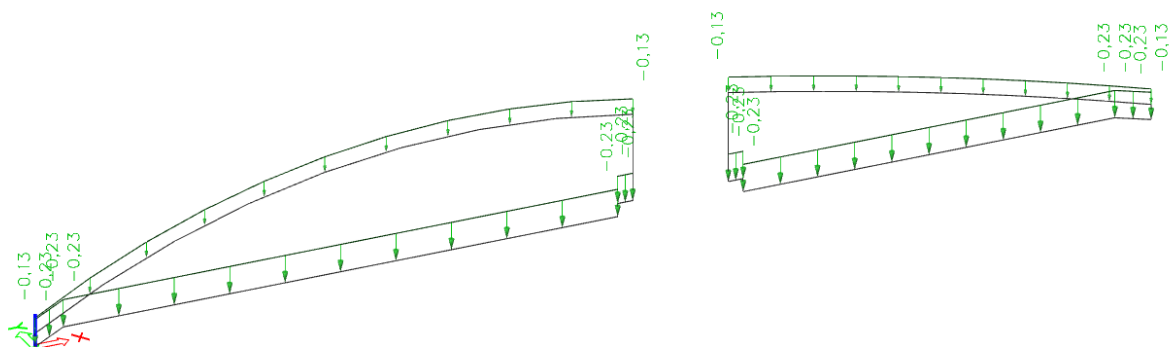
CELKEM: $g_k = 0,9\text{m} \cdot 0,14 = 0,13 \text{ kN/m}$

Dolní hrana vazníku:

ISOVER 220 mm, 40 kg/m^3 $0,09 \text{ kN/m}^2$

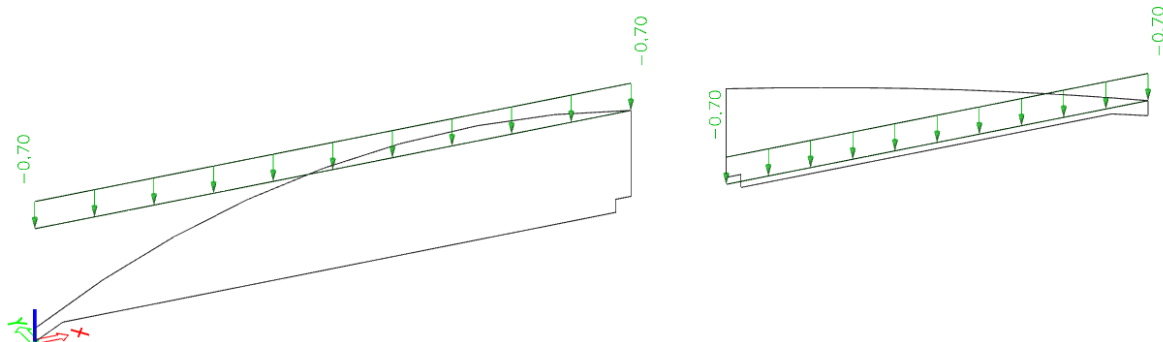
GKF 15 $0,16 \text{ kN/m}^2$

CELKEM: $g_k = 0,9\text{m} \cdot 0,25 = 0,23 \text{ kN/m}$



Zatížení sněhem

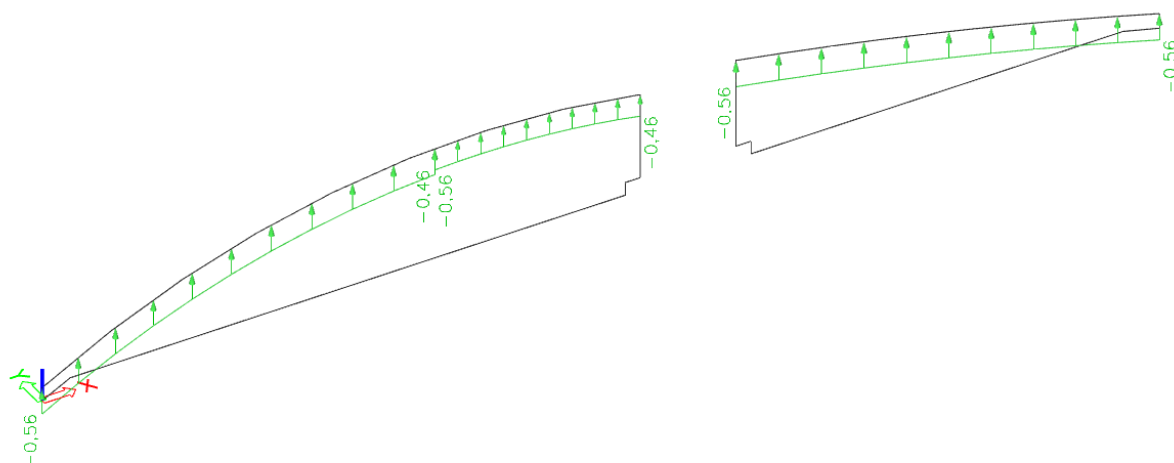
$$s_{k,\mu_1} = 0,9m \cdot 0,78 = 0,70 \text{ kN/m}$$



Zatížení větrem

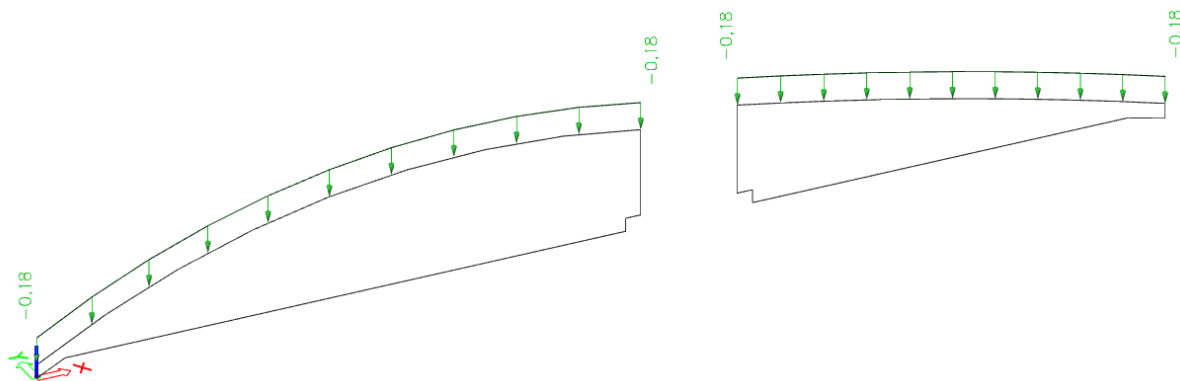
$$w_{k,A} = -0,62 \cdot 0,9m = -0,56 \text{ kN/m}$$

