

## KOVOVÉ KONSTRUKCE

Konstrukce průmyslových budov

### STŘEŠNÍ ZTUŽIDLA

Brno 2004

## OBSAH

1 ZTUŽIDLA .....	5
1.1 STŘEŠNÍ ZTUŽIDLA .....	6
1.1.1 PŘÍČNĚ (VĚTROVÉ) ZTUŽIDLO V ROVINĚ STŘECHY .....	6
1.1.1.1 Geometrické schéma .....	6
1.1.1.2 Zatížení .....	7
1.1.1.3 Návrh a posouzení .....	16
1.1.1.3.1 Vnitřní síly a ohybové momenty – zatížení kolmé na rovinu střechy .....	16
1.1.1.3.2 Vnitřní síly a ohybové momenty – vodorovné účinky .....	17
1.1.1.3.3 Vnitřní síly a ohybové momenty – rekapitulace účinků návrhového zatížení .....	18
1.1.1.4 Vnitřní pás příčného ztužidla v rovině střechy (pás v řadě 2 nebo 7) .....	19
1.1.1.4.1 Prut $H_{2,3}$ .....	19
1.1.1.4.2 Prut $H_{2,2}$ .....	20
1.1.1.5 Vnější pás příčného ztužidla v rovině střechy (pás v řadě 1 nebo 8) .....	22
1.1.1.5.1 Prut $H_{1,3}$ , $H_{1,2}$ , $H_{1,1}$ .....	22
1.1.1.6 Vertikály – pruty $V_1$ , $V_2$ , $V_3$ , $V_4$ .....	22
1.1.1.7 Diagonály – pruty $D_1$ , $D_2$ , $D_3$ .....	23
1.1.1.8 Přípoje .....	24
1.1.1.9 Mezní stav použitelnosti .....	24
1.1.1.10 Seznam položek příčného ztužidla v rovině střechy .....	26
1.1.1.11 Konstrukční řešení v uložení ztužidla .....	26
1.1.2 PŘÍČNÁ SVISLÁ ZTUŽIDLA MEZI VAZNICEMI .....	27
1.1.2.1 Geometrické schéma .....	27
1.1.2.2 Zatížení .....	27
1.1.2.3 Návrh a posouzení .....	27
1.1.2.3.1 Dolní pás .....	27
1.1.2.3.2 Horní pás .....	27
1.1.2.3.3 Diagonály .....	27
1.1.2.3.4 Vertikály .....	27
1.1.2.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje .....	27
1.1.2.4 Mezní stav použitelnosti .....	27
1.1.2.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla .....	27
1.1.3 PODÉLNÁ (OKAPOVÁ) ZTUŽIDLA V ROVINĚ STŘECHY .....	28
1.1.3.1 Geometrické schéma .....	28
1.1.3.2 Zatížení .....	28
1.1.3.3 Návrh a posouzení .....	28
1.1.3.3.1 Dolní pás .....	28
1.1.3.3.2 Horní pás .....	28
1.1.3.3.3 Diagonály .....	28
1.1.3.3.4 Vertikály .....	28
1.1.3.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje .....	28
1.1.3.4 Mezní stav použitelnosti .....	28
1.1.3.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla .....	28
1.1.4 PODÉLNÉ ZTUŽIDLO VE SVISLÉ ROVINĚ .....	29
1.1.4.1 Geometrické schéma .....	29
1.1.4.2 Zatížení .....	29
1.1.4.3 Návrh a posouzení .....	29
1.1.4.3.1 Dolní pás .....	29
1.1.4.3.2 Horní pás .....	29
1.1.4.3.3 Diagonály .....	29

1.1.4.3.4 Vertikály.....	29
1.1.4.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje.....	29
1.1.4.4 Mezní stav použitelnosti.....	29
1.1.4.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla.....	29
1.2 STĚNOVÁ ZTUŽENÍ.....	30
1.2.1 ZTUŽENÍ V PODÉLNÉ STĚNĚ (SVISLÉ).....	30
1.2.1.1 Geometrické schéma.....	30
1.2.1.2 Zatížení.....	30
1.2.1.3 Návrh a posouzení.....	30
1.2.1.3.1 Vnější pás.....	30
1.2.1.3.2 Vnitřní pás.....	30
1.2.1.3.3 Diagonály.....	30
1.2.1.3.4 Vertikály.....	30
1.2.1.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje.....	30
1.2.1.4 Mezní stav použitelnosti.....	30
1.2.1.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla.....	30
1.2.2 ZTUŽENÍ V PODÉLNÉ STĚNĚ (VODOROVNÉ).....	30
1.2.2.1 Geometrické schéma.....	30
1.2.2.2 Zatížení.....	30
1.2.2.3 Návrh a posouzení.....	30
1.2.2.3.1 Vnější pás.....	30
1.2.2.3.2 Vnitřní pás.....	30
1.2.2.3.3 Diagonály.....	30
1.2.2.3.4 Vertikály.....	30
1.2.2.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje.....	30
1.2.2.4 Mezní stav použitelnosti.....	30
1.2.2.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla.....	30
1.2.3 ZTUŽENÍ V PŘÍČNÉ STĚNĚ (VODOROVNÉ).....	30
1.2.3.1 Geometrické schéma.....	30
1.2.3.2 Zatížení.....	30
1.2.3.3 Návrh a posouzení.....	30
1.2.3.3.1 Vnější pás.....	30
1.2.3.3.2 Vnitřní pás.....	30
1.2.3.3.3 Diagonály.....	30
1.2.3.3.4 Vertikály.....	30
1.2.3.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje.....	30
1.2.3.4 Mezní stav použitelnosti.....	30
1.2.3.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla.....	30
1.3 BRZDNÉ ZTUŽIDLO JEŘÁBOVÉ DRÁHY (BRZDNÝ PORTÁL).....	31
1.3.1 GEOMETRICKÉ SCHÉMA.....	31
1.3.2 ZATÍŽENÍ.....	31
1.3.3 NÁVRH A POSOUZENÍ.....	31
1.3.3.1 Vnější pás.....	31
1.3.3.2 Vnitřní pás.....	31
1.3.3.3 Diagonály.....	31
1.3.3.4 Vertikály.....	31
1.3.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje.....	31
1.3.3.6 Mezní stav použitelnosti.....	31
1.3.4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ V ULOŽENÍ ZTUŽIDLA.....	31
2 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	31

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1–1 Geometrie ztužidel.....	6
Obr. 1.1–2 – Vliv excentricity zatížení ztužidla.....	7
Obr. 1.1–3 – Půdorys umístění příčných střešních ztužidel.....	7
Obr. 1.1–4 – Čelní stěna haly – zatěžovací plochy.....	8
Obr. 1.1–5 – Rozdělení konstrukce haly na části pro určení rozměrů dilatačních úseků.....	8
Obr. 1.1–6 – Konstrukční uspořádání střešních nosných prvků a stabilizující síly.....	9
Obr. 1.1–7 – Statická schémata příčných ztužidel v rovině střechy.....	17
Obr. 1.1–8 Průřez prutu $H_{2,3}$ .....	19
Obr. 1.1–9 Průřez prutu $H_{2,2}$ .....	20
Obr. 1.1–10 Montážní styk prutu $H_{2,2}$ .....	20
Obr. 1.1–11 Průřez prutů $H_{1,3}$ , $H_{1,2}$ , $H_{1,1}$ .....	22
Obr. 1.1–12 Průřez prutů $V_1$ až $V_4$ .....	22
Obr. 1.1–13 Průřez prutů $D_1$ , $D_2$ , $D_3$ .....	23
Obr. 1.1–14 Označení proměnných prostě uloženého nosníku.....	24
Obr. 1.1–15 Schéma pro určení deformace příčného ztužidla v rovině střechy.....	25

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1-1 Svislé zatížení ztužidla.....	10
Tab. 1.1-2 Vodorovné zatížení ztužidla.....	11
Tab. 1.1-3 Kombinace zatížení – charakteristické (normové) zatížení.....	12
Tab. 1.1-4 Kombinace zatížení – návrhové (výpočtové) zatížení.....	12
Tab. 1.1-5 Rekapitulace styčnickových břemen pro kombinace návrhových zatížení v provozním stavu.....	17
Tab. 1.1-6 Vnitřní síly v prutech příčného ztužidla v rovině střechy – vodorovné účinky.....	18
Tab. 1.1-7 Vnitřní síly v prutech příčného ztužidla v rovině střechy – rekapitulace.....	18
Tab. 1.1-8 Pořadnice příčinkové čáry průhybu uprostřed nosníku.....	24
Tab. 1.1-9 Dílčí deformace příčného ztužidla v rovině střechy.....	25

## 1 ZTUŽIDLA

Nosná ocelová konstrukce je vytvořena z jednotlivých částí (položek nebo dílců). Připoje mezi těmito částmi nejsou obvykle dostatečně tuhé. Proto musí být do nosné konstrukce vkládána ztužidla.

Podle umístění ztužidel v objektu je lze rozdělit na:

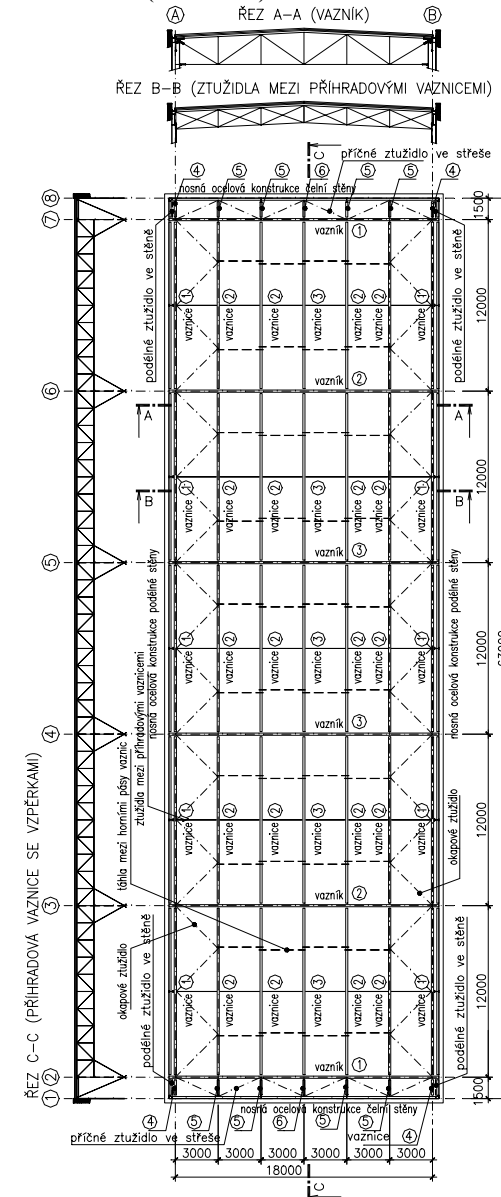
- střešní ztužidla, která tvoří nedílnou součást střešní konstrukce. Zajišťují stabilitu a tuhost konstrukce a přenášejí zatížení od vodorovných účinků, zejména větru (dále např. od podvěsných jeřábů atd.), do podpěrné konstrukce střechy. Soustavu střešních ztužidel tvoří (viz [Obr. 1.1-1](#)):
  - příčné (větrové) ztužidlo, v rovině střechy;
  - příčná ztužidla mezi vaznicemi ve svislé rovině;
  - podélné(a) ztužidlo(a) ve svislé rovině;
  - okapová ztužidla (podélná) v rovině střechy;
- stropní ztužidla (v případě, že je objekt vícepodlažní) – tato ztužidla bývají navržena zejména na přenesení stabilitních účinků sil (vyplyvajících z účinků vzpěru nebo klopení na nosnicích), nebo na případné vodorovné brzdné síly od provozu,
- stěnová ztužidla, která lze dále rozdělit na ta, která jsou
  - umístěna svisle, v rovině stěn, nebo
  - vodorovně, kolmo k rovině stěn,
- brzdná ztužidla, která zachycují účinky provozu v objektu a která lze rozdělit na:
  - vodorovná ztužidla (v rovině stropní konstrukce)
  - svislá, v rovině stěn, nebo

Podle konstrukčního uspořádání lze ztužidla rozdělit na systém:

- rámový,
- příhradový,
- stěnový,
- deskový.

## 1.1 STŘEŠNÍ ZTUŽIDLA

### 1.1.1 PŘÍČNÉ (VĚTROVÉ) ZTUŽIDLO V ROVINĚ STŘECHY



#### 1.1.1.1 Geometrické schéma

Příčné větrové ztužidlo je příhradový nosník umístěný rovnoběžně se střešní rovinou. Hlavním úkolem příčného ztužidla je přenést vodorovné vnější síly působící podél budovy (kolmo na vazníky) a zajistit tlacené pásy vazníků proti vybočení.

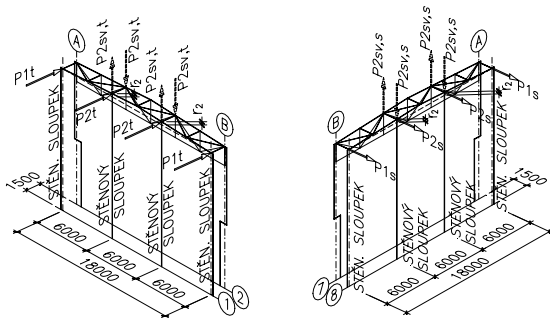
V řešeném případě je zvolena možnost dvou ztužidel symetricky umístěných podél čelních stěn mezi řadami 1-2 a 7-8. Jeden pás ztužidla (v řadě 1 nebo 8) tedy tvoří stěnové prvky, uložené v rovině horních pasů vazníků. Druhý pás ztužidla tvoří horní pás vazníku v řadě 2 nebo 7. Vertikály tvoří vaznice. Diagonály budou vytvořeny vloženými pruty. Svislice příhradové soustavy jsou tvořeny vaznicemi na rozpon 1500 mm a diagonály jsou zvlášť vložené pruty.

