

stavba

CENTRUM OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

program Od myšlenky k výrobku 2

oddíl

D.1.2 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

zadavatel

Kraj Vysočina

Žižkova 57/1882
587 33 Jihlava

D. 1.2.2 Posouzení mechanické odolnosti a stability

Stavba: **SŠS Třebíč – Centrum obnovitelných zdrojů energie**

D.1.2 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Místo stavby: SŠS Třebíč
Kubišova 1214/9
674 01 Třebíč

Investor: **VYSOČINA**
Žižkova 57, 578 33 Jihlava
578 33 Jihlava

POSOUZENÍ MECHANICKÉ ODOLNOSTI A STABILITY

Vypracoval:

ing. Hugo Thiel

Datum:

leden 2015

D. 1. 2. 2

Archivní číslo:

4 – TH – 6910.2

Zakázkové číslo:

3 / 2015

1. Technická zpráva

Viz Technická zpráva ke stavebně konstrukčnímu řešení.

2. Uvažovaná zatížení na ocelovou konstrukci pro vynesení solárních trubcových panelů

ZS1 – Vlastní tíha

ZS2 – Solární trubcové panely

$$g = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

ZS3 – Sníh

- Třebíč -> II. sněhová oblast => $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

ZS4 – Vítr - tlak

- Třebíč – II. větrná oblast => $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru

$$v_{m,z} = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,99 * 1,0 * 25 = 24,75 \text{ m/s}$$

III. kategorie terénu => $z_0 = 0,3 \text{ m}$

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

$$z = 3,5 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 * (0,3/0,05)^{0,07} = 0,215$$

$$c_r(z) = k_r * \ln(z_{min}/z_0) = 0,215 * \ln(5/0,05) = 0,99$$

Maximální dynamický tlak

$$\sigma_v = k_r * v_b * k_1 = 0,215 * 25 * 1,0 = 5,375$$

$$lv(z) = \sigma_v / v_{m,z} = 5,375 / 24,75 = 0,217$$

$$q_p(z) = [1 + 7 * lv(z)] * 0,5 * \rho * v_{m,z}^2 = [1 + 7 * 0,217] * 0,5 * 1,25 * 24,75^2 = 964,40 \text{ N/m}^2$$

Tlak větru na povrchy

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,96 * c_{p,net} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$c_{p,net} = +2,2 \Rightarrow w_e = 0,96 * 2,2 = 2,11 \text{ kN/m}^2$$

ZS5 – Větr - sání

Tlak větru na povrchy

$$w_e = q_p(z_e) * c_{p,net} = 0,96 * c_{p,net} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$c_{p,net} = -1,5 \Rightarrow w_e = 0,96 * (-1,5) = \underline{-1,44 \text{ kN/m}^2}$$

3. Uvažovaná zatížení na konstrukce pro vynesení solárních fotovoltaických panelů na střechu domku školníka

ZS1 – Vlastní tíha**ZS2 – Fotovoltaické panely + držáky**

$$g = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

ZS3 – Sníh

$$- \text{ Třebíč } \rightarrow \text{ II. sněhová oblast } \Rightarrow s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = \underline{0,80 \text{ kN/m}^2}$$

ZS4 – Větr - tlak

$$- \text{ Třebíč } - \text{ II. větrná oblast } \Rightarrow v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru

$$v_{m,z} = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,933 * 1,0 * 25 = 25,93 \text{ m/s}$$

$$\text{II. kategorie terénu } \Rightarrow z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{min} = 2 \text{ m}$$

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

$$z = 6,8 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 * (0,05/0,05)^{0,07} = 0,19$$

$$c_r(z) = k_r * \ln(z/z_0) = 0,19 * \ln(6,8/0,05) = 0,933$$

Maximální dynamický tlak

$$\sigma_v = k_r * v_b * k_1 = 0,19 * 25 * 1,0 = 4,75$$

$$lv(z) = \sigma_v / v_{m,z} = 4,75 / 25,93 = 0,183$$

$$q_p(z) = [1 + 7 * lv(z)] * 0,5 * \rho * v_{m,z}^2 = [1 + 7 * 0,183] * 0,5 * 1,25 * 25,93^2 = 958,54 \text{ N/m}^2$$

Tlak větru na povrchy

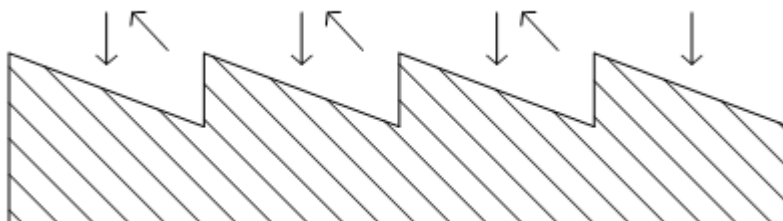
$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,96 * c_{pe,10} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Uvažované varianty působení větru:

Vítr příčný – tlak

$$c_{pe,10} = +0,4 \Rightarrow w_e = +0,38 \text{ kN/m}^2$$

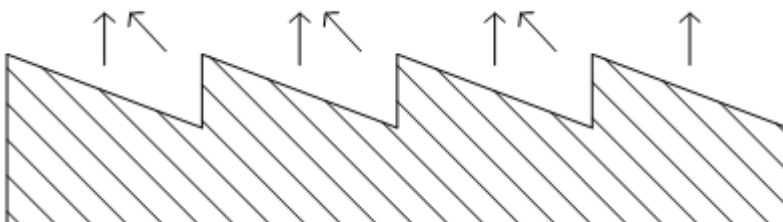
$$c_{pe,10} = -1,0 \Rightarrow w_e = -0,96 \text{ kN/m}^2$$



- $4 \cdot 6 \cdot 0,96 \cdot 1,58 \cdot 0,5 + 2 \cdot 5 \cdot 0,96 \cdot 1,58 \cdot 0,5 = 25,79 \text{ kN} (\leftarrow)$
- $4 \cdot 6 \cdot 0,38 \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 5 \cdot 0,38 \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 8,15 \text{ kN} (\leftarrow)$
- celkem $25,79 + 8,15 = \mathbf{33,94 \text{ kN} (\leftarrow)}$
- $4 \cdot 6 \cdot 0,38 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 5 \cdot 0,38 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 14,15 \text{ kN} (\downarrow)$
- celkem $\mathbf{14,15 \text{ kN} (\downarrow)}$

Vítr příčný – sání

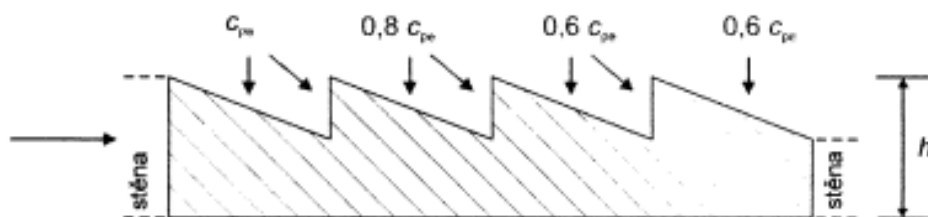
$$c_{pe,10} = -1,0 \Rightarrow w_e = -0,96 \text{ kN/m}^2$$



- $4 \cdot 6 \cdot 0,96 \cdot 1,58 \cdot 0,5 + 2 \cdot 5 \cdot 0,96 \cdot 1,58 \cdot 0,5 = 25,79 \text{ kN} (\leftarrow)$
- $4 \cdot 6 \cdot 0,96 \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 5 \cdot 0,96 \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 20,58 \text{ kN} (\rightarrow)$
- celkem $25,79 - 20,58 = \mathbf{5,21 \text{ kN} (\leftarrow)}$
- $4 \cdot 6 \cdot 0,96 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 5 \cdot 0,96 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 35,58 \text{ kN} (\uparrow)$
- celkem $\mathbf{35,58 \text{ kN} (\uparrow)}$

Vítr podélný (ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.10 a)

$$c_{pe,10} = -0,8 \Rightarrow w_e = -0,77 \text{ kN/m}^2$$

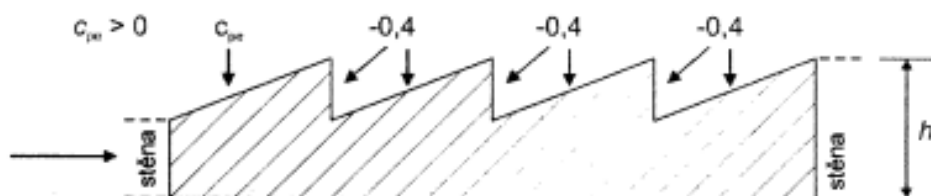


- $5 \cdot 0,77 \cdot 1,58 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,8 \cdot 0,77 \cdot 1,58 \cdot 0,5 + 3 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 0,77 \cdot 1,58 \cdot 0,5 = 12,04 \text{ kN} (\leftarrow)$
- $6 \cdot 0,8 \cdot 0,77 \cdot 1,58 \cdot 0,5 = 2,92 \text{ kN} (\rightarrow)$
- $6 \cdot 0,77 \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 5 \cdot 0,8 \cdot 0,77 \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,77 \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,58 \cdot 0,798 +$

- $3 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 0,77 \cdot \sin 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 11,70 \text{ kN} (\rightarrow)$
- celkem $-12,04 + 2,92 + 11,70 = \mathbf{2,58 \text{ kN} (\rightarrow)}$
- $6 \cdot 0,77 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 5 \cdot 0,8 \cdot 0,77 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,77 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 3 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 0,77 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 26,19 \text{ kN} (\uparrow)$
- celkem $\mathbf{26,19 \text{ kN} (\uparrow)}$

Vítr podélný (ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.10 b1)