$$w_{k,B} = -0,52 \cdot 0,9m = -0,46 \text{ kN/m}$$



Zatížení od technologie

$$q_k = 0,20 \cdot 0,9m = 0,18 \text{ kN/m}$$



Vazník levý

Průřez: GL24h, tl. 50 mm, výška proměnná

$k_{mod} = 0,9$ (LLD, TP1, krátkodobé zatížení)

$$f_{t,0,d} = 0,9 \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

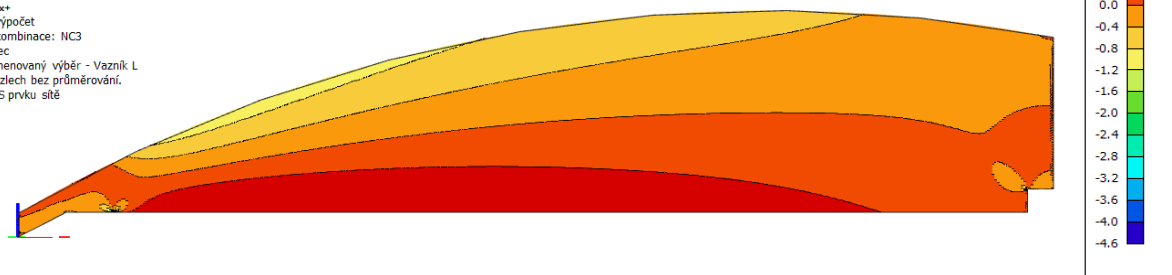
$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 0,9 \frac{2,5}{1,25} = 1,80 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = 0,9 \frac{0,5}{1,25} = 0,36 \text{ MPa}$$

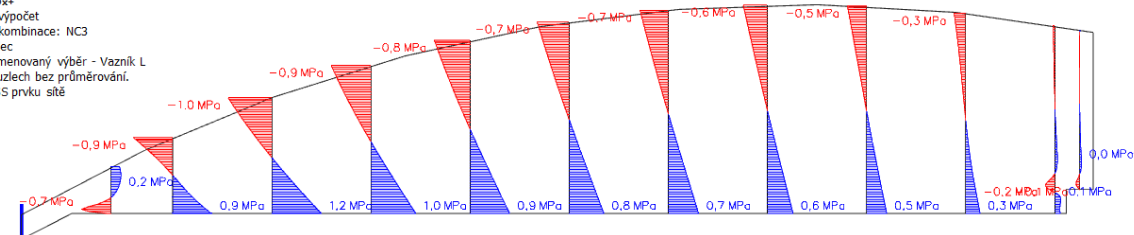
2D napětí/přetvoření

Hodnoty: σ_{x+}
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník L
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku síť



2D napětí/přetvoření

Hodnoty: σ_{x+}
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník L
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku síť



$$\sigma_{x,d,max+} = 1,2 \text{ MPa} \leq f_{t,0,d} \text{ (tah – pole vazníku; výstup SCIA Engineer)}$$

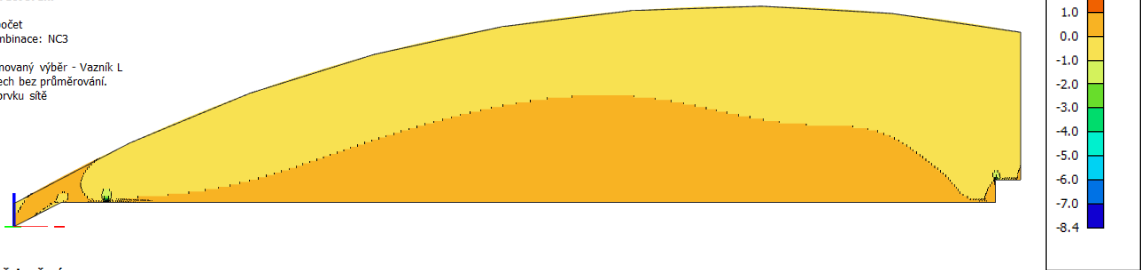
$$\sigma_{x,d,max-} = -1,0 \text{ MPa} \text{ (tlak – pole vazníku; výstup SCIA Engineer)}$$

$$\sigma_{x,d,max-} = -4,6 \text{ MPa} \text{ (tlak – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)}$$

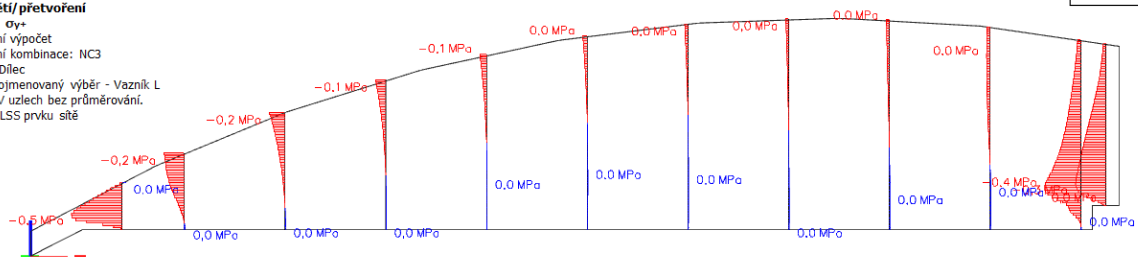
Jistě vyhoví

2D napětí/přetvoření

Hodnoty: σ_{y+}
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Extrém: Dilec
 Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník L
 Poloha: V uzlech bez průměrování.
 Systém: LSS prvku síť

**2D napětí/přetvoření**

Hodnoty: σ_{y+}
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Extrém: Dilec
 Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník L
 Poloha: V uzlech bez průměrování.
 Systém: LSS prvku síť



$\sigma_{y,d,max+} = 3,4 \text{ MPa}$ (tah – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)