Obr. 1.1-1 Geometrie ztužidel

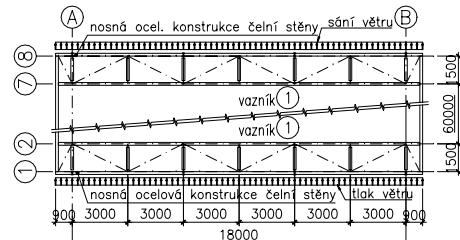
1.1.1.2 Zatížení

Zatížení příčných střešních ztužidel lze rozdělit z hlediska typu a směru působení na :

- zatížení působící jako **spojité rovnoměrné ve svislé rovině** (zatížení tíhou střešního pláště a sněhem): toto zatížení bude namáhat vertikály ztužidla (pruty č. 5 v **Obr. 1.1-1**) smykem a šikmým ohybem, resp. kroucením (pruty č.5 budou vynášet střešní plášť a proto budou natočené a výslednice zatížení nebude obecně procházet středem smyku pro příslušný profil prutu);
- zatížení působící jako **spojité rovnoměrné v rovině kolmé na rovinu střešního pláště** (zatížení střešního pláště větrem): toto zatížení bude namáhat vertikály ztužidla (pruty č. 5 v **Obr. 1.1-1**) smykem a ohybem;
- zatížení působící jako **osamělé síly a to:**
  - **ve svislé rovině:**
    - **akce sloupů čelní stěny** – ztužidlo je lomené ve sklonu střechy, čímž vzniknou v jednotlivých přímo zatížených uzlech (a samozřejmě i v každém protilehlém uzlu) svislé síly z momentů od vodorovných sil (akce sloupů čelní stěny na styčníky ztužidla) na svislých ramenech (délka ramene je vzdálenost působíště vodorovné síly od roviny uložení ztužidel). Momenty (vzhledem k rovině uložení ztužidel) budou vyvozovat dvojice svislých sil. Tyto síly přenesou prvky, které jsou schopné přenášet svislá zatížení. V řešeném případě to jsou na jedné straně stěnové prvky v řadě 1 nebo 8 a na druhé straně je to vazník v řadě 2 nebo 7 – viz **Obr. 1.1-2**. V řadě 1 (8) budou přenášet svislá zatížení, tj. sílu P2sv,t resp. P2sv,s stěnové sloupky. V řešeném příkladu budou síly vyvozovat v jednotlivých prutech ztužidla namáhání tlakem nebo tahem.



Obr. 1.1-2 – Vliv excentricity zatížení ztužidla

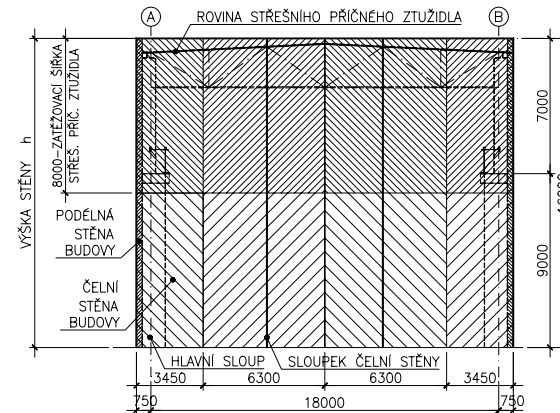


Obr. 1.1-3 – Půdorys umístění příčných střešních ztužidel

- **osamělé břemeno** – svislá síla v nejnepříznivější poloze (viz [2], čl. 86 d). V řešeném příkladu nebude vliv tohoto zatížení zahrnutý do kombinace zatížení, protože evidentně nepřispívá ke vzniku extrému zatížení;

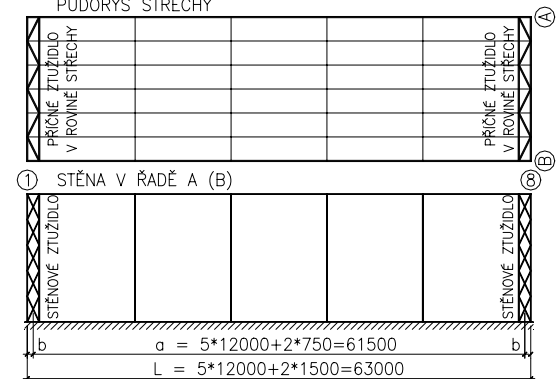
• v rovině střešního pláště:

- **akce sloupů čelní stěny** – síly, vyvozené zatížením od větru na čelní stěny, působí na uzly vnějšího pásu ztužidla – viz **Obr. 1.1-2**, síly P1t (P1s), resp. P2t (P2s). Zatížení závisí na opření čelních stěn do nosné ocelové konstrukce haly. Pokud není čelní stěna vyztužena vodorovným nosníkem, o který by se opíraly stěnové sloupky, odpovídá zatěžovací šířka připadající na střešní ztužidlo polovině výšky čelní stěny. V dále řešeném příkladu je uvažováno opření čelních stěnových sloupů jen dole do základů a nahoře do příčné rovině větrového ztužidla a zatěžovací šířka připadající na střešní ztužidlo je tedy polovina výšky čelní stěny (viz **Obr. 1.1-3** a **Obr. 1.1-4**). Do ztužidel se přenášejí účinky větru působící na štítové stěny budovy. Světliky ani jiné výstupky na střeše nejsou. Krytina střechy je uvažována hladká. V případě jiného povrchu je třeba zvážit u zatížení větrem i tření na povrchu budov (viz [2], Tab. 22). V řešeném příkladu budou síly vyvozovat v jednotlivých prutech ztužidla namáhání tlakem nebo tahem;



Obr. 1.1-4 – Čelní stěna haly – zatěžovací plochy

• vodorovné síly v styčních ztužidla od oteplení (ochlazení) konstrukce

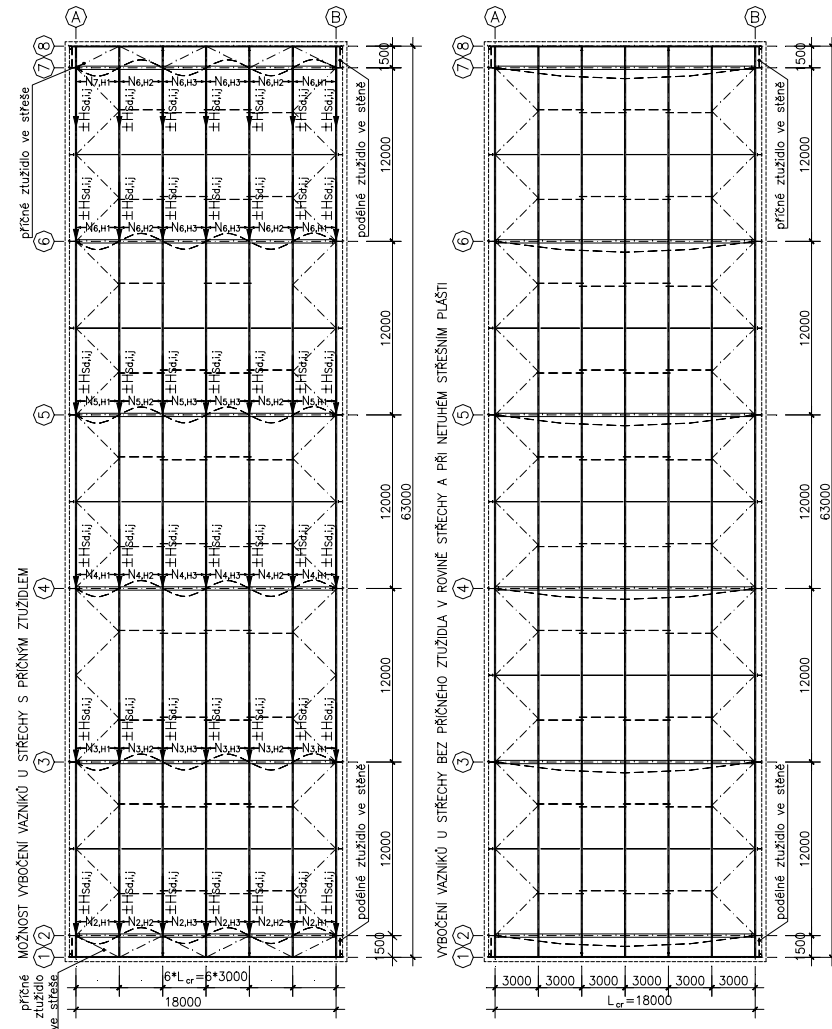


Obr. 1.1-5 – Rozdělení konstrukce haly na části pro určení rozměrů dilatačních úseků

– síly působí na uzly vnitřního pásu ztužidla (pruty horního pásu vazníku v řadě 2 nebo 7), ve kterých jsou ztužidla propojena (vaznicemi). V řešeném příkladu vznikají síly vlivem překročení mezního rozměru dilatačního úseku – viz **Obr. 1.1-5** dále. Síly budou vyvozovat v jednotlivých prutech ztužidla namáhání tlakem nebo tahem; Další vliv, který je

nutné vyhodnotit, je mezní vzdálenost mezi ztužidly  $a$  (viz [3], čl. 3.3.2.1). V řešeném příkladu, vzhledem k přestoupení mezní vzdálenosti  $a$  mezi ztužidly, je nutné posoudit vodorovná střešní ztužidla na silové vlivy, jež jsou způsobeny tepelnými změnami.

- stabilizující síly** – síly působí na uzly vnitřního pásu ztužidla (pruty horního pásu vazníku v řadě 2 nebo 7 – viz **Obr. 1.1-6** dále), ve kterých jsou tlačené pásy vazníků zabezpečované proti vybočení. V řešeném příkladu vznikají stabilizující síly od stálého zatížení a od zatížení sněhem a budou vyvozovat v jednotlivých prutech ztužidla namáhání tlakem nebo tahem;



**Obr. 1.1-6** – Konstruktivní uspořádání střešních nosných prvků a stabilizující síly

Stabilizující síly jsou určeny (v souladu s [3], článek C.2.5) jako 1/100 z aritmetického průměru tlakových sil v prutech zabezpečovaného horního pásu v jednotlivých styčnicích horního pásu vazníku. Pro určení velikosti sil je rozhodující konstruktivní uspořádání – viz **Obr. 1.1-6**.

Soubor: C:\Vut-Fast\Připravky\C-731401\Hala\Pracovní\ZTUŽIDLA-V261-1.doc

Zpracoval: Ing. Miloslav Veselka

Datum tisku: 28. září 2004

Kontroloval: .....

Při návrhu konstrukce střechy jako celku je pak nutné vyhodnotit i vzpěrné délky ( $L_{cr}$ ) pro vybočení prutů horního pásu vazníků z roviny vazníků; na **Obr. 1.1-6** vlevo je vzpěrná délka podstatně menší a vzpěrná únosnost jednotlivých prutů horního pásu vazníků tedy bude podstatně větší než při uspořádání konstrukce vykresleném vpravo. Pro nosnou konstrukci jako celek je tedy uspořádání vlevo z hlediska spotřeby materiálu zřejmě výhodnější.

Hodnoty tlakových sil v prutech horního pásu vazníku jsou určeny pro zatížení převzaté z kapitoly 2 **VAZNÍKY**. Při určení velikosti stabilizující síly lze vycházet ze vztahů

$$H_{Sd,i,j} = \frac{N_{i,j,L} + N_{i,j,P}}{2 \cdot 100}, \quad F_{Sd,j} = \frac{\sum H_{Sd,i,j}}{n},$$

kde  $H_{Sd,i,j}$  je dílčí stabilizující síla pro každý vazník (první až  $i$ -tý), která působí na střešní ztužidlo ve styčnici  $j$ ;

$N_{i,j,L}; (N_{i,j,P})$  je tlaková osová síla v pásovém prutu, který končí (začíná) ve styčnici  $j$ ; obecně se musí tlakové síly vyšetřit v každém vazníku (obecně tedy v prvním až  $i$ -tém vazníku)

$F_{Sd,j}$  je výsledná stabilizující síla, která působí na střešní ztužidlo ve styčnici  $j$ ;

$i$  je celkový počet vazníků (v řešeném příkladu  $i=6$ );

$n$  je počet příčných ztužidel v rovině střechy (v řešeném příkladu  $n=2$ ).