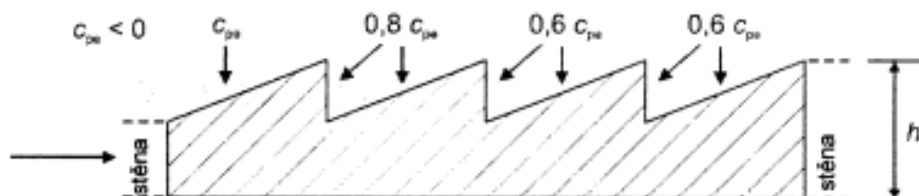
$$c_{pe,10} = +0,4 \Rightarrow w_e = +0,38 \text{ kN/m}^2$$



- $4 \cdot 6 \cdot 0,38 \cdot 1,58 \cdot 0,5 + 2 \cdot 5 \cdot 0,38 \cdot 1,58 \cdot 0,5 = 10,21 \text{ kN} (\rightarrow)$
- $6 \cdot 0,38 \cdot \sin 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 1,44 \text{ kN} (\rightarrow)$
- $3 \cdot 6 \cdot 0,38 \cdot \sin 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 5 \cdot 0,38 \cdot \sin 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 6,71 \text{ kN} (\leftarrow)$
- celkem $10,21 + 1,44 - 6,71 = \mathbf{4,94 \text{ kN} (\rightarrow)}$
- $6 \cdot 0,38 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 2,50 \text{ kN} (\downarrow)$
- $3 \cdot 6 \cdot 0,38 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 5 \cdot 0,38 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 11,65 \text{ kN} (\uparrow)$
- celkem $-2,50 + 11,65 = \mathbf{9,15 \text{ kN} (\uparrow)}$

Vítr podélný (ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.10 b2)

$$c_{pe,10} = -0,2 \Rightarrow w_e = -0,19 \text{ kN/m}^2$$



- $6 \cdot 0,8 \cdot 0,19 \cdot 1,58 \cdot 0,5 + 3 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot 1,58 \cdot 0,5 + 2 \cdot 5 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot 1,58 \cdot 0,5 = 3,24 \text{ kN} (\rightarrow)$
- $6 \cdot 0,19 \cdot \sin 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 6 \cdot 0,8 \cdot 0,19 \cdot \sin 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot \sin 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 5 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot \sin 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 3,03 \text{ kN} (\leftarrow)$
- celkem $3,24 - 3,03 = \mathbf{0,21 \text{ kN} (\rightarrow)}$
- $6 \cdot 0,19 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 6 \cdot 0,8 \cdot 0,19 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 + 2 \cdot 5 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot \cos 30 \cdot 1,58 \cdot 0,798 = 4,84 \text{ kN} (\uparrow)$
- celkem $\mathbf{4,84 \text{ kN} (\uparrow)}$

4. Návrh a posouzení zátěže proti sání větru

- jako zátěž proti sání větru bude použit beton ve vlnách trapézového plechu TR50/250-0,88 (v negativní poloze => široké vlny tvoří úžlabí)
 - celkový objem betonu v širokých vlnách trapézového plechu $V = 1,910 \text{ m}^3$
(plocha průřezu jedné široké vlny $0,00802675 \text{ m}^2$, délka všech širokých vln 238 m)
 - celková hmotnost betonu (2300 kg/m^3) $G = 2300 * 1,910 = 4393 \text{ kg} = 43,93 \text{ kN}$
 - vlastní hmotnost trapézového plechu TR50/250-0,88 $G = 523,6 \text{ kg} = 5,24 \text{ kN}$
 - vlastní tíha FV panelů s držáky panelů $G = 34 * 1,58 * 0,798 * 20 = 857 \text{ kg} = 8,57 \text{ kN}$
 - celková hmotnost působící proti sání větru je $G = 43,93 + 5,24 + 8,57 = 57,74 \text{ kN}$ (↓)
 - maximální síla od působícího sání větru je $W = 35,58 \text{ kN}$ (↑)
- => **hmotnost zátěže je větší než sání větru => vyhovuje**

5. Návrh opatření proti vodorovným účinkům větru

- jsou navrženy smykové zarážky => třecí součinitel $f = 0,5$
 - maximální působící třecí síla $H = 33,94 \text{ kN}$ (←) (při současně působícím tlaku větru $14,15 \text{ kN}$)
 - celková svislá tlaková síla působící proti tření je $G = 57,74 + 14,15 = 71,89 \text{ kN}$ (↓)
- => **tření $33,94 \text{ kN} < 0,5 * 71,89 = 35,95 \text{ kN}$ => vyhovuje**

6. Podklady

- Projekt architektonicko stavebního řešení, ing. arch. Michal Zlatuška
- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-3 Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1993-1-3 Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla –
Doplňující pravidla pro tenkostěnné a za studena tvarované prvky a plošné profily
- ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí - Navrhování styčníků
- ČSN EN 1090-2 +A1 Provádění ocelových konstrukcí
- ČSN 73 2604 Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí
pozemních a inženýrských staveb
- Statický software NEXIS

Vypracoval: ing. Aleš Kupča

Kontroloval: ing. Hugo Thiel

V Brně 29. 01. 2015