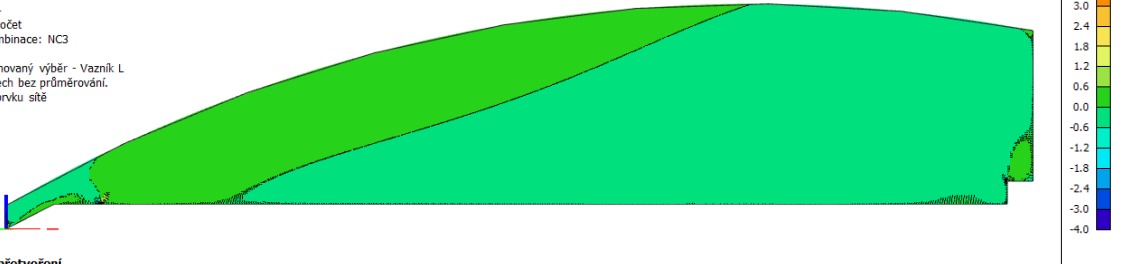
$\sigma_{y,d,max-} = -0,5 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d}$ (tlak – oblasti nad podporami; výstup SCIA Engineer)

$\sigma_{x,d,max-} = -8,4 \text{ MPa}$ (tlak – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)

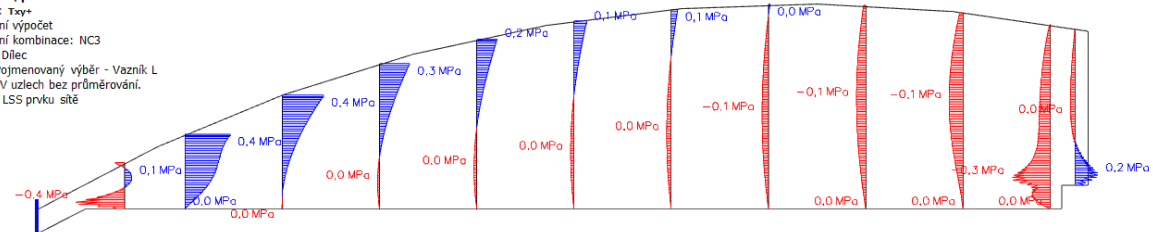
Vyhovuje

2D napětí/přetvoření

Hodnoty: τ_{xy+}
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Extrém: Dilec
 Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník L
 Poloha: V uzlech bez průměrování.
 Systém: LSS prvku síť

**2D napětí/přetvoření**

Hodnoty: τ_{xy+}
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Extrém: Dilec
 Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník L
 Poloha: V uzlech bez průměrování.
 Systém: LSS prvku síť



$\tau_{d,max} = 0,4 \text{ MPa} \leq f_{v,d}$ (vazník, výstup SCIA Engineer)

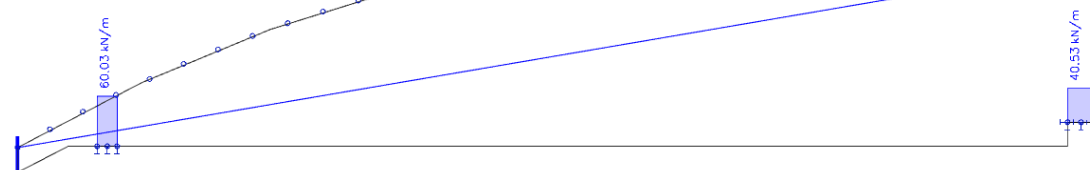
$\tau_{d,max} = 5,0 \text{ MPa}$ (numerická lokalita, výstup SCIA Engineer)

Vyhovuje

Reakce

Reakce

Hodnoty: R_z
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Průběh: Průměr
Systém: Globální
Extrém: Dílec
Výběr: Vše



Reakce krajní:

$$R_{z,Ed} = 60,03 \cdot 0,20m = 12,0 \text{ kN}$$

Reakce vnitřní

$$R_{z,Ed} = 40,53 \cdot 0,27m = 10,9 \text{ kN}$$

Tlak kolmo k vláknům

$$A_{eff} = (l + 2 \cdot 30) \cdot t = (200 + 2 \cdot 30) \cdot 50 = 13\,000 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} = 1,0$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{R_{z,Ed}}{A_{eff}} = \frac{12,0 \cdot 10^3}{13000} = 0,92 \text{ MPa} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,80 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Vazník pravý

Průřez: GL24h, tl. 50 mm, výška proměnná

$k_{mod} = 0,9$ (LLD, TP1, krátkodobé zatížení)

$$f_{t,0,d} = 0,9 \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 0,9 \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

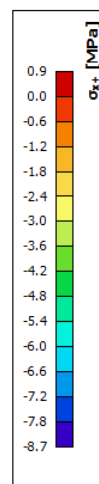
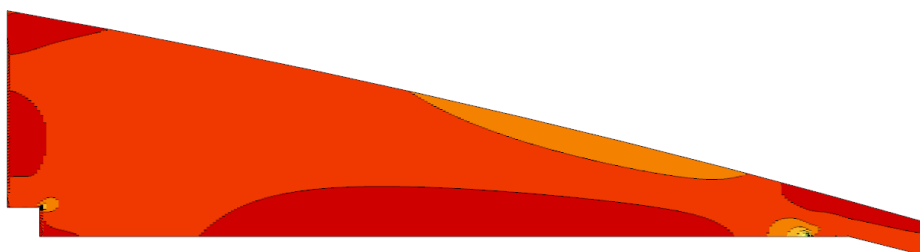
$$f_{v,d} = 0,9 \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 0,9 \frac{2,5}{1,25} = 1,80 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = 0,9 \frac{0,5}{1,25} = 0,36 \text{ MPa}$$

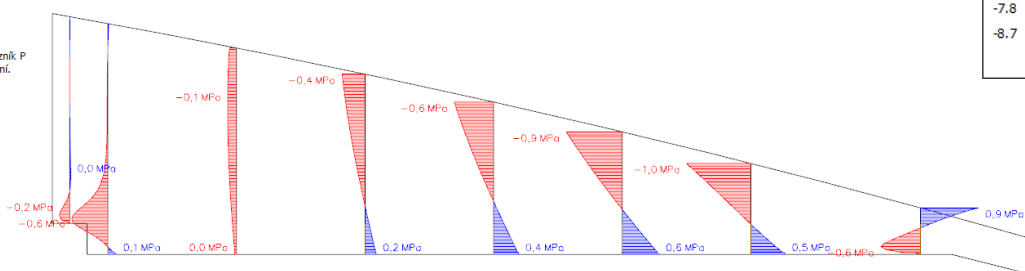
2D napětí/přetvoření

Hodnoty: σ_x
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník P
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku síť



2D napětí/přetvoření

Hodnoty: σ_x
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník P
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku síť



$\sigma_{x,d,max+} = 0,9 \text{ MPa} \leq f_{t,0,d}$ (tah – oblast nad krajní podporou; výstup SCIA Engineer)