**Tab. 1.1-1** Svislé zatížení ztužidla

ZS č.	STÁLÉ	$X_k$ [kN/bm]	$\gamma_f$	$X_d$ [kN/bm]
ZS 1	hydroizolace ... 0,1*ZŠ=0,1*12=1,2	1,20	1,20	1,44
ZS 2	hydroizolace ... 0,1*ZŠ=0,1*12=1,2	1,20	0,90	1,08
ZS 3	tepelná izolace 2,0 kN/m <sup>3</sup> ; tl. 160 mm; 2*0,16*ZŠ=2*0,16*3=0,96	0,96	1,20	1,15
ZS 4	tepelná izolace 2,0 kN/m <sup>3</sup> ; tl. 160 mm; 2*0,16*ZŠ=2*0,16*3=0,96	0,96	0,90	1,10
ZS 5	nosná část pláště – trapézový plech; 0,13*ZŠ=0,13*3=0,39	0,39	1,10	0,43
ZS 6	nosná část pláště – trapézový plech; 0,13*ZŠ=0,13*3=0,39	0,39	0,90	0,35
ZS 7	vlastní tíha – odhad	0,13	1,10	0,14
ZS 8	vlastní tíha – odhad	0,13	0,90	0,12

ZS č.	NAHODILÉ	$X_k$ [kN/bm]	$\gamma_f$	$X_d$ [kN/bm]
ZS 9	<p><b>Sněh</b></p> <p><math>s_k = s_0 \cdot \mu_s \cdot \kappa \cdot Z\dot{S} = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,16 \cdot 3 = 1,74 \text{ kN/m}</math> ;</p> <p><math>s_0 \dots 0,5 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>\kappa \dots</math> pro charakteristickou tíhu zastřešení od zatížení stálého <math>(0,1+0,32+0,13+0,13/3)=0,59 \text{ kN/m}^2</math> je 1,16</p> <p><math>\mu_s \dots</math> pro sklon střechy 5% je 1,0</p> <p>zatížení působí na půdorysnou plochu zatížení</p>	1,74	1,40	2,44
ZS 10	<p><b>Vítr – sání na střechu</b></p> <p><math>w_{k,\uparrow} = w_0 \cdot \kappa_w \cdot C_w \cdot Z\dot{S} = 0,55 \cdot 1,13 \cdot (-0,84) \cdot 3 = 1,57 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_0 \dots 0,55 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>\kappa_w \dots</math> pro výšku objektu cca 16 m a terén typu A ... 1,13</p> <p><math>C_w \dots</math> extrém bude pro poměr výšky objektu <math>h</math> cca 16 m a šířky objektu <math>b</math> cca 19 m, tj. 0,84 ... - 0,84</p> <p>zatížení působí kolmo na střešní rovinu</p>	1,57	1,20	1,88

Soubor: C:\Vut-Fast\Připravky\C-731401\Hala\Pracovní\ZTUŽIDLA-V261-1.doc

Zpracoval: Ing. Miloslav Veselka

Datum tisku: 28. září 2004

Kontroloval: .....

ZS č.	NAHODILÉ	$X_k$ [kN/bm]	$\gamma_f$	$X_d$ [kN/bm]
ZS 10a	<b>Svislé přitížení od akce sloupu čelní stěny</b> (viz <a href="#">Obr. 1.1-2</a> ): $P_{2,sv,t,k} = (w_{k,\rightarrow} \cdot \text{zat. š. sloupku}) \frac{r_2}{\ell} = (3,98 \cdot 6,30) \frac{0,3}{1,5} = 5,0 \text{ kN}$ $P_{2,sv,s,k} = (w_{k,\leftarrow} \cdot \text{zat. š. sloupku}) \frac{r_2}{\ell} = (2,98 \cdot 6,30) \frac{0,3}{1,5} = 3,8 \text{ kN}$ $w_{k,\rightarrow}; w_{k,\leftarrow} \dots$ viz zatěžovací stavy <a href="#">ZS 13</a> a <a href="#">ZS 14</a> níže; <i>dále viz Pozn. 1);</i>	<b>5,0 kN</b> <b>3,8 kN</b>	<b>1,20</b>	<b>6,0 kN</b> <b>4,6 kN</b>
ZS 11	<b>Osamělé břemeno</b> (OB) v nejnepříznivější poloze; <i>dále viz Pozn. 2);</i>	<b>1,0 kN</b>	<b>1,20</b>	<b>1,2 kN</b>

Tab. 1.1-2 Vodorovné zatížení ztužidla

ZS č.	STÁLÉ	$X_k$ [kN]	$\gamma_f$	$X_d$ [kN]
ZS 12	<b>Stabilizující síly</b> v bodech (styčnicích), ve kterých jsou tlačené pásy vazníků zabezpečované proti vybočení, od stálého zatížení; <i>dále viz Pozn. 3);</i> - styčnick v řadě A (B) ... $F_{Sd,g,1}$ ; - první styčnick od řady A (B) ... $F_{Sd,g,2}$ ; - druhý styčnick od řady A (B) ... $F_{Sd,g,3}$ ; - styčnick v ose vazníku (ve hřebeni střechy) ... $F_{Sd,g,4}$ ;	<b>±1,5</b> <b>±3,1</b> <b>±3,8</b> <b>±4,9</b>		<b>±1,8</b> <b>±3,3</b> <b>±4,4</b> <b>±5,4</b>

ZS č.	NAHODILÉ	$X_k$ [kN]	$\gamma_f$	$X_d$ [kN]
ZS 13	<b>Vítr – tlak na čelní stěnu</b> $w_{k,\rightarrow} = w_0 \cdot \kappa_w \cdot C_w \cdot Z\dot{S} = 0,55 \cdot 1,13 \cdot 0,8 \cdot 8 = 3,98 \text{ kN/m}$ $w_0 \dots 0,55 \text{ kN/m}^2$ $\kappa_w \dots$ pro výšku objektu cca 16 m a terén typu A ... 1,13 $C_w \dots$ pro návětrnou stranu objektu ... 0,8 $Z\dot{S} \dots$ zatěžovací šířka střešního ztužidla viz <a href="#">Obr. 1.1-4</a> zatížení působí kolmo na rovinu stěny $P_{1,t,k} = w_k \cdot \text{zat. š. sloupku} = 3,98 \cdot 3,45 = 13,7 \text{ kN}$ $P_{2,t,k} = w_k \cdot \text{zat. š. sloupku} = 3,98 \cdot 6,30 = 25,1 \text{ kN}$	<b>13,7</b> <b>25,1</b>	<b>1,20</b> <b>1,20</b>	<b>16,4</b> <b>30,1</b>
ZS 14	<b>Vítr – sání na čelní stěnu</b> $w_{k,\leftarrow} = w_0 \cdot \kappa_w \cdot C_w \cdot Z\dot{S} = 0,55 \cdot 1,13 \cdot (-0,6) \cdot 8 = -2,98 \text{ kN/m}$ $w_0 \dots 0,55 \text{ kN/m}^2$ $\kappa_w \dots$ pro výšku objektu cca 16 m a terén typu A ... 1,13 $C_w \dots$ pro závětrnou stranu objektu ... - 0,6 $Z\dot{S} \dots$ zatěžovací šířka střešního ztužidla viz <a href="#">Obr. 1.1-4</a> zatížení působí kolmo na rovinu stěny $P_{1,s,k} = w_k \cdot \text{zat. š. sloupku} = -2,98 \cdot 3,45 = -10,3 \text{ kN}$ $P_{2,s,k} = w_k \cdot \text{zat. š. sloupku} = -2,98 \cdot 6,30 = -18,8 \text{ kN}$	<b>-10,3</b> <b>-18,8</b>	<b>1,20</b> <b>1,20</b>	<b>-12,4</b> <b>-22,6</b>

Soubor: C:\Vut-Fast\Připravy\C-731401\Hala\PracovníZTUŽIDLA-V261-1.doc

Zpracoval: Ing. Miloslav Veselka

Datum tisku: 28. září 2004

Kontroloval:.....

ZS č.	NAHODILÉ	$X_k$ [kN]	$\gamma_f$	$X_d$ [kN]
ZS 15	<b>Stabilizující síly</b> v bodech (styčnicích), ve kterých jsou tlačené pásy vazníků zabezpečované proti vybočení a pro zatížení sněhem (ZS 9); <i>dále viz Pozn. 3);</i> - styčnick v řadě A (B) ... $F_{Sd,s,1}$ ; - první styčnick od řady A (B) ... $F_{Sd,s,2}$ ; - druhý styčnick od řady A (B) ... $F_{Sd,s,3}$ ; - styčnick v ose vazníku (ve hřebeni střechy) ... $F_{Sd,s,4}$ ;	<b>±1,0</b> <b>±1,8</b> <b>±2,3</b> <b>±2,8</b>		<b>±1,3</b> <b>±2,6</b> <b>±3,3</b> <b>±4,1</b>
ZS 16	<b>Vodorovná síla</b> v styčnicích ztužidla od oteplení (ochlazení) konstrukce; <i>dále viz Pozn. 4);</i> - styčnick v řadě A (B) ... $F_{Sd,t,1}$ ; - první styčnick od řady A (B) ... $F_{Sd,t,2}$ ; - druhý styčnick od řady A (B) ... $F_{Sd,t,3}$ ; - styčnick v ose vazníku (ve hřebeni střechy) ... $F_{Sd,t,4}$ ;	<b>[kN]</b> <b>±3,9</b> <b>±3,2</b> <b>±2,9</b> <b>±2,8</b>	<b>1,2</b>	<b>[kN]</b> <b>±4,7</b> <b>±3,8</b> <b>±3,5</b> <b>±3,4</b>

Tab. 1.1-3 Kombinace zatížení – charakteristické (normové) zatížení

Č.	ZATĚŽOVACÍ STAVY – <i>dále viz Pozn. 5)</i>	NÁVRHOVÁ SITUACE
<b>K 1</b>	ZS6; ZS8; 0,9 × ZS10; 0,9 × ZS13; 0,9 × extrém ZS16	<b>montáž</b>
<b>K 2</b>	ZS6; ZS8; 0,9 × ZS10; 0,9 × ZS14; 0,9 × extrém ZS16	<b>montáž</b>
<b>K 3</b>	ZS1; ZS3; ZS5; ZS7; 0,9 × ZS9; 0,9 × ZS10; extrém ZS12; 0,9 × ZS13; 0,9 × extrém ZS15; 0,9 × extrém ZS16	<b>provoz</b>
<b>K 4</b>	ZS1; ZS3; ZS5; ZS7; 0,9 × ZS9; 0,9 × ZS10; extrém ZS12; 0,9 × ZS14; 0,9 × extrém ZS 15; 0,9 × extrém ZS 16	<b>provoz</b>

Tab. 1.1-4 Kombinace zatížení – návrhové (výpočtové) zatížení

Č.	ZATĚŽOVACÍ STAVY – <i>dále viz Pozn. 5)</i>	NÁVRHOVÁ SITUACE
<b>K 1</b>	ZS6; ZS8; 0,9 × ZS10; 0,9 × ZS13; 0,9 × extrém ZS16	<b>montáž</b>
<b>K 2</b>	ZS6; ZS8; 0,9 × ZS10; 0,9 × ZS14; 0,9 × extrém ZS16	<b>montáž</b>
<b>K 3</b>	ZS1; ZS3; ZS5; ZS7; 0,9 × ZS9; 0,9 × ZS10; extrém ZS12; 0,9 × ZS13; 0,9 × extrém ZS15; 0,9 × extrém ZS16	<b>provoz</b>
<b>K 4</b>	ZS1; ZS3; ZS5; ZS7; 0,9 × ZS9; 0,9 × ZS10; extrém ZS12; 0,9 × ZS14; 0,9 × extrém ZS 15; 0,9 × extrém ZS 16	<b>provoz</b>

**Poznámky:**

**Pozn. 1)** Síla od svislého přitížení od akce sloupu čelní stěny (ZS 10a) bude vyhodnocena jako součást zatěžovacího stavu ZS 10.

**Pozn. 2)** Svislé osamělé břemeno nebylo do kombinace uvažované, protože jeho vliv v kombinaci by nezajistil vznik extrémů vnitřních sil – zejména proto, že pro dvě nahodilá zatížení bude použitý součinitel kombinace  $\psi = 0,9$  pro každé z nahodilých zatížení, která mohou působit nezávisle na sobě.

Soubor: C:\Vut-Fast\Připravy\C-731401\Hala\PracovníZTUŽIDLA-V261-1.doc

Zpracoval: Ing. Miloslav Veselka

Datum tisku: 28. září 2004

Kontroloval:.....

**Pozn. 3)** Je zřejmé, že by stabilizující síly měly být určeny pro každý zatěžovací stav dle **Tab. 1.1-1 (ZS)**, který vyzvojuje tlakové síly ( $N_{i,j,L}$  nebo  $N_{i,j,P}$ ) v horních (zabezpečených) pásech vazníků. Dále je zřejmé, že zatížení stabilizujícími silami (viz **ZS 12** a **ZS 15** výše) vzniká jako důsledek těch zatěžovacích stavů, které vyzvojují tlak v horním páse každého z vazníků a proto musí působit současně (tj. jakoby jediný zatěžovací stav). Současně je však nutné vyhodnotit, zda i v příslušné kombinaci zatížení budou jednotlivé zatěžovací stavy působit tak, že v horním páse vazníků vzniknou tlakové síly ( $N_{i,j,L}$ ,  $N_{i,j,P}$  jako normálová tlaková síla).