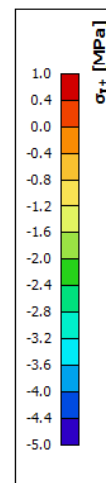
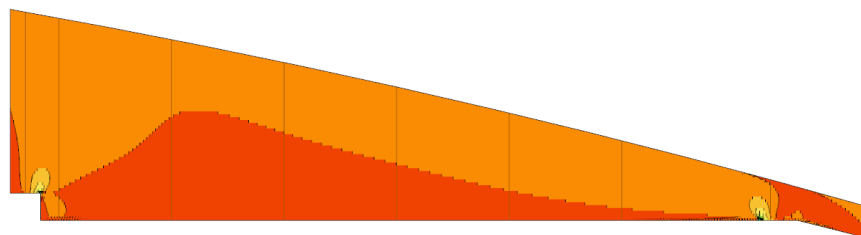
$\sigma_{x,d,max-} = -1,0 \text{ MPa}$ (tlak – pole vazníku; výstup SCIA Engineer)

$\sigma_{x,d,max-} = -4,6 \text{ MPa}$ (tlak – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)

Jistě vyhoví

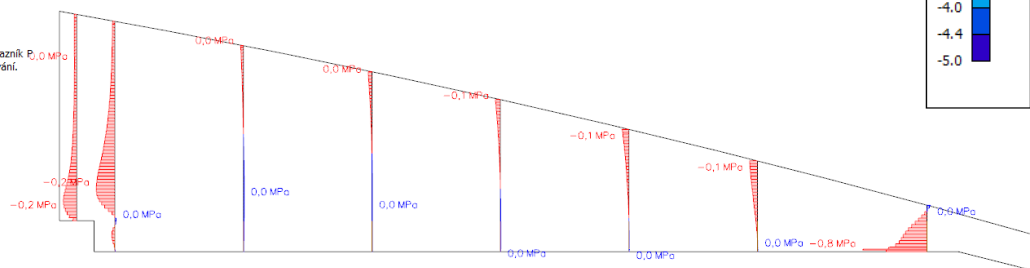
2D napětí/přetvoření

Hodnoty: σ_y
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník P
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku sítě



2D napětí/přetvoření

Hodnoty: $\sigma_{\gamma+}$
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazní
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku síť



$$\sigma_{y.d.max+} = 1,0 \text{ MPa (tah – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)}$$

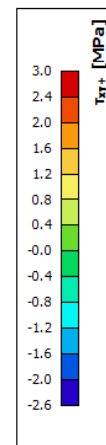
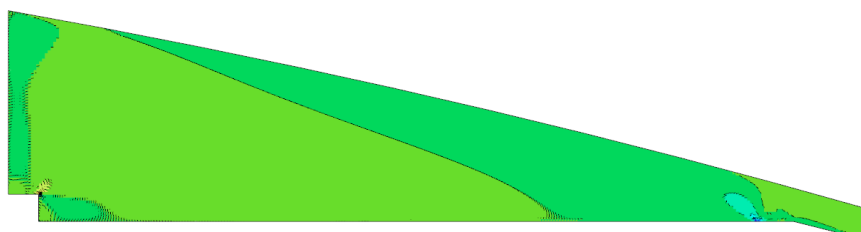
$$\sigma_{y,d,max-} = -0,8 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} \text{ (tlak - oblasti nad podporami; výstup SCIA Engineer)}$$

$$\sigma_{x d m a x -} = -5,0 \text{ MPa (tlak – numerická lokalita; výstup SCIA Engineer)}$$

Vyhovuje

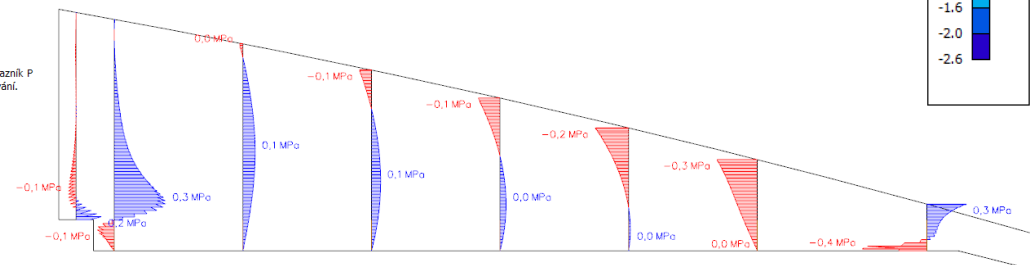
2D napětí/přetvoření

2D napětí/pretvoreni
Hodnoty: Txy+
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník P
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku síťe



2D napětí/přetvoření

2D napětí/pretvorení
Hodnoty: Txy+
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Extrém: Dilec
Výběr: Pojmenovaný výběr - Vazník P
Poloha: V uzlech bez průměrování.
Systém: LSS prvku síle



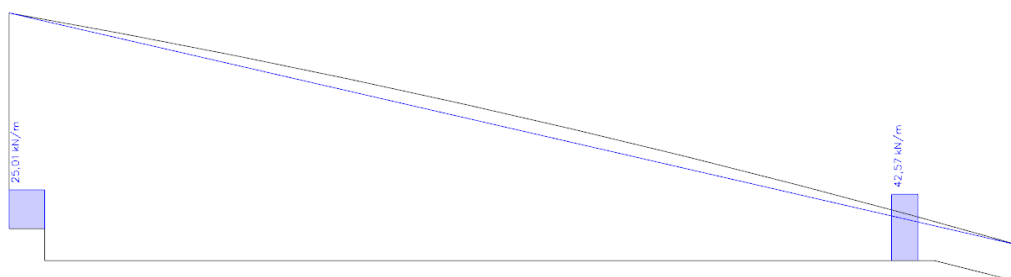
$$\tau_{d,max} = 0,4 \text{ MPa} \leq f_{v,d} \text{ (vazník, výstup SCIA Engineer)}$$

$$\tau_{dmax} = 3,0 \text{ MPa (numerická lokalita, výstup SCIA Engineer)}$$

Vyhovuje

Reakce

Reakce
Hodnoty: R_z
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC3
Průběh: Průměr
Systém: Globální
Extrém: Dílce
Výběr: Vše