Předpoklady pro určení stabilizujících sil v řešeném příkladu:

- není nutné určovat v kombinacích zatížení pro montážní stádia (kombinace zatěžovacích stavů **K 1** a **K 2**) stabilizující síly pro zatěžovací stavy od stálého zatížení a pro zatížení větrem – tato zatížení vyzvojují v horním páse vazníků tahové síly;
- stabilizující síly v **ZS 12** nebyly počítané zvlášť pro každé zatížení, protože nejnepríznivější stav nastane v provozním stádiu zejména tehdy, pokud bude uvažované s celou skladbou střechního pláště;
- velikost stabilizujících sil, které budou zatěžovat jednotlivé styčníky příčného ztužidla v rovině střechy je určena následujícím způsobem:
  - pro **ZS 12** – stabilizující síly od stálého zatížení – (tj. pro zatěžovací stavy ZS1, ZS3, ZS5, ZS7, ZS9 jak jsou definované v kapitole **2 VAZNÍKY** pro vazník V2), budou styčnicková břemena vazníku V2 mít velikost:

$$P1_k = (g_{ZS1} + g_{ZS3} + g_{ZS5} + g_{ZS7} + g_{ZS9}) \cdot 1,5 = (1,2 + 3,84 + 1,56 + 1,15 + 2,4) \cdot 1,5 = 15,2 \text{ kN}$$

$$P2_k = (g_{ZS1} + g_{ZS3} + g_{ZS5} + g_{ZS7} + g_{ZS9}) \cdot 3,0 = (1,2 + 3,84 + 1,56 + 1,15 + 2,4) \cdot 3,0 = 30,5 \text{ kN}$$

$$P1_d = (g_{ZS1} + g_{ZS3} + g_{ZS5} + g_{ZS7} + g_{ZS9}) \cdot 1,5 = (1,44 + 4,61 + 1,72 + 1,26 + 2,64) \cdot 1,5 = 17,5 \text{ kN}$$

$$P1_d = (g_{ZS1} + g_{ZS3} + g_{ZS5} + g_{ZS7} + g_{ZS9}) \cdot 3,0 = (1,44 + 4,61 + 1,72 + 1,26 + 2,64) \cdot 3,0 = 35,0 \text{ kN}$$

- pro výše uvedená styčnicková břemena lze stanovit normálové síly v prutech horního páse vazníku V2, přitom výsledky platí i pro vazník V3 (geometrie a uložení vazníku viz kapitola **2 VAZNÍKY**):

$$N_{V2,H1,k} = N_{V2,H2,k} = 117,1 \text{ kN}, N_{V2,H1,d} = N_{V2,H2,d} = 134,8 \text{ kN},$$

$$N_{V2,H3,k} = 182,7 \text{ kN}, N_{V2,H3,d} = 210,3 \text{ kN};$$

- pro výše uvedené normálové síly v prutech horního páse lze stanovit dílčí stabilizující síly v horním páse vazníku V2 (platí současně i pro vazník V3):

- ve styčníku v řadě A (B):

$$H_{Sd,2,1,k} \sim 0 \text{ kN}; H_{Sd,2,1,d} \sim 0 \text{ kN},$$

- v prvním vnitřním styčníku od řady A (B):

$$H_{Sd,2,2,k} = \frac{N_{2,2,L} + N_{2,2,P}}{2 \cdot 100} = \frac{117,1 + 117,1}{2 \cdot 100} = 1,2 \text{ kN}; H_{Sd,2,2,d} = 1,3 \text{ kN},$$

- v druhém vnitřním styčníku od řady A (B):

$$H_{Sd,2,3,k} = \frac{N_{2,3,L} + N_{2,3,P}}{2 \cdot 100} = \frac{117,1 + 182,7}{2 \cdot 100} = 1,5 \text{ kN}; H_{Sd,2,3,d} = 1,7 \text{ kN},$$

- styčník v ose vazníku (ve hřebeni střechy):

$$H_{Sd,2,4,k} = \frac{N_{2,4,L} + N_{2,4,P}}{2 \cdot 100} = \frac{182,7 + 182,7}{2 \cdot 100} = 1,9 \text{ kN}; H_{Sd,2,4,d} = 2,1 \text{ kN}.$$

- protože v kapitole **2 VAZNÍKY** byl počítán jen jeden typ vazníku (vazník V2 pro zatěžovací šířku 12 m), bude pro vazník V1 (zatěžovací šířka vazníku V1 odpovídá hodnotě  $0,75 + 6 = 6,75$  m) proveden přepočet normálových sil v horním páse vazníku V1 v poměru  $6,75/12$ . Dílčí stabilizující síly v horním páse vazníku V1 pak jsou:

- ve styčníku v řadě A (B):

$$H_{Sd,1,1,k} \sim 0 \text{ kN}; H_{Sd,1,1,d} \sim 0 \text{ kN};$$

- v prvním vnitřním styčníku od řady A (B):

$$H_{Sd,1,2,k} = 1,2 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,7 \text{ kN}; H_{Sd,1,2,d} = 1,3 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,7 \text{ kN},$$

- v druhém vnitřním styčníku od řady A (B):

$$H_{Sd,1,3,k} = 1,5 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,8 \text{ kN}; H_{Sd,1,3,d} = 1,7 \cdot \frac{6,75}{12} = 1,0 \text{ kN}$$

- styčník v ose vazníku (ve hřebeni střechy):

$$H_{Sd,1,4,k} = 1,9 \cdot \frac{6,75}{12} = 1,1 \text{ kN}; H_{Sd,1,4,d} = 2,1 \cdot \frac{6,75}{12} = 1,2 \text{ kN}.$$

- pro výše uvedené dílčí stabilizující síly v prutech horních pásů vazníků lze stanovit stabilizující síly v jednotlivých styčnicích příčného ztužidla v rovině střechy:

- stabilizující síla ve styčníku v řadě A (B):

$$F_{Sd,g,1,k} = \frac{\sum H_{Sd,i,1,k}}{n} = \frac{0}{2} = 0 \text{ kN}; F_{Sd,g,1,d} = \frac{0}{2} = 0 \text{ kN},$$

- stabilizující síla v prvním vnitřním styčníku od řady A (B):

$$F_{Sd,g,2,k} = \frac{\sum H_{Sd,i,2,k}}{n} = \frac{2 \cdot 0,7 + 4 \cdot 1,2}{2} = 3,1 \text{ kN}; F_{Sd,g,2,d} = \frac{2 \cdot 0,7 + 4 \cdot 1,3}{2} = 3,3 \text{ kN},$$

- stabilizující síla v druhém vnitřním styčníku od řady A (B):

$$F_{Sd,g,3,k} = \frac{\sum H_{Sd,i,3,k}}{n} = \frac{2 \cdot 0,8 + 4 \cdot 1,5}{2} = 3,8 \text{ kN}; F_{Sd,g,3,d} = \frac{2 \cdot 1,0 + 4 \cdot 1,7}{2} = 4,4 \text{ kN},$$

- stabilizující síla ve styčníku v ose vazníku (ve hřebeni střechy):

$$F_{Sd,g,4,k} = \frac{\sum H_{Sd,i,4,k}}{n} = \frac{2 \cdot 1,1 + 4 \cdot 1,9}{2} = 4,9 \text{ kN}; F_{Sd,g,4,d} = \frac{2 \cdot 1,2 + 4 \cdot 2,1}{2} = 5,4 \text{ kN}.$$

- pro **ZS 15** – stabilizující síly od zatížení plným sněhem – (tj. pro zatěžovací stav **ZS 11**, jak je definovaný v kapitole **2 VAZNÍKY** pro vazník V2), budou styčnicková břemena vazníku V2:

$$P1_k = q_{ZS11} \cdot 1,5 = 6,36 \cdot 1,5 = 9,5 \text{ kN}; P2_k = q_{ZS11} \cdot 3,0 = 6,36 \cdot 3,0 = 19,1 \text{ kN}$$

$$P1_d = q_{ZS11} \cdot 1,5 = 8,9 \cdot 1,5 = 13,4 \text{ kN}; P2_d = q_{ZS11} \cdot 3,0 = 8,9 \cdot 3,0 = 26,7 \text{ kN}$$

- pro výše uvedená styčnicková břemena lze stanovit normálové síly v prutech horního páse vazníku V2, přitom výsledky platí i pro vazník V3 (geometrie vazníku a uložení viz kapitola **2 VAZNÍKY**):

$$N_{V2,H1,k} = N_{V2,H2,k} = 73,2 \text{ kN}, N_{V2,H3,k} = 114,2 \text{ kN};$$

$$N_{V2,H1,d} = N_{V2,H2,d} = 103,2 \text{ kN}, N_{V2,H3,d} = 161,0 \text{ kN};$$

- pro výše uvedené normálové síly v prutech horního páse lze stanovit dílčí stabilizující síly v horním páse vazníku V2 (platí současně i pro vazník V3):

- ve styčníku v řadě A (B):

$$H_{Sd,2,1,k} \sim 0 \text{ kN}; H_{Sd,2,1,d} \sim 0 \text{ kN},$$

- v prvním vnitřním styčníku od řady A (B):

$$H_{Sd,2,2,k} = \frac{N_{2,2,L} + N_{2,2,P}}{2 \cdot 100} = \frac{73,2 + 73,2}{2 \cdot 100} = 0,7 \text{ kN}; H_{Sd,2,2,d} = 1,0 \text{ kN},$$

- v druhém vnitřním styčníku od řady A (B):

$$H_{Sd,2,3,k} = \frac{N_{2,3,L} + N_{2,3,P}}{2 \cdot 100} = \frac{73,2 + 114,2}{2 \cdot 100} = 0,9 \text{ kN}; H_{Sd,2,3,d} = 1,3 \text{ kN},$$

- styčník v ose vazníku (ve hřebeni střechy):

$$H_{Sd,2,4,k} = \frac{N_{2,4,L} + N_{2,4,P}}{2 \cdot 100} = \frac{114,2 + 114,2}{2 \cdot 100} = 1,1 \text{ kN}; H_{Sd,2,4,d} = 1,6 \text{ kN}.$$

- protože v kapitole 2 **VAZNÍKY** byl počítán jen jeden typ vazníku (vazník V2 pro zatěžovací šířku 12 m), bude pro vazník V1 (zatěžovací šířka odpovídá hodnotě  $0,75+6=6,75$  m) proveden přepočítání normálových sil v horním páse vazníku V1 v poměru 6,75/12. Dílčí stabilizující síly v horním páse vazníku V1 pak jsou:

- ve styčnicku v řadě A (B):

$$H_{Sd,1,1,k} \sim 0 \text{ kN}; H_{Sd,1,1,d} \sim 0 \text{ kN};$$

- v prvním vnitřním styčnicku od řady A (B):

$$H_{Sd,1,2,k} = 0,7 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,4 \text{ kN}; H_{Sd,1,2,d} = 1,0 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,6 \text{ kN},$$

- v druhém vnitřním styčnicku od řady A (B):

$$H_{Sd,1,3,k} = 0,9 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,5 \text{ kN}; H_{Sd,1,3,d} = 1,3 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,7 \text{ kN},$$

- styčnick v ose vazníku (ve hřebeni střechy):

$$H_{Sd,1,4,k} = 1,1 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,6 \text{ kN}; H_{Sd,1,4,d} = 1,6 \cdot \frac{6,75}{12} = 0,9 \text{ kN}.$$

- pro výše uvedené dílčí stabilizující síly v prutech horních pásů vazníků lze stanovit stabilizující síly jednotlivých styčnicích příčného ztužidla v rovině střechy:

- stabilizující síla ve styčnicku v řadě A (B):

$$F_{Sd,s,1,k} = \frac{\sum H_{Sd,i,1,k}}{n} = \frac{0}{2} = 0 \text{ kN}; F_{Sd,s,1,d} = \frac{0}{2} = 0 \text{ kN},$$

- stabilizující síla v prvním vnitřním styčnicku od řady A (B):

$$F_{Sd,s,2,k} = \frac{\sum H_{Sd,i,2,k}}{n} = \frac{2 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,7}{2} = 1,8 \text{ kN}; F_{Sd,s,2,d} = \frac{2 \cdot 0,6 + 4 \cdot 1,0}{2} = 2,6 \text{ kN},$$

- stabilizující síla v druhém vnitřním styčnicku od řady A (B):

$$F_{Sd,s,3,k} = \frac{\sum H_{Sd,i,3,k}}{n} = \frac{2 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,9}{2} = 2,3 \text{ kN}; F_{Sd,s,3,d} = \frac{2 \cdot 0,7 + 4 \cdot 1,3}{2} = 3,3 \text{ kN},$$

- stabilizující síla ve styčnicku v ose vazníku (ve hřebeni střechy):

$$F_{Sd,s,4,k} = \frac{\sum H_{Sd,i,4,k}}{n} = \frac{2 \cdot 0,6 + 4 \cdot 1,1}{2} = 2,8 \text{ kN}; F_{Sd,s,4,d} = \frac{2 \cdot 0,9 + 4 \cdot 1,6}{2} = 4,1 \text{ kN}.$$

**Pozn. 4)** Síly jsou určeny v souladu s [4], čl. 94, pro rozdíly teplot  $\Delta_a = \pm 20^\circ \text{C}$  dle [3] Tabulka 3.1. Délková změna úseku mezi příčnými (větrovými) ztužidly v rovině střechy bude činit  $\pm \Delta_a = \alpha \cdot \Delta_t \cdot a = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 61500 = 14,76 \text{ mm}$ ;

Pro určení vodorovné síly  $F_{Sd,i}$  v každém styčnicku ztužidla od oteplení (ochlazení) je nutné nejprve určit vodorovné deformace ztužidla  $\delta_a$  od vodorovné jednotkové síly  $F = \pm 1$  působící v každém styčnicku ztužidla. Je předpokládáno, že v uložení ztužidla může nastat vodorovná deformace, protože podpory pro každé příčné ztužidlo v rovině střechy tvoří stěnová ztužidla v řadě A a v řadě B (viz Obr. 1.1-5). Vodorovná deformace je pak stanovena pomocí příčkových čáry deformace a činí:

- ve styčnicku v řadě A (B):  $\delta_1 = \pm 3,81 \text{ mm}$ ,
- v prvním vnitřním styčnicku od řady A (B):  $\delta_2 = \pm 4,56 \text{ mm}$ ,
- v druhém vnitřním styčnicku od řady A (B):  $\delta_3 = \pm 5,11 \text{ mm}$ ,
- styčnick v ose vazníku (ve hřebeni střechy):  $\delta_4 = \pm 5,32 \text{ mm}$ .

Jednotlivé síly v místech spojení obou ztužidel (tzn. v jednotlivých styčnicích příčného ztužidla v rovině střechy) budou mít velikost:

- ve styčnicku v řadě A (B):  $\pm F_{Sd,t,1} = \Delta_a / \delta_1 = 14,76 / 3,81 = 3,9 \text{ kN}$ ,
- v prvním vnitřním styčnicku od řady A (B):  $\pm F_{Sd,t,2} = \Delta_a / \delta_2 = 14,76 / 4,56 = 3,2 \text{ kN}$ ,

- v druhém vnitřním styčnicku od řady A (B):  $\pm F_{Sd,t,3} = \Delta_a / \delta_3 = 14,76 / 5,11 = 2,9 \text{ kN}$ ,
- styčnick v ose vazníku (ve hřebeni střechy):  $\pm F_{Sd,t,4} = \Delta_a / \delta_4 = 14,76 / 5,32 = 2,8 \text{ kN}$ .