Reakce krajní:

$$R_{z,Ed} = 42,57 \cdot 0,20m = 8,5 \text{ kN}$$

Reakce vnitřní

$$R_{z,Ed} = 25,01 \cdot 0,27m = 6,8 \text{ kN}$$

Tlak kolmo k vláknům

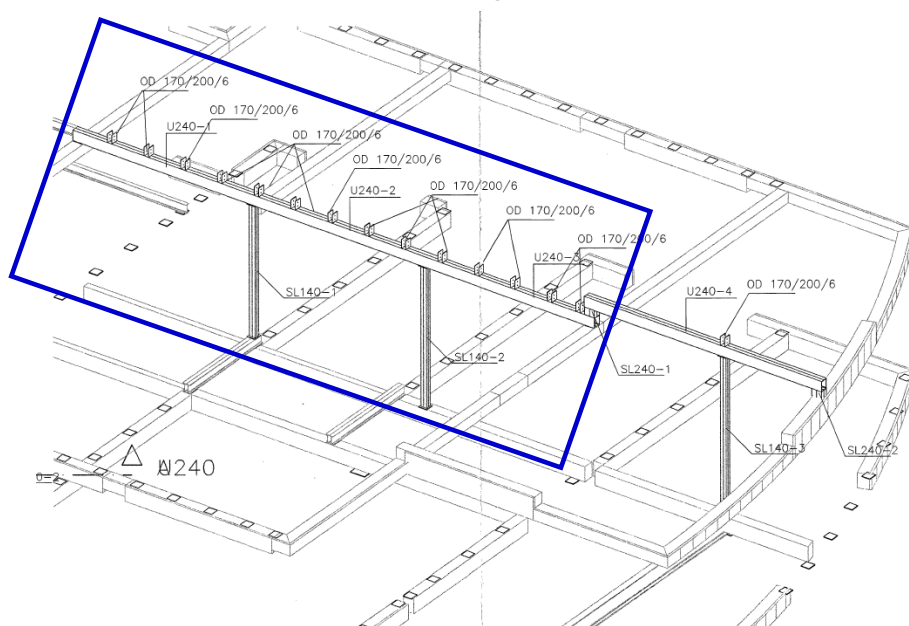
$$A_{eff} = (l + 2 \cdot 30) \cdot t = (200 + 2 \cdot 30) \cdot 50 = 13\,000 \text{ mm}^2$$

$$k_{c,90} = 1,0$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{R_{z,Ed}}{A_{eff}} = \frac{8,5 \cdot 10^3}{13000} = 0,65 \text{ MPa} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1,80 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

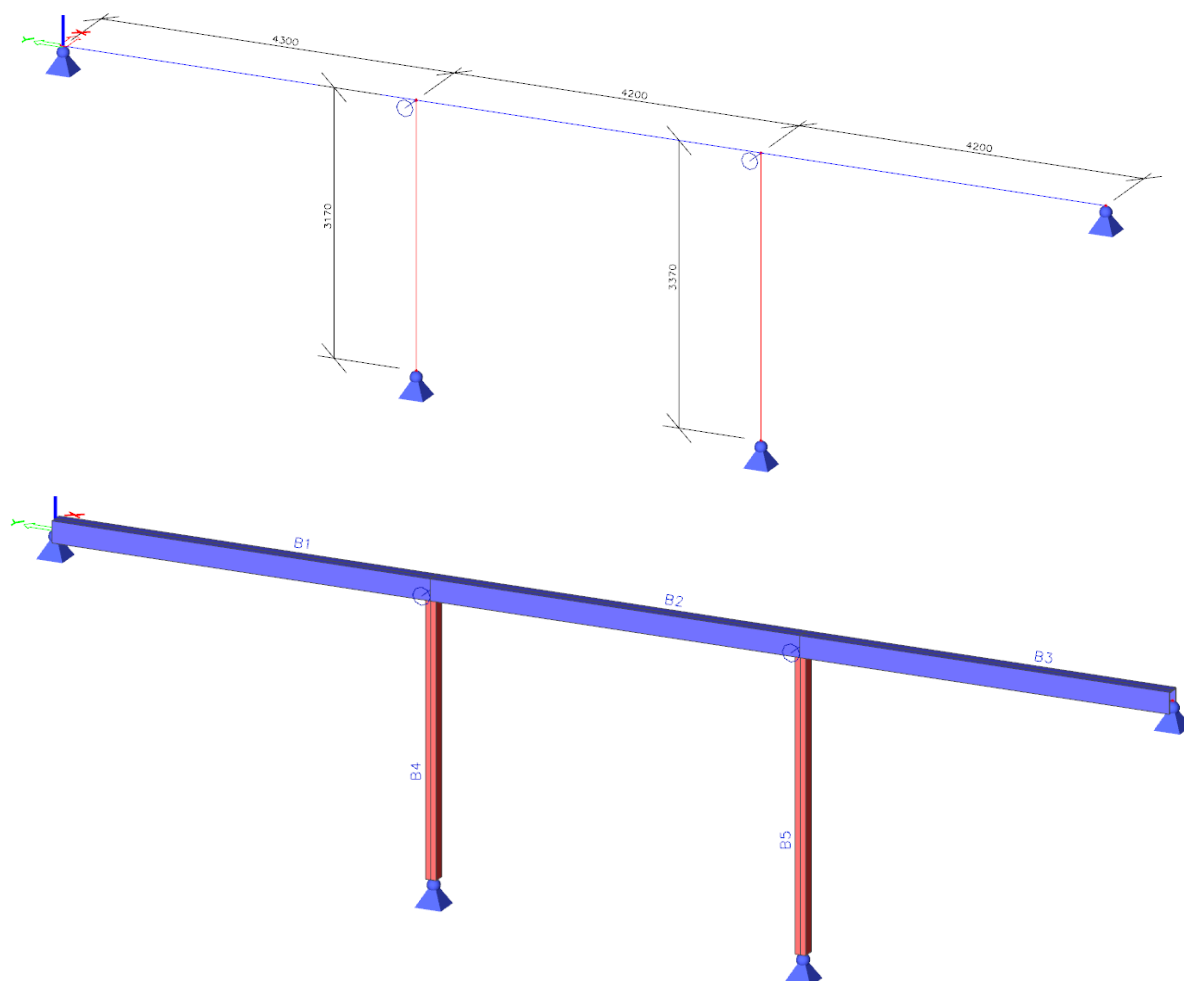
Ocelová konstrukce pro vynesení vazníků

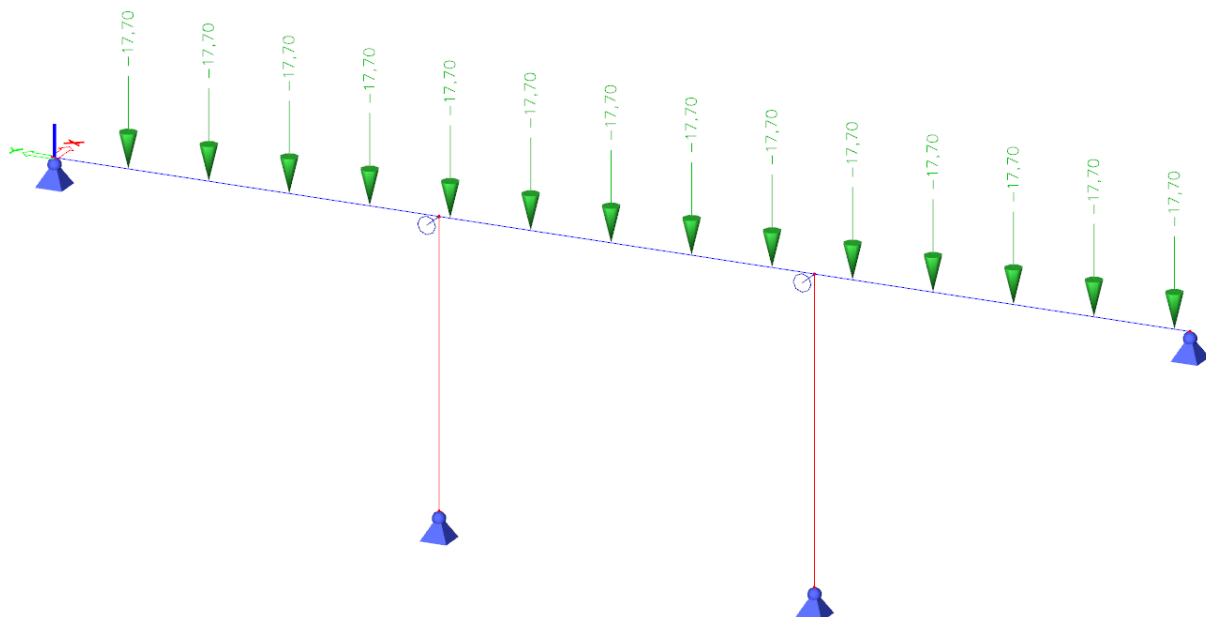


Návrhová hodnota reakce:

$$R_{z,Ed} = 10,9 + 6,8 = 17,7 \text{ kN}$$

Numerický model konstrukce:





Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

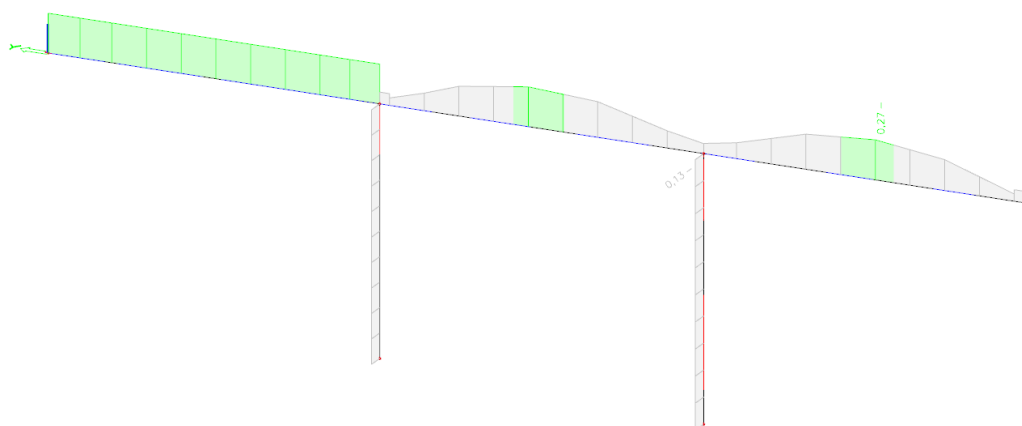
Zatěžovací stav: LC7

Souřadný systém: Hlavní

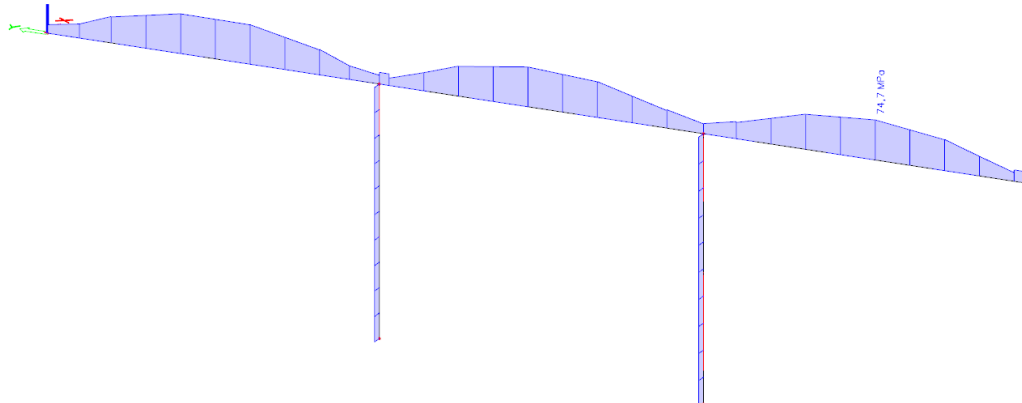
Extrém 1D: Průřez

Výběr: Pojmenovaný výběr - OK pro vynesení vazníků

Posudek ocelových prvků na MSÚ
EC-EN 1993
Hodnoty: UC Celkový
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: LC7
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Průřez
Výběr: Pojmenovaný výběr - OK pro
vynesení vazníků



1D napětí
Hodnoty: σx
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: LC7
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Pojmenovaný výběr - OK pro
vynesení vazníků



Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B3	1,975 / 4,200 m	2Uc (U240; 0; 170)	S 235	LC7	0,27 -
----------	-----------------	--------------------	-------	-----	--------

Dílič souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitní únosnost	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 1,975 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	0,00	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	0,00	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	11,47	kN
Kroucení	T_{Ed}	0,00	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	44,79	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	I	80	13	-70273,026	-70273,026								
2	I	227	10	-70273,026	70272,966	-1,0		0,5	23,9	72,0	83,0	124,0	1
3	I	80	13	70272,966	70272,966	1,0		1,0	6,2	28,0	34,0	38,0	1
4	I	80	13	70272,966	70272,966	1,0		1,0	6,2	28,0	34,0	38,0	1
5	I	227	10	70272,966	-70273,026	-1,0		0,5	23,9	72,0	83,0	124,0	1
6	I	80	13	-70273,026	-70273,026								

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek ohybového momentu pro M_y

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	7,1554e-04	m ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	168,15	kNm
Jedn. posudek		0,27	-

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	4,5224e-03	m ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	613,59	kN
Jedn. posudek		0,02	-

Poznámka: Z průřezových charakteristik není získána žádná smyková plocha.