Součinitel zatížení dle [2], čl. 261 je pro klimatické teploty  $\alpha_j = 1,2$ .

**Pozn. 5)** Pro sestavení kombinací zatížení byl použitý postup dle [2], Změna a – 8/1991, čl. 54B, odstavec a). V řešeném příkladu bude nutné uvažovat:

- svislé zatížení působící na vertikály ztužidel (tzn. na vaznice na rozpon 1500 mm);
- vodorovné zatížení od:
  - tlaku (sání) větru na čelní stěnu jako vodorovnou sílu do styčnic ztužidla,
  - stabilizačních sil,
  - sil od oteplení (ochlazení konstrukce).

V kombinacích je použitý součinitel kombinace  $\alpha_{c,2} = 0,9$  a to proto, že byly vytvořeny kombinace se třemi různými krátkodobými zatíženími. Za první zatížení krátkodobé lze považovat zatížení větrem na čelní stěnu a na střechu, druhé zatížení krátkodobé je sníh a stabilizující síly od sněhu a třetí zatížení krátkodobé je zatížení od oteplení (ochlazení) – viz [2], čl. 55.

Je zřejmé, že výčet kombinací zatěžovacích stavů uvedený výše není úplný. Sestavení úplného výčtu kombinací však není nikterak složité.

### 1.1.1.3 Návrh a posouzení

Pro zvolená statická schémata budou určeny vnitřní síly (případně ohybové momenty) působící na jednotlivé pruty. Dále bude následovat jednotlivých prutů a jejich přípojů z hlediska mezního stavu únosnosti a nakonec posudek ztužidla z hlediska mezního stavu použitelnosti.

Při volbě statického modelu je možné vzít v úvahu následující argumenty:

- lze uvažovat přenos účinků ztužidla na hlavní sloupy v místě uložení vazníku na sloup, ztužidlo je na sloupech uloženo kloubově,
- ztužidlo bude řešeno jako prutová soustava se styčnickými ideálně kloubovými, tzn. za předpokladu, že vznikají pouze osové síly, tlakové nebo tahové. Ve skutečnosti jsou pruty výpletu zatíženy minimálně vlastní tíhou. K osovým silám tak přistupuje ještě ohyb prutů. V praktických případech je vždy nutné rozhodnout, zda se musí takto vzniklé účinky na konstrukci vyhodnotit.
- každé ztužidlo přenáší současně s jinými zatíženími buďto jen tlak větru (na návětrnou stranu čelní stěny) nebo jen sání větru (na závětrnou stranu čelní stěny).

#### 1.1.1.3.1 Vnitřní síly a ohybové momenty – zatížení kolmé na rovinu střechy

V důsledku sklonu střechy bude nutné vektor spojitého stálého zatížení a vektor zatížení sněhem rozložit do směru kolmo na střešní rovinu a rovnoběžně se střešní rovinou. Sání větru působí kolmo na střešní rovinu, která má sklon  $5^\circ$  ( $2,86^\circ$ ). Potom bude:

$$g_{Sd,g,||} = (g_{ZS1} + g_{ZS3} + g_{ZS5} + g_{ZS7}) \cdot \sin 2,86^\circ = (1,44 + 1,15 + 0,43 + 0,14) \cdot \sin 2,86^\circ = 0,15 \text{ kN / bm}$$

$$g_{Sd,g,\perp} = (g_{ZS1} + g_{ZS3} + g_{ZS5} + g_{ZS7}) \cdot \cos 2,86^\circ = (1,44 + 1,15 + 0,43 + 0,14) \cdot \cos 2,86^\circ = 3,16 \text{ kN / bm};$$

$$q_{Sd,s,||} = 0,9 \cdot q_{ZS9} \cdot \sin 2,86^\circ = 0,9 \cdot 2,44 \cdot \sin 2,86^\circ = 0,11 \text{ kN / bm}$$

$$q_{Sd,s,\perp} = 0,9 \cdot q_{ZS9} \cdot \cos 2,86^\circ = 0,9 \cdot 2,44 \cdot \cos 2,86^\circ = 2,2 \text{ kN / bm};$$

$$q_{Sd,w,\perp} = 0,9 \cdot q_{ZS10} = 0,9 \cdot (-1,88) = -1,7 \text{ kN / bm}.$$

Zatížení bude vyvozovat účinky na vertikály příčného ztužidla v rovině střechy. Tyto vertikály lze z konstrukčního hlediska považovat jako prostě uložené vaznice na rozpon  $\ell = 1,5$  m. Potom bude pro dané zatížení:

$$M_{Sd,y,max} = \frac{(g_{Sd,g,\perp} + q_{Sd,s,\perp} + q_{Sd,w}) \cdot \ell^2}{8} = \frac{(3,16 + 2,2 - 1,7) \cdot 1,5^2}{8} = -1,03 \text{ kNm}; V_z = 0$$

$$V_{z,max} = \frac{(g_{Sd,g,\perp} + q_{Sd,s,\perp} + q_{Sd,w}) \cdot \ell}{8} = \frac{(3,16 + 2,2 - 1,7) \cdot 1,5}{8} = 0,7 \text{ kN}; M_{Sd,y,max} = 0$$

$$M_{Sd,z} = \frac{(g_{Sd,g,\parallel} + q_{Sd,s,\parallel}) \cdot \ell^2}{8} = \frac{(0,15 + 0,11) \cdot 1,5^2}{8} = 0,07 \text{ kNm}; V_y = 0$$

$$V_y = \frac{(g_{Sd,g,\parallel} + q_{Sd,s,\parallel}) \cdot \ell}{8} = \frac{(0,15 + 0,11) \cdot 1,5}{8} = -0,05 \text{ kN}; M_{Sd,z} = 0$$

Vislé síly od akcí sloupů čelní stěny (P2sv,t, resp. P2sv,s) na příčné střešní ztužidlo v rovině střechy přenesou sloupky čelní stěny a vazník v řadě 2 nebo 7 – viz Obr. 1.1-2.

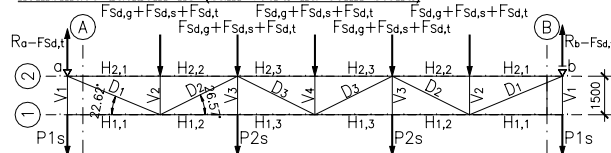
Vislé síly od stabilizujících sil a od oteplení, resp. ochlazení konstrukce na příčné střešní ztužidlo v rovině střechy přenesou pásy příčného střešního ztužidla v rovině střechy. V dalším výpočtu nebyly uvažované.

1.1.1.3.2 Vnitřní síly a ohybové momenty – vodorovné účinky

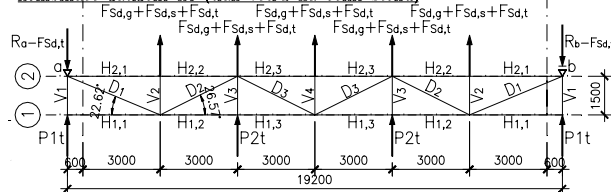
Tab. 1.1-5 Rekapitulace styčnickových břemen pro kombinace návrhových zatížení v provozním stavu

Kombinace	Styčnick	Vitr tlak P1t <sub>d</sub> [kN]	Vitr tlak P2t <sub>d</sub> [kN]	Vitr sání P1s <sub>d</sub> [kN]	Vitr sání P2s <sub>d</sub> [kN]	Stabil. síla zat. - stálé F <sub>Sd,g,d</sub> [kN]	Stabil. síla zat. - sněh F <sub>Sd,s,d</sub> [kN]	Oteplení (ochlazení) F <sub>Sd,t,d</sub> [kN]	Styčnickové břemeno F <sub>Sd,d</sub> [kN]
K3	A (B)	~	0,9*12,4=11,2	~	~	0,9*1,8=1,6	0,9*1,3=1,2	0,9*4,7=4,2	7,0
	první vnitřní	~	~	~	~	0,9*3,3=3,0	0,9*2,6=2,3	0,9*3,8=3,4	8,7
	druhý vnitřní	~	~	~	0,9*22,6=20,3	0,9*4,4=4,0	0,9*3,3=3,0	0,9*3,5=3,2	10,2
	v ose střechy	~	~	~	~	0,9*5,4=4,9	0,9*4,1=3,7	0,9*3,4=3,1	11,7
K4	A (B)	0,9*16,4=14,8	~	~	~	0,9*1,8=1,6	0,9*1,3=1,2	0,9*4,7=4,2	7,0
	první vnitřní	~	~	~	~	0,9*3,3=3,0	0,9*2,6=2,3	0,9*3,8=3,4	8,7
	druhý vnitřní	~	~	0,9*30,1=30,1	~	0,9*4,4=4,0	0,9*3,3=3,0	0,9*3,5=3,2	10,2
	v ose střechy	~	~	~	~	0,9*5,4=4,9	0,9*4,1=3,7	0,9*3,4=3,1	11,7

Kombinace zatížení K3 (sání větru na čelní stěnu)



Kombinace zatížení K4 (tlak větru na čelní stěnu)



Obr. 1.1-7 – Statická schémata příčných ztužidel v rovině střechy

61-1.doc  
troloval:.....

Normálové síly v jednotlivých prutech pro statická schémata uvedená na Obr. 1.1-7 byly stanoveny styčnickovou metodou a jejich rekapitulace je v Tab. 1.1-6.

Tab. 1.1-6 Vnitřní síly v prutech příčného ztužidla v rovině střechy – vodorovné účinky

Prut	K3 [kN]	K4 [kN]	Rozhoduje síla [kN]	Poznámky
H <sub>1,1</sub>	0	0	0	
H <sub>1,2</sub>	230,1 (tah)	223,9 (tlak)	223,9 (tlak)	Pro dimenzi průřezu 230,1 (tah)
H <sub>1,3</sub>	230,1 (tah)	223,9 (tlak)	223,9 (tlak)	Pro dimenzi průřezu 230,1 (tah)
H <sub>2,1</sub>	135,0 (tlak)	131,6 (tah)	135,0 (tlak)	
H <sub>2,2</sub>	135,0 (tlak)	131,6 (tah)	135,0 (tlak)	
H <sub>2,3</sub>	241,8 (tlak)	235,6 (tah)	241,8 (tlak)	
D <sub>1</sub>	146,3 (tah)	142,6 (tlak)	142,6 (tlak)	Pro dimenzi průřezu 146,3 (tah)
D <sub>2</sub>	106,3 (tlak)	103,2 (tah)	106,3 (tlak)	
D <sub>3</sub>	13,1 (tah)	13,8 (tlak)	13,8 (tlak)	
V <sub>1</sub>	11,2 (tah)	14,8 (tlak)	14,8 (tlak)	
V <sub>2</sub>	8,7 (tlak)	8,7 (tah)	8,7 (tlak)	
V <sub>3</sub>	20,3 (tah)	30,1 (tlak)	30,1 (tlak)	
V <sub>4</sub>	11,7 (tlak)	11,7 (tah)	11,7 (tah)	
R <sub>a</sub> = R <sub>b</sub>	60,45	73,85		

1.1.1.3.3 Vnitřní síly a ohybové momenty – rekapitulace účinků návrhového zatížení

Tab. 1.1-7 Vnitřní síly v prutech příčného ztužidla v rovině střechy – rekapitulace

Prut	K3 Normálová síla [kN]	K3 Ohybové momenty [kNm]	K4 Normálová síla [kN]	K4 Ohybové momenty [kNm]	Poznámky
H <sub>1,1</sub>	0	0	0	0	
H <sub>1,2</sub>	230,1 (tah)	0	223,9 (tlak)	0	
H <sub>1,3</sub>	230,1 (tah)	0	223,9 (tlak)	0	
H <sub>2,1</sub>	135,0 (tlak)	~0	131,6 (tah)	~0	
H <sub>2,2</sub>	135,0 (tlak)	~0	131,6 (tah)	~0	
H <sub>2,3</sub>	241,8 (tlak)	~0	235,6 (tah)	~0	
D <sub>1</sub>	146,3 (tah)	0	142,6 (tlak)	0	
D <sub>2</sub>	106,3 (tlak)	0	103,2 (tah)	0	
D <sub>3</sub>	13,1 (tah)	0	13,8 (tlak)	0	

Prut	K3 Normálová síla [kN]	K3 Ohybové momenty [kNm]	K4 Normálová síla [kN]	K4 Ohybové momenty [kNm]	Poznámky
V <sub>1</sub>	11,2 (tah)	M <sub>Sd,y</sub> = -1,03 M <sub>Sd,z</sub> = 0,07	14,8 (tlak)	M <sub>Sd,y</sub> = -1,03 M <sub>Sd,z</sub> = 0,07	Ohybové momenty jsou stejné jako u V2 až V4, i když zatěžovací šířka pro prut V1 je menší
V <sub>2</sub>	8,7 (tlak)	M <sub>Sd,y</sub> = -1,03 M <sub>Sd,z</sub> = 0,07	8,7 (tah)	M <sub>Sd,y</sub> = -1,03 M <sub>Sd,z</sub> = 0,07	
V <sub>3</sub>	20,3 (tah)	M <sub>Sd,y</sub> = -1,03 M <sub>Sd,z</sub> = 0,07	30,1 (tlak)	M <sub>Sd,y</sub> = -1,03 M <sub>Sd,z</sub> = 0,07	
V <sub>4</sub>	11,7 (tlak)	M <sub>Sd,y</sub> = -1,03 M <sub>Sd,z</sub> = 0,07	11,7 (tah)	M <sub>Sd,y</sub> = -1,03 M <sub>Sd,z</sub> = 0,07	
R <sub>a</sub>	60,45	~0	73,85	~0	
R <sub>b</sub>	60,45	~0	73,85	~0	

Jednotlivé pruty, přípoje prutů ve styčnicích a styky příčného tužidla v rovině střechy je nutné dimenzovat na síly odpovídající nejnepříznivější kombinaci návrhových zatížení.