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1 a rovnice (6.2)

Plastická tahová únosnost	$N_{pl,Rd}$	1988,93	kN
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	168,15	kNm
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	124,60	kNm

Jednotkový posudek (6.2) = 0,00 + 0,27 + 0,00 = 0,27 -

Poznámka: Nepoužijí se žádné interakční rovnice podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1.

Proto se posuzuje plastický lineární součet podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(7).

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

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 1,975 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 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	I	80	13	-70273,026	-70273,026								
2	I	227	10	-70273,026	70272,966	-1,0		0,5	23,9	72,0	83,0	124,0	1
3	I	80	13	70272,966	70272,966	1,0		1,0	6,2	28,0	34,0	38,0	1
4	I	80	13	70272,966	70272,966	1,0		1,0	6,2	28,0	34,0	38,0	1
5	I	227	10	70272,966	-70273,026	-1,0		0,5	23,9	72,0	83,0	124,0	1
6	I	80	13	-70273,026	-70273,026								

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Stabilitní klasifikace je založena na maximální klasifikaci průřezu podél dílce.

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	$W_{pl,y}$	7,1554e-04	m ³
Pružný kritický moment	M_{cr}	5820,64	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,LT}$	0,17	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,20	

Poznámka: Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry M_{cr}			
Délka klopení	I_{LT}	4,200	m
Vliv pozice zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	k	1,00	
Opravný součinitel	k_w	1,00	
Součinitel momentu na klopení	C_1	1,13	
Součinitel momentu na klopení	C_2	0,45	
Součinitel momentu na klopení	C_3	0,53	
Vzdálenost středu smyku	d_z	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení	z_q	0	mm
Konstanta monosymetrie	β_y	0	mm
Konstanta monosymetrie	z_i	0	mm

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

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B5	3,370 / 3,370 m	2Uc (U140; 0; 120)	S 235	LC7	0,13 -
-----------------	------------------------	---------------------------	--------------	------------	---------------

Dílič souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitní únosnost	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 3,370 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-82,19	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	0,00	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	0,00	kN
Kroucení	T_{Ed}	0,00	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0,00	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	I	56	10	20144,156	20140,352	1,0		1,0	5,6	28,0	34,0	38,0	1
2	I	130	7	20140,352	20140,352	1,0		1,0	18,6	28,0	34,0	38,0	1
3	I	56	10	20140,352	20144,156	1,0		1,0	5,6	28,0	34,0	38,0	1
4	I	57	10	20144,156	20147,960	1,0		1,0	5,7	28,0	34,0	38,0	1
5	I	130	7	20147,960	20147,960	1,0		1,0	18,6	28,0	34,0	38,0	1
6	I	57	10	20147,960	20144,156	1,0		1,0	5,7	28,0	34,0	38,0	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

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		0,09	-

Posudek ohybového momentu pro M_z

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,7301e-04	m ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	40,66	kNm
Jedn. posudek		0,00	-

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1 a rovnice (6.2)

Plastická tahová únosnost	$N_{pl,Rd}$	957,68	kN
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	48,32	kNm
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	40,66	kNm

Jednotkový posudek (6.2) = 0,09 + 0,00 + 0,00 = 0,09 -

Poznámka: Nepoužijí se žádné interakční rovnice podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1.

Proto se posuzuje plastický lineární součet podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(7).

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

.....POSUDEK STABILITY:.....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 3,370 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 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	I	56	10	20144,156	20140,352	1,0		1,0	5,6	28,0	34,0	38,0	1
2	I	130	7	20140,352	20140,352	1,0		1,0	18,6	28,0	34,0	38,0	1
3	I	56	10	20140,352	20144,156	1,0		1,0	5,6	28,0	34,0	38,0	1
4	I	57	10	20144,156	20147,960	1,0		1,0	5,7	28,0	34,0	38,0	1
5	I	130	7	20147,960	20147,960	1,0		1,0	18,6	28,0	34,0	38,0	1
6	I	57	10	20147,960	20144,156	1,0		1,0	5,7	28,0	34,0	38,0	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Stabilitní klasifikace je založena na maximální klasifikaci průřezu podél dílce.

Posudek rovinného vzpěru

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

Parametry vzpěru		yy	zz	
Typ posuvných styčníků		neposuvné	neposuvné	
Systémová délka	L	3,370	3,370	m
Součinitel vzpěru	k	0,98	1,00	
Vzpěrná délka	l_{cr}	3,311	3,355	m
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	2287,25	1582,88	kN
Štíhlost	λ	60,77	73,05	
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	0,65	0,78	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka		c	c	
Imperfekce	α	0,49	0,49	
Redukční součinitel	χ	0,76	0,68	
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	725,10	647,47	kN

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	4,0752e-03	m ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	647,47	kN
Jedn. posudek		0,13	-

Posudek prostorového vzpěru

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

Vzpěrná délka na prostorový vzpěr	l_{cr}	3,370	m
Pružné kritické zatížení	$N_{cr,T}$	231527,53	kN
Pružné kritické zatížení	$N_{cr,TF}$	1582,88	kN
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,T}$	0,78	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	
Vzpěr. křivka		c	
Imperfekce	α	0,49	
Redukční součinitel	χ	0,68	
Průřezová plocha	A	4,0752e-03	m ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	647,47	kN
Jedn. posudek		0,13	-

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	$W_{pl,z}$	1,7301e-04	m ³

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku			
Návrhová tlaková síla	N_{Ed}	82,19	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N_{Rk}	957,68	kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{z,Rk}$	40,66	kNm
Redukční součinitel	χ_y	0,76	
Redukční součinitel	χ_z	0,68	
Redukční součinitel	χ_{LT}	1,00	
Interakční součinitel	k_{yz}	0,40	
Interakční součinitel	k_{zz}	0,67	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B5 pozice 0,000 m.
Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B5 pozice 3,370 m.

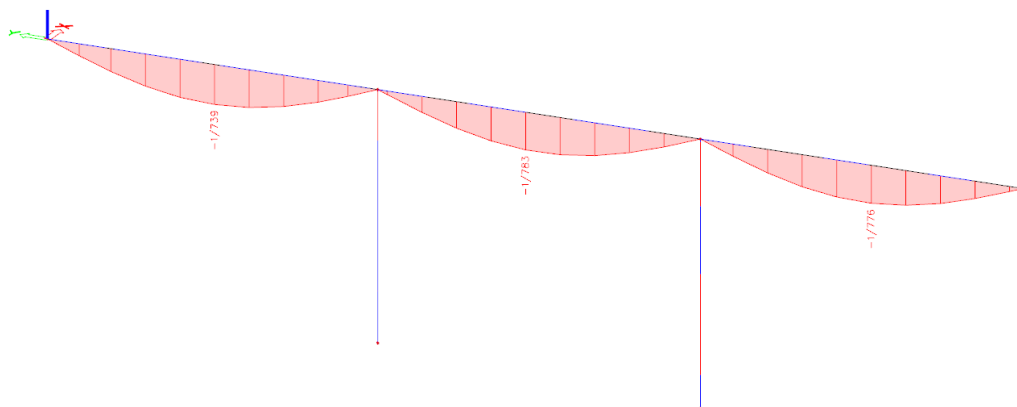
Parametry interakční metody 2		
Výsledný typ zatížení z		liniový moment M
Poměr koncových momentů	ψ_z	0,00
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mz}	0,60

Posudek (6.61) = 0,11 + 0,00 + 0,00 = 0,11 -
Posudek (6.62) = 0,13 + 0,00 + 0,00 = 0,13 -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

Posouzení MSP

1D deformace
Hodnoty: uzrel
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: LC7
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Pojmenovaný výběr - OK pro
vynesení vzhledu



$$\delta_{max} = \frac{L}{739}$$

Pozn.: Spočteno z návrhových hodnot zatížení

Vyhovuje

7. Závěr

Statický posudek vychází z podkladů předaných generálním projektantem a investorem a dále ze zatěžovacích údajů platných pro navrhování v daném území. Nosné prvky konstrukce byly posouzeny podle platných evropských norem (tzv. Eurokódů).

Z provedené statické analýzy vyplývá, že nosná konstrukce objektu **je potenciálně vhodná pro umístění fotovoltaické elektrárny.**

Tíha konstrukce FVE se předpokládá v maximální hodnotě **20 kg/m²**.

Instalace fotovoltaické elektrárny na zastřešení objektu je však podmíněna splněním všech doporučení a podmínek uvedených v kapitolách 4, 5 a 6 tohoto statického posudku - nutno zohlednit při zpracování navazujícího stupně projektové dokumentace (DPS či realizační dokumentace). Především je potřeba upozornit na následující skutečnosti:

- Vaznice jsou staticky využity na 100 % jejich únosnosti. Přetížení vaznic nad rámec hodnot uvedených v tomto posudku je nepřípustné. Průhyb vaznic překračuje kritéria doporučená v normě; pod vaznicemi se však nachází neobývaný prostor a zvýšený průhyb proto lze, podle názoru autora této zprávy, akceptovat. Pro konstrukci fotovoltaické elektrárny je nezbytné zvolit takový konstrukční systém, který nebude způsobovat lokální přetížení vaznic.
- Vaznice v severní části objektu - nesmí se zatěžovat poslední dvě vaznice u převislého konce nad terasou (viz strany 21 a 22 tohoto dokumentu).
- Konstrukci FVE je nutno rovnoměrně kotvit do vaznic (jižní či severní část střechy) či do vazníků VA2 (střední část střechy). Konstrukce FVE nesmí být kotvena pouze do horního pláště uloženého na laťování!

V tomto dokumentu zpracovaném ve stupni DSP se neposuzuje kotvení konstrukce FVE do nosné ocelové konstrukce zastřešení (předpokládá se však přímé kotvení do vaznic). Návrh a posudek kotvení konstrukce FVE musí být součástí navazujícího stupně projektové dokumentace (DPS či realizační dokumentace) při zohlednění konkrétního vybraného systému FVE.

- Konstrukční řešení FVE musí být zvoleno takové, aby při působení zatížení větrem nedocházelo k významnému navýšení účinků od zatížení větrem v porovnání se současným stavem. Optimálním řešením je, aby FV panely svým umístěním a sklonem lícovaly sklon střešní plochy objektu. Přípustný je rovněž malý odklon FV panelů od střešní roviny (do 15°), musí však být instalována ochrana proti podfouknutí pro všechny směry větru.
- Napětí v ocelových táhlech ztužujících dřevěné vazníky z lepeného lamelového dřeva dosahují hodnoty téměř 600 MPa. Táhl z běžné konstrukční oceli vystavené takovému namáhání nevyhovuje. Z dostupné dokumentace ani při prohlídce konstrukce se nepodařilo zjistit, z jakého materiálu je táhl vyrobeno. Před instalací konstrukce FVE je proto potřeba realizovat jedno z opatření uvedených na straně 41 tohoto dokumentu.
- Statický výpočet předpokládá maximální přípustné plošné zatížení od konstrukce FVE v hodnotě 20 kg/m². Tento předpoklad je nezbytné ověřit a staticky vyhodnotit při zpracování navazujícího stupně projektové dokumentace (DPS či realizační dokumentace), kdy již bude znám konkrétní vybraný systém FVE.

Statický výpočet je zpracován pro stupeň „DSP – Dokumentace pro stavební povolení“ a nenahrazuje další stupně projektové dokumentace.

Všechny změny oproti tomuto dokumentu musí být konzultovány se statikem (autory tohoto dokumentu). Konstrukce může být provozována pouze v souladu s projektem, zejména nesmí být upravována, přetěžována a musí být dodržován rozsah a intervaly pravidelných kontrolních prohlídek (pro ocelové konstrukční prvky dle normy ČSN 73 2604; pro dřevěné konstrukční prvky postupovat analogicky). Před zpracováním dokumentace pro provádění stavby (DPS) či realizační dokumentace je potřeba provést podrobnou kontrolní prohlídku, v rámci které se, kromě vyhodnocení reálného technického stavu konstrukce (především funkčnost konstrukčních prvků a spojů), provede rovněž kontrola správnosti všech relevantních předpokladů statického výpočtu. Výsledky této podrobné kontrolní prohlídky musí být zohledněny v navazujícím stupni projektové dokumentace. Výchozí prohlídku se doporučuje provést po instalaci FVE, následně je potřeba dodržovat doporučený interval běžných prohlídek konstrukce 1x za pět let.

Ostrava, Česká republika

19. 04. 2023

Autoři: doc. Ing. Vít Křivý Ph.D.
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb
číslo autorizace: ČKAIT 1104146

Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.