Diagonály a pásy příčného tužidla v rovině střechy budou posuzované na centrický tah nebo tlak. Vertikály jsou namáhané tahem a ohybem nebo tlakem a ohybem.

Diagonály a vertikály budou připojené na styčnickový plech pomocí šroubů. Vnější pás příčného tužidla v rovině střechy (v řadě 1 nebo 8) bude propojený pomocí šroubového styku s příložkami. Jedná se o montážní styky, které je nutné z přepravních důvodů navrhnout a konstruovat (důvody – maximální možný rozměr a/nebo maximální možná váha).

#### 1.1.1.4 Vnitřní pás příčného tužidla v rovině střechy (pás v řadě 2 nebo 7)

Je zřejmé, že pásy příčného tužidla v rovině střechy v řadě 2 nebo 7 je nutné posoudit nejen jako součást tužidla, ale superponovat účinky na tužidlo v tomto pásu s účinky na vazník v řadě 2 (7). Vazníky v těchto řadách (v kapitole 2 **VAZNÍKY** označené jako V1) nebyly počítané. Jejich dimenze by ale vycházely z předpokladu, že zatížení vazníku V1 ku zatížení vazníku V2 je v poměru jejich zatěžovacích šířek, tj. v poměru (0,75+6,0)/12 = 0,5625. Tímto poměrem budou vynásobené účinky na vazník V2.

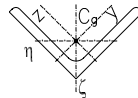
V dalším textu je vyhodnocovaná pouze provozní návrhová situace, montážní návrhové situace by ale byly vyhodnocované obdobně.

##### 1.1.1.4.1 Prut H<sub>2,3</sub>

###### Navržen profil L 160x160/16 (S235):

$$A = 4900 \text{ mm}^2; i_y = 61,4 \text{ mm}; i_z = 31,4 \text{ mm};$$

Obr. 1.1–8 Průřez prutu H<sub>2,3</sub>



posudek profilu v provozní návrhové situaci:

Normálová síla od zatížení v provozní návrhové situaci pro vazník V1:

$$N_{Sd,H3} = 370,74 \cdot 0,5625 = 208,5 \text{ kN (tlak)},$$

Účinek svislé síly od akcí sloupů čelní stěny (pro zatěžovací stav **ZS 10a**), zjištěný průsečnou metodou:  $N_{Sd,H3,\downarrow} = P_{2,sv,t} \cdot (9,0 - 3,0)/2,247 = 6,0 \cdot (9,0 - 3,0)/2,247 = 16,0 \text{ kN (tlak)}$ ,

Výsledná síla v posuzovaném prutu:

$$N_{Sd,H2,3} = N_{Sd,H3} + N_{Sd,H2,2} + N_{Sd,H3,\downarrow} = 208,5 + 241,8 + 16,0 = 466,3 \text{ kN}$$

Zatřídění průřezu  $h/t = 160/16 = 10 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1 = 10 \dots$  třída 1.

Soubor: C:\Vut-Fast\Připrav\1\C-731401\Hala\Pracovní\ZTUŽIDLA-V261-1.doc

Zpracoval: Ing. Miloslav Veselka

Datum tisku: 28. září 2004

Kontroloval: .....

Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose  $\left\{ \begin{array}{l} \eta - \eta \dots L_{cr,\eta} = 3004 \text{ mm}, \\ \xi - \xi \dots L_{cr,\xi} = 3004 \text{ mm}. \end{array} \right.$

Štíhlost prutu  $\left\{ \begin{array}{l} \lambda_{\eta} = L_{cr,\eta}/i_{\eta} = 3004/31,4 = 95,7 \\ \lambda_{\xi} = L_{cr,\xi}/i_{\xi} = 3004/61,4 = 48,9 \end{array} \right\}$  rozhoduje  $\lambda_{\eta} = 95,7$ ;

srovnávací štíhlost  $\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,9$ ;

poměrná štíhlost  $\bar{\lambda}_{\eta} = (\lambda_{\eta}/\lambda_1) = 95,7/93,9 = 1,02$ ; pro průřez 1. třídy je  $\beta_A = 1$ .

Hodnotu součinitele vzpěrnosti  $\chi_{\min}$  lze pro křivku c (pro válcované nosníky,  $\alpha_1 = 0,49$ ) určit pro  $\bar{\lambda}_{\eta}$  dle přílohy E, nebo z následujících vzorců:

$$\phi_{\eta} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda}_{\eta} - 0,2) + \bar{\lambda}_{\eta}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,02 - 0,2) + 1,02^2] = 1,22$$

$$\chi_{\eta} = \frac{1}{\phi_{\eta} + \sqrt{\phi_{\eta}^2 - \bar{\lambda}_{\eta}^2}} = \frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 - 1,02^2}} = 0,53$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

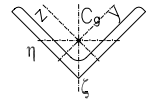
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,53 \cdot 1 \cdot 4900 \cdot 235}{1,15} = 530,0 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd,H2,3} = 466,3 \text{ kN}$$

Prut H<sub>2,3</sub> v provozním stadiu vyhoví na vzpěrný tlak.

#### 1.1.1.4.2 Prut H<sub>2,2</sub>

##### Navržen profil L 140x140/16 (S235):

Obr. 1.1–9 Průřez prutu H<sub>2,2</sub>



posudek profilu v provozní návrhové situaci:

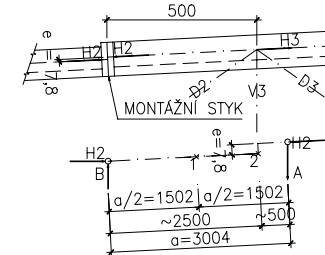
Normálová síla od zatížení v provozní návrhové situaci pro vazník V1:

$$N_{Sd,H2} = 243,17 \cdot 0,5625 = 136,8 \text{ kN (tlak)},$$

Účinek svislé síly od akcí sloupů čelní stěny (pro zatěžovací stav **ZS 10a**), zjištěný průsečnou metodou:  $N_{Sd,H2,\downarrow} = P_{2,sv,t} \cdot 3,0/1,948 = 6,0 \cdot 3,0/1,948 = 9,2 \text{ kN (tlak)}$ ,

Výsledná síla v posuzovaném prutu:

$$N_{Sd,H2,2} = N_{Sd,H2} + N_{Sd,H2,2} + N_{Sd,H2,\downarrow} = 136,8 + 135,0 + 9,2 = 281,0 \text{ kN}$$



Jak je patrné z **Obr. 1.1–10** bude na prutu taktéž nutné zajistit odstupňování průřezu v dílenském i v montážním styku.

##### Obr. 1.1–10 Montážní styk prutu H<sub>2,2</sub>

Vlivem odstupňování, tzn. změnou polohy těžištní osy prutu, dojde ke vzniku excentricity  $e = 7,8 \text{ mm}$  a tím ke vzniku přídatného ohybového momentu.

Přídavný ohybový moment:

$$M_e = N_{Sd,H2,2} \cdot e = 281,0 \cdot 10^3 \cdot 7,8 = 2,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm},$$

$$A = B = M_e/a = 2,2 \cdot 10^6 / 3004 = 732,4 \text{ N}$$

Přídavný ohybový moment uprostřed prutu (v bodu 1)

$$M_1 = A \cdot a/2 = 732,4 \cdot 1502 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Nmm},$$

Přídavný ohybový moment v místě odstupňování (v bodu 2)

Soubor: C:\Vut-Fast\Připrav\1\C-731401\Hala\Pracovní\ZTUŽIDLA-V261-1.doc

Zpracoval: Ing. Miloslav Veselka

Datum tisku: 28. září 2004

Kontroloval: .....

$$M_2 = B \cdot 2500 = 732,4 \cdot 2500 = 1,83 \cdot 10^6 \text{ Nmm},$$

v místě odstupňování průřezu:

Vliv vzpěru v místě odstupňování průřezu se neprojeví tak výrazně jako uprostřed prutu. Při posouzení je možné ho zanedbat.

$$A = 3750 \text{ mm}^2; i_x = 53,7 \text{ mm}; i_y = 27,5 \text{ mm}; W_{pl,y} \sim 61,57 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Zatřídění průřezu } h/t = 140/14 = 10 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1 = 10 \dots \text{ třída 1.}$$

Pro průřez 1. třídy je  $\beta_A = 1$ ; Hodnota součinitele vzpěrnosti  $\chi_{\min} = 1,0$

Při úvaze, zda je nutné posuzovat při ohybu vliv klopení, je nutné vycházet z [3], čl. 6.8.2.1:

-průřez není tuhý v kroucení ... je nutné jít na další podmínku

-průřez je ohýbaný v hlavní rovině menší tuhosti průřezu ... není nutné uvažovat vliv klopení

Posudek na spolupůsobení tlaku a ohybu dle [3], čl. 6.8.4.1

$k_y = 1,5$  ... na stranu bezpečnou; není uvažované skutečné konstrukční uspořádání pásu, který působí jako průběžný prut, v modelu je přijaté zjednodušení, že se jedná o jednotlivé pruty, kloubově připojené ve styčnicích.

$$\frac{N_{Sd,H2,2} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd,2} \cdot \gamma_{M1}}{W_{pl,y} \cdot f_y} = \frac{281,0 \cdot 10^3 \cdot 1,15}{1 \cdot 3750 \cdot 235} + \frac{1,5 \cdot 1,83 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{61,57 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,37 + 0,22 = 0,59 < 1,0$$

Prut  $H_{2,2}$  v místě odstupňování průřezu vyhoví na interakci tlaku a ohybu.

uprostřed prutu: (vliv vzpěru uprostřed prutu nelze při posouzení zanedbat)

$$A = 3750 \text{ mm}^2; i_x = 53,7 \text{ mm}; i_y = 27,5 \text{ mm};$$

$$\text{Zatřídění průřezu } h/t = 140/14 = 10 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1 = 10 \dots \text{ třída 1.}$$

$$\text{Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose } \begin{cases} \eta - \eta \dots L_{cr,\eta} = 3004 \text{ mm}, \\ \zeta - \zeta \dots L_{cr,\zeta} = 3004 \text{ mm}. \end{cases}$$

$$\text{Štíhlost prutu } \begin{cases} \lambda_{\eta} = L_{cr,\eta} / i_{\eta} = 3000/27,5 = 109,2 \\ \lambda_{\zeta} = L_{cr,\zeta} / i_{\zeta} = 3004/53,7 = 55,9 \end{cases} \text{ rozhoduje } \lambda_{\eta} = 109,2;$$

$$\text{srovnávací štíhlost } \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,9;$$

$$\text{poměrná štíhlost } \bar{\lambda}_{\eta} = (\lambda_{\eta} / \lambda_1) = 109,2/93,9 = 1,16;$$

Hodnotu součinitele vzpěrnosti  $\chi_{\min}$  lze pro křivku c (pro válcované nosníky,  $\alpha_1 = 0,49$ ) určit pro  $\bar{\lambda}$  dle přílohy E, nebo z následujících vzorců:

$$\phi_{\eta} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda}_{\eta} - 0,2) + \bar{\lambda}_{\eta}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,16 - 0,2) + 1,16^2] = 1,41$$

$$\chi_{\eta} = \frac{1}{\phi_{\eta} + \sqrt{\phi_{\eta}^2 - \bar{\lambda}_{\eta}^2}} = \frac{1}{1,41 + \sqrt{1,41^2 - 1,16^2}} = 0,45$$

$k_y = 1,5$  ... na stranu bezpečnou; není uvažované skutečné konstrukční uspořádání pásu, který působí jako průběžný prut, v modelu je přijaté zjednodušení, že se jedná o jednotlivé pruty, kloubově připojené ve styčnicích.

$$\frac{N_{Sd,H2,2} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd,1} \cdot \gamma_{M1}}{W_{pl,y} \cdot f_y} = \frac{281,0 \cdot 10^3 \cdot 1,15}{0,45 \cdot 3750 \cdot 235} + \frac{1,5 \cdot 1,1 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{61,57 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,81 + 0,13 = 0,94 < 1,0$$

Prut  $H_{2,2}$  v řezu uprostřed prutu vyhoví na interakci tlaku a ohybu.

### 1.1.1.5 Vnější pás příčného ztužidla v rovině střechy (pás v řadě 1 nebo 8)

Je zřejmé, že pásy příčného ztužidla v rovině střechy v řadě 1 nebo 8 je nutné navrhnout a posoudit nejen jako součást ztužidla, ale superponovat účinky na ztužidlo v tomto pásu s účinky, které by to toto jako vnášelo konstrukční uspořádání čelní stěny.

Bude navrženo opláštění stěn silikátovými panely na rozpon 6 m. Tyto panely nebudou vnášet žádné zatížení do vnějšího pásu příčného ztužidla v rovině střechy.

V dalším textu je vyhodnocovaná pouze provozní návrhová situace, montážní návrhové situace by ale byly vyhodnocované obdobně.

#### 1.1.1.5.1 Prut $H_{1,3}$ , $H_{1,2}$ , $H_{1,1}$

Navržen profil 2Usv 140 II (S235):

$$A = 4080 \text{ mm}^2; i_y = 54,5 \text{ mm}; i_z = 45,9 \text{ mm};$$



Obr. 1.1–11 Průřez prutů  $H_{1,3}$ ,  $H_{1,2}$ ,  $H_{1,1}$

posudek profilu v provozní návrhové situaci:

Extrémní síla v pro posuzovaný prutu bude:

$$N_{Sd,H1,3} = N_{Sd,H2,3} = N_{Sd,H3,3} = 230,1 \text{ kN (tah)}, N_{Sd,H1,3} = N_{Sd,H2,3} = N_{Sd,H3,3} = 223,9 \text{ kN (tlak)},$$

$$\text{Zatřídění průřezu } h/t = 160/16 = 10 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1 = 10 \dots \text{ třída 1.}$$

$$\text{Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose } \begin{cases} y - y \dots L_{cr,y} = 3004 \text{ mm}, \\ z - z \dots L_{cr,z} = 3004 \text{ mm}. \end{cases}$$

$$\text{Štíhlost prutu } \begin{cases} \lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 3004/54,5 = 55,1 \\ \lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 3004/45,9 = 65,4 \end{cases} \text{ rozhoduje } \lambda_y = 65,4;$$

$$\text{srovnávací štíhlost } \lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y} = \pi \sqrt{210000/235} = 93,9;$$

$$\text{poměrná štíhlost } \bar{\lambda}_y = (\lambda_y / \lambda_1) = 65,4/93,9 = 0,70; \text{ pro průřez 1. třídy je } \beta_A = 1.$$

Hodnotu součinitele vzpěrnosti  $\chi_{\min}$  lze pro křivku a (pro válcované nosníky,  $\alpha_1 = 0,21$ ) určit pro  $\bar{\lambda}$  dle přílohy E, nebo z následujících vzorců:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,7 - 0,2) + 0,7^2] = 0,8$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,8 + \sqrt{0,8^2 - 0,7^2}} = 0,84$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,84 \cdot 1 \cdot 4080 \cdot 235}{1,15} = 700,3 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd,H1,3} = 223,9 \text{ kN}$$

Prut  $H_{1,3}$  a v důsledku toho i pruty  $H_{1,1}$  a  $H_{1,2}$  v provozním stadiu vyhoví na vzpěrný tlak i na tah.

#### 1.1.1.6 Vertikály – pruty $V_1$ , $V_2$ , $V_3$ , $V_4$

Kroutící momenty (excentricita výslednice zatížení je cca 4 mm) nebudou uvažované. Extrém zatížení pro provozní návrhovou situaci:

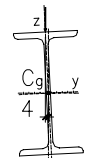
$$N_{Sd} = 30,1 \text{ kN (tlak)}, M_{Sd,y} = 1,03 \text{ kNm}; M_{Sd,z} = 0,07 \text{ kNm}.$$

Navržen profil IPE 140 (S235):

$$A = 1640 \text{ mm}^2; W_{pl,y} = 88,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3; W_{pl,z} = 19,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3; i_y = 57,4; i_z = 14,5 \text{ mm};$$

posudek profilu v provozní návrhové situaci:

Obr. 1.1–12 Průřez prutů  $V_1$  až  $V_4$



Doporučená mezní štíhlost dle [3], Tabulka 6.10, pro tlačené pruty a pro statické zatížení je  $\lambda_{mez} = 200$ . Štíhlost vertikál V1-V4 je  $\lambda = 1500/14,5 = 103,4$ .

Zatřídění průřezu ... třída 1 ...  $\beta_A = 1,0$ .

Štíhlost vertikál V1-V4 při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose  $\left\{ \begin{array}{l} y - y \dots L_{cr,y} = 1500 \text{ mm,} \\ z - z \dots L_{cr,z} = 1500 \text{ mm.} \end{array} \right.$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 1500/14,5 = 103,4; \lambda_1 = \pi \sqrt{E / \Gamma_y} = \pi \cdot \sqrt{210000 / 235} = 93,9;$$

poměrná štíhlost  $\bar{\lambda} = (\lambda_z / \lambda_1) = 103,4 / 93,9 = 1,10$ ;

Hodnotu součinitele vzpěrnosti  $\chi_{min}$  lze pro křivku b ( $\alpha_1 = 0,34$ ) určit pro  $\bar{\lambda}$  dle [3] přílohy E, nebo z následujících vzorců :

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,10 - 0,2) + 1,10^2] = 1,26$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,26 + \sqrt{1,26^2 - 1,10^2}} = 0,53$$

Při úvaze, zda je nutné posuzovat při ohybu vliv klopení, je nutné vycházet z [3], čl. 6.8.2.1:

- průřez není tuhý v kroucení ... je nutné jít na další podmínku
- průřez je ohýbaný v hlavní rovině větší tuhosti průřezu ... je nutné jít na další podmínku
- tlačený pás je zabezpečený proti pootočení po vzdálenostech po vzdálenostech menších než 40ti násobek poloměru setrvačnosti konvenčního tlačeného pásu  $i_{sp} = 40 \cdot 19,1 = 764 \text{ mm}$  ... není nutné uvažovat vliv klopení, protože tlačený pás je zabezpečený tuhým střešním pláštěm.

Posudek na spolupůsobení tlaku a ohybu

dle [3], čl. 6.8.4.1

$k_y = k_z = 1,5$  ... na stranu bezpečnou;

$$\frac{N_{sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y} + \frac{k_y \cdot M_{y, sd} \cdot \gamma_{M1}}{W_{pl,y} \cdot f_y} + \frac{k_z \cdot M_{z, sd} \cdot \gamma_{M1}}{W_{pl,z} \cdot f_y} =$$

$$= \frac{30,1 \cdot 10^3 \cdot 1,15}{0,53 \cdot 1640 \cdot 235} + \frac{15 \cdot 1,03 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{88,4 \cdot 10^3 \cdot 235} + \frac{15 \cdot 0,07 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{19,2 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,17 + 0,9 + 0,03 = 0,29 < 1,0$$

Vertikály vyhoví na interakci tlaku a ohybu.

### 1.1.1.7 Diagonály – pruty D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>

Extrémní zatížení pro provozní návrhovou situaci:

$$N_{sd} = N_{sd, D1} = 142,6 \text{ kN (tlak)}, \quad N_{sd} = N_{sd, D1} = 146,3 \text{ kN (tah)},$$

Zatížení pro montážní stav nebude rozhodovat, protože všechny diagonály budou z jednoho profilu.

**Navržen profil TR 102x5 (S235):**  $A = 1520 \text{ mm}^2$ ;  $i_y = i_z = 34,3 \text{ mm}$ ;

Obr. 1.1–13 Průřez prutů D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>



Posouzení na tlak:

Doporučená mezní štíhlost dle [3], Tabulka 6.10, pro tlačené pruty a pro statické zatížení je  $\lambda_{mez} = 200$ . Štíhlost diagonály je pro největší délku diagonály  $\lambda = 3900/34,3 = 114$ .

Zatřídění průřezu  $d/t = 102/5 = 20,4 < 50 \cdot \epsilon^2 = 50 \cdot 1 = 50$  ... třída 1 ...  $\beta_A = 1,0$ .

Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose  $\left\{ \begin{array}{l} y - y \dots L_{cr,y} = 3900 \text{ mm,} \\ z - z \dots L_{cr,z} = 3900 \text{ mm.} \end{array} \right.$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \lambda = \frac{3900}{34,3} = 114; \lambda_1 = \pi \sqrt{E / \Gamma_y} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,9;$$

poměrná štíhlost  $\bar{\lambda} = (\lambda / \lambda_1) = 114/93,9 = 1,21$ ;

Hodnotu součinitele vzpěrnosti  $\chi_{min}$  lze pro křivku a (pro trubky válcované za tepla,  $\alpha_1 = 0,21$ ) určit pro  $\bar{\lambda}$  dle přílohy E, nebo z následujících vzorců :

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,21 - 0,2) + 1,21^2] = 1,34$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,34 + \sqrt{1,34^2 - 1,21^2}} = 0,52$$

$$N_{b, Rd} = \chi_{min} \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,52 \cdot 1 \cdot 1520 \cdot 235 / 1,15 = 161,5 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{sd} = 142,6 \text{ kN} \dots \text{vyhoví.}$$

### 1.1.1.8 Přípoje

Přípoje ve ztužidle budou šroubované, návrh a posudek přípojů jednotlivých prutů bude řešen obdobně jako v kapitole 2 VAZNÍKY.

### 1.1.1.9 Mezní stav použitelnosti

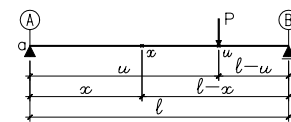
Deformace je určena z provozních návrhových sil. Provozní návrhové hodnoty jsou zjištěny z charakteristických hodnot vynásobením součinitelem  $\xi_p = 1,0$ .

Kriteriem je vyhodnocení vodorovné deformace (průhybu) příčného ztužidla v rovině střechy a porovnání s charakteristickou hodnotou. Průhyb příčného ztužidla v rovině střechy od charakteristického zatížení není v [3] přímo definovaný. V čl. 5.2.1.2, v kterém se píše především o svislých průhybech a o prostorových konstrukcích, je doporučeno omezit průhyb vůči spojnicí jeho podpor hodnotou nejvýše  $1/250$  jeho rozpětí  $\delta_{max} = L/250 = 18000/250 = 72 \text{ mm}$ .

Průhyb vodorovného výztužného nosníku je možné počítat přibližně na základě analogie s plnostěnným nosníkem, pro posouzení bývá dosažena přesnost dostačující. Obvykle se deformace zjistí pomocí počítačové podpory vhodným programem.

V praxi je také používán postup řešení průhybu na základě příčinkové čáry průhybu. Tato metoda je rozvedena následujícím textem:

- příčinková čára průhybu  $\delta$  průřezu  $\alpha$  prostého nosníku je ohybovou čarou téhož nosníku pro zatížení břemenem P, působícím v místě  $\alpha$  (dle [9]). Pokud označíme vzdálenost vyšetřovaného průřezu  $\alpha$  od levé podpory, pak vzdálenost od pravé podpory je  $l - \alpha$ . Vzdálenost břemene P za obecné



polohy na nosníku od levé podpory lze označit  $u$  od pravé podpory  $l - u$ . Grafické znázornění těchto skutečností je zřejmé na Obr. 1.1–14.

Obr. 1.1–14 Označení proměnných prostě uloženého nosníku

Pro podmínku  $0 \leq u \leq l$  má rovnice příčinkové čáry průhybu  $\delta$  tvar:

$$E \cdot I \cdot \delta = \frac{l^3}{6} \cdot \frac{u}{l} \cdot \frac{l - u}{l} \cdot \left( 1 - \left( \frac{u}{l} \right)^2 - \left( \frac{l - u}{l} \right)^2 \right), \text{ která se v intervalu } \alpha \leq u \leq l \text{ mění na tvar:}$$

$$E \cdot I \cdot \delta = \frac{l^3}{6} \cdot \frac{l - u}{l} \cdot \frac{\alpha}{l} \cdot \left( 1 - \left( \frac{l - u}{l} \right)^2 - \left( \frac{\alpha}{l} \right)^2 \right).$$

Příčinkové pořadnice  $\eta$  pro interval  $0 - 0,5$  a pro  $E = 210\,000 \text{ MPa}$  pro deformaci uprostřed nosníku jsou vycíslené v Tab. 1.1–8:

Tab. 1.1–8 Pořadnice příčinkové čáry průhybu uprostřed nosníku

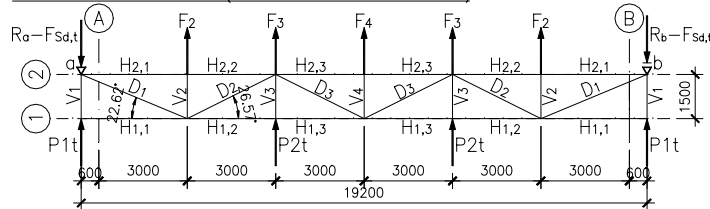
$u/l$	$\eta/(10e9)$	$u/l$	$\eta/(10e9)$	$u/l$	$\eta/(10e9)$	$u/l$	$\eta/(10e9)$	$u/l$	$\eta/(10e9)$
0,00	0,00000	0,11	32,20992	0,21	58,82500	0,31	80,44008	0,41	94,67421
0,01	2,97579	0,12	35,02857	0,22	61,25079	0,32	82,23492	0,42	95,60000
0,02	5,94921	0,13	37,81865	0,23	63,62421	0,33	83,95357	0,43	96,42579

$\omega\ell$	$\eta/(10e9)$	$\omega\ell$	$\eta/(10e9)$	$\omega\ell$	$\eta/(10e9)$	$\omega\ell$	$\eta/(10e9)$	$\omega\ell$	$\eta/(10e9)$
0,03	8,91786	0,14	40,57778	0,24	65,94286	0,34	85,59365	0,44	97,14921
0,04	11,87937	0,15	43,30357	0,25	68,20437	0,35	87,15278	0,45	97,76786
0,05	14,83135	0,16	45,99365	0,26	70,40635	0,36	88,62857	0,46	98,27937
0,06	17,77143	0,17	48,64563	0,27	72,54643	0,37	90,01865	0,47	98,68135
0,07	20,69722	0,18	51,25714	0,28	74,62222	0,38	91,32063	0,48	98,97143
0,08	23,60635	0,19	53,82579	0,29	76,63135	0,39	92,53214	0,49	99,14722
0,09	26,49643	0,20	56,34921	0,30	78,57143	0,40	93,65079	0,50	99,20635
0,10	29,36508								

Pro interval 0,5 – 1,0 jsou velikosti příčkových pořadnic symetrické (pro  $\omega\ell=1,00$  je  $\eta=0,000$ ).

Pro počítaný příklad tedy bude:

**Kombinace zatížení K4 (tlak větru na čelní stěnu)**



**Obr. 1.1–15** Schéma pro určení deformace příčného ztužidla v rovině střechy

Protože se jedná o příhradový nosník, bude dále počítáno s náhradním momentem setrvačnosti stanoveným podle Steinerovy věty z výrazu  $I_n = A_1 \cdot a_1^2 + A_2 \cdot a_2^2 = \frac{A_1 \cdot A_2}{A_1 + A_2} \cdot h^2$ ,

kde  $A_1, A_2$  jsou průřezové plochy pásů;  $A_1 = 4080 \text{ mm}^2$ ;  $A_2 \sim 3750 \text{ mm}^2$ . V počítaném příkladu je zanedbáno, že se mění průřez vnitřního pásu ztužidla (plocha  $A_2$ ).

$a_1, a_2$  jsou vzdálenosti jejich těžišť od těžiště celého průřezu,

$h = a_1 + a_2$  je teoretická šířka příhradoviny, v příkladě je 1500 mm.

$$I_n = \frac{A_1 \cdot A_2}{A_1 + A_2} \cdot h^2 = \frac{4080 \cdot 3750}{4080 + 3750} \cdot 1500^2 = 4,3965 \cdot 10^9 \text{ mm}^4;$$

Rozměr příčkových pořadnic bude  $1/E = \text{mm}^2/N$ . Hodnoty příčkových pořadnic jsou uvedeny v **Tab. 1.1–9**. Celková deformace pak bude sestavena jako součet z dílčích deformací od jednotlivých břemen podle vzorce  $\ddot{a} = \frac{\ell^3}{I_n} \sum_{i=1}^n P_{k,i} \cdot \eta_i$  [mm],

kde  $\ell$  je délka nosníku v [mm];

$I_n$  je náhradní moment setrvačnosti v [mm<sup>4</sup>], popsany výše;

$P_k$  je velikost břemene v charakteristické hodnotě, dosazená do vzorce v [N].

Velikost vodorovných sil v charakteristické hodnotě, určená z **Tab. 1.1-2**:

$$F_2 = F_{Sd,g,2} + 0,9 \cdot F_{Sd,s,2} + 0,9 \cdot F_{Sd,t,2} = 3,1 + 0,9 \cdot 1,8 + 0,9 \cdot 3,2 = 7,6 \text{ kN};$$

$$F_3 = F_{Sd,g,3} + 0,9 \cdot F_{Sd,s,3} + 0,9 \cdot F_{Sd,t,3} + 0,9 \cdot P_{2t} = 3,8 + 0,9 \cdot 2,3 + 0,9 \cdot 2,9 + 0,9 \cdot 25,1 = 31,1 \text{ kN};$$

$$F_4 = F_{Sd,g,4} + 0,9 \cdot F_{Sd,s,4} + 0,9 \cdot F_{Sd,t,4} = 4,9 + 0,9 \cdot 2,8 + 0,9 \cdot 2,8 = 9,9 \text{ kN}.$$

**Tab. 1.1–9** Dílčí deformace příčného ztužidla v rovině střechy

Břemeno $P_{k,i}$	Charakteristická hodnota [N]	Vzdálenost $\omega$ [mm]	$\omega\ell$	$\eta_i$	$P_i \cdot \eta_i$
$F_2$	7 600	3 600	0,18750	53,18378/(10e9)	0,0004042
$F_3$	31 100	6 600	0,34375	86,17832/(10e9)	0,0026801
$F_4$	9 900	9 600	0,50000	99,20635/(10e9)	0,0009821
$F_2$	31 100	12 600	0,65625	86,17832/(10e9)	0,0026801
$F_2$	7 600	15 600	0,81250	53,18378/(10e9)	0,0004042
$\Sigma P_i \cdot \eta_i$					0,0071515

$$\delta = \frac{\ell^3}{I_n} \sum_{i=1}^n P_{k,i} \cdot \eta_i = \frac{18000^3 \cdot 0,0071515}{4,3965 \cdot 10^9} = 9,5 \text{ mm} < \delta_{\text{max}} = 72 \text{ mm}.$$

Příčné ztužidlo v rovině střechy na mezní stav použitelnosti vyhoví.

**1.1.1.10 Seznam položek příčného ztužidla v rovině střechy**

**Tabulka 1.1-1** Výpis materiálu příčného střešního ztužidla

Položka	Počet kusů v dílci	Počet kusů celkem	Průřez	Délka [mm]	Jednotková hmotnost [kg/m; kg/m <sup>2</sup> ]	Hmotnost [kg]	Jakost mat.	Poznámky
<b>2 VAZNÍK 2</b>								
1	2	4	U140	18 022	16,01	1 154,4	S 235	Vnější pás (v ř. 1, 8)
2	2	4	L160x160x16	3 504	38,47	539,2	S 235	Vnitřní pás (v ř. 2, 7)
3	2	4	L140x140x14	5 508	29,43	648,4	S 235	Vnitřní pás (v ř. 2, 7)
4	2	4	TR102/5	3 900	11,93	186,1	S 235	D1
5	4	8	TR102/5	3 354	11,93	320,1	S 235	D2, D3
6	7	14	IPE 140	1 500	12,87	270,3	S 235	V1 až V4
			Mezisoučet			3 118,5		
			Nespecifikovaný materiál		~ 6%	187,5		
			<b>Celkem</b>			<b>3 306,0</b>		172,2 kg/bm ztužidla

**1.1.1.11 Konstrukční řešení v uložení ztužidla**

Vykreslit přípoj ztužidla na rohový sloup a k sloupu čelní stěny

### 1.1.2 PŘÍČNÁ SVISLÁ ZTUŽIDLA MEZI VAZNICEMI

Do konstrukce se vkládají proto, aby byla zajištěná:

- vzpěrná délka spodního pásu každé vaznice pro vybočení z roviny vaznice,
- požadovaná poloha spodního pásu vaznic jak po dobu montáže, tak i při provozu, zejména pokud je použitý extrémně lehký střešní plášť (tzn. pokud převažuje účinek sání větru na střechu).

Umísťují se kolmo na vaznice v takových vzdálenostech, aby uložení těchto ztužidel byla v místech uzlů vaznic.

Zatížení je uvažované jako silový účinek v souladu s [\[3\]](#), čl. C.2.5, který stanovuje povinnost navrhnout tento typ konstrukce (jde o ztužidlo zkracující vzpěrnou délku spodního pásu vaznice) na tlakovou sílu rovnou nejméně 1/100 tlakové síly v prutu, jehož vzpěrnou délku zajišťuje.

#### 1.1.2.1 Geometrické schéma

#### 1.1.2.2 Zatížení

#### 1.1.2.3 Návrh a posouzení

##### 1.1.2.3.1 Dolní pás

##### 1.1.2.3.2 Horní pás

##### 1.1.2.3.3 Diagonály

##### 1.1.2.3.4 Vertikály

##### 1.1.2.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje

#### 1.1.2.4 Mezní stav použitelnosti

#### 1.1.2.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla

### 1.1.3 PODÉLNÁ (OKAPOVÁ) ZTUŽIDLA V ROVINĚ STŘECHY

Okapové ztužidlo je uložené podél okapu střechy v rovině střechy. Umožňuje opření horních konců mezisloupů podélné stěny.

Okapové ztužidlo lze řešit jako rovinnou příhradovou soustavu s podporami na hlavních sloupech budovy (rozpětí příhradového nosníku je tedy 12 000 mm).

Zatížení ztužidla působí jen ve styčnicích a je uvažováno:

- ve vodorovné rovině jako:
  - osamělá síla od akce mezisloupu, tj. od tlaku nebo sání větru na podélnou stěnu, břemeno působí v místě připojení mezisloupu k okapovému ztužidlu;
  - stabilizující síly (od příčných svislých ztužidel mezi vaznicemi);
- ve svislé rovině jen od vlastní váhy ztužidla (kterou lze s nejvyšší pravděpodobností zanedbat).

Návrh vhodných profilů a jejich dimenzí výpletu (diagonál a případných vertikál) je stejný jako u jiných příhradových konstrukcí (postup je již popsán u příčného ztužidla v rovině střechy, odstavec [1.1](#)). Horní pásy vaznic, které jsou součástí okapového ztužidla a tvoří současně pásy ztužidla, je nutné posoudit na přídavný účinek.

#### 1.1.3.1 Geometrické schéma

#### 1.1.3.2 Zatížení

#### 1.1.3.3 Návrh a posouzení

##### 1.1.3.3.1 Dolní pás

##### 1.1.3.3.2 Horní pás

##### 1.1.3.3.3 Diagonály

##### 1.1.3.3.4 Vertikály

##### 1.1.3.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje

#### 1.1.3.4 Mezní stav použitelnosti

#### 1.1.3.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla

### 1.1.4 PODÉLNÉ ZTUŽIDLO VE SVISLÉ ROVINĚ

Podélné ztužidlo:

- probíhá rovnoběžně s hřebenem budovy (rovnoběžně s řadou A nebo B),
- je obvykle umístěně alespoň v polovině rozpětí vazníku;
- zajišťuje požadovanou polohu vazníku jak po dobu montáže, tak i při provozu, zejména pokud je použitý extrémně lehký střešní plášť (tzn. pokud převažuje účinek sání větru na střechu),
- je zatížen:
- především silovým účinkem v souladu s [3], čl. C.2.5, který stanovuje povinnost navrhnout tento typ konstrukce (jde o ztužidlo zkracující vzpěrnou délku spodního pásu vazníku) na tlakovou sílu rovnou nejméně 1/100 tlakové síly v prutu, jehož vzpěrnou délku zajišťuje,
- pokud to vyplývá z konstrukčního řešení, tak ztužidlo může přenášet i jiné podélné síly působící na střešní konstrukci, např. brzdné síly od podvěsných jeřábů, účinky větru na styčníky dolního pásu vazníku a podobně.

Podélné ztužidlo je vytvořené z řady příhradových vaznic. Každá z vaznic je doplněná vzpěrou vedenou zdola od příslušného uzlu spodního pásu vazníku nahoru k vnitřnímu uzlu vaznice. Vzpěry jsou umístěné u každého konce vaznice.

Zatížení je nutné stanovit nejen ve svislém směru (stále i nahodilé), ale i ve vodorovném směru. Ve vodorovném směru může být ztužidlo zatížené osovou silou, která vzniká při přenosu akce horního konce sloupku čelní stěny do příčného ztužidla v rovině střechy přes horní pás podélného ztužidla.

#### 1.1.4.1 Geometrické schéma

#### 1.1.4.2 Zatížení

#### 1.1.4.3 Návrh a posouzení

##### 1.1.4.3.1 Dolní pás

##### 1.1.4.3.2 Horní pás

##### 1.1.4.3.3 Diagonály

##### 1.1.4.3.4 Vertikály

##### 1.1.4.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje

#### 1.1.4.4 Mezní stav použitelnosti

#### 1.1.4.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla

### 1.2 STĚNOVÁ ZTUŽENÍ

#### 1.2.1 ZTUŽENÍ V PODÉLNÉ STĚNĚ (SVISLÉ)

##### 1.2.1.1 Geometrické schéma

##### 1.2.1.2 Zatížení

##### 1.2.1.3 Návrh a posouzení

##### 1.2.1.3.1 Vnější pás

##### 1.2.1.3.2 Vnitřní pás

##### 1.2.1.3.3 Diagonály

##### 1.2.1.3.4 Vertikály

##### 1.2.1.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje

#### 1.2.1.4 Mezní stav použitelnosti

#### 1.2.1.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla

#### 1.2.2 ZTUŽENÍ V PODÉLNÉ STĚNĚ (VODOROVNÉ)

##### 1.2.2.1 Geometrické schéma

##### 1.2.2.2 Zatížení

##### 1.2.2.3 Návrh a posouzení

##### 1.2.2.3.1 Vnější pás

##### 1.2.2.3.2 Vnitřní pás

##### 1.2.2.3.3 Diagonály

##### 1.2.2.3.4 Vertikály

##### 1.2.2.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje

#### 1.2.2.4 Mezní stav použitelnosti

#### 1.2.2.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla

#### 1.2.3 ZTUŽENÍ V PŘÍČNÉ STĚNĚ (VODOROVNÉ)

##### 1.2.3.1 Geometrické schéma

##### 1.2.3.2 Zatížení

##### 1.2.3.3 Návrh a posouzení

##### 1.2.3.3.1 Vnější pás

##### 1.2.3.3.2 Vnitřní pás

##### 1.2.3.3.3 Diagonály

##### 1.2.3.3.4 Vertikály

##### 1.2.3.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje

#### 1.2.3.4 Mezní stav použitelnosti

#### 1.2.3.5 Konstrukční řešení v uložení ztužidla

### 1.3 BRZDNÉ ZTUŽIDLO JEŘÁBOVÉ DRÁHY (BRZDNÝ PORTÁL)

#### 1.3.1 GEOMETRICKÉ SCHÉMA

#### 1.3.2 ZATÍŽENÍ

#### 1.3.3 NÁVRH A POSOUZENÍ

##### 1.3.3.1 Vnější pás

##### 1.3.3.2 Vnitřní pás

##### 1.3.3.3 Diagonály

##### 1.3.3.4 Vertikály

##### 1.3.3.5 Posouzení mezního stavu únosnosti – přípoje

##### 1.3.3.6 Mezní stav použitelnosti

#### 1.3.4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ V ULOŽENÍ ZTUŽIDLA

## 2 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Doc. Ing. Jindřich Melcher, Csc., KOVOVÉ KONSTRUKCE, konstrukce průmyslových budov, Praha 1977, SNTL
- [2] Ing. Bohumil Straka  
ČSN 73 0035 :88 ZATÍŽENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ, včetně:  
změna a – 8/1991  
změna 2 1993
- [3] ČSN 73 1401:98 NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ, včetně:  
změna Z1: červenec 2001  
změna Z2: květen 2002
- [4] A. Chalupa a kol. NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ  
Komentář k ČSN 73 1401, Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1982
- [5] ČSN P ENV 1993-1-1:94 NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ  
Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN 01 3483:87 VÝKRESY KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ
- [7] ČSN 01 3125:97 Technické výkresy. Seznam položek (ČSN ISO 7573)
- [8] Fuchs, Rec, Šeřl Statické hodnoty kovových válcovaných průřezů,  
SNTL 1984
- [9] Ing. Jaroslav Kadlčák, CSc. Stavební mechanika I, Přehled teorie a příklady, SNTL Praha 1973, str. 88 až 89