

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

662 37 Brno, Veveří 95
Tel./Fax : 05 4924 5212

KOVOVÉ KONSTRUKCE

Konstrukce průmyslových budov

VAZNÍKY

Brno 2004

OBSAH

1 STŘECHA.....	3
1.1 VAZNÍKY.....	3
1.1.1 GEOMETRICKÉ SCHÉMA	4
1.1.2 ZATÍŽENÍ	5
1.1.2.1 Vazníky V2, V3	5
1.1.3 NÁVRH A POSOUZENÍ – VAZNÍK 2	6
1.1.3.1 Vnitřní síly a ohybové momenty.....	6
1.1.3.2 Horní pás.....	9
1.1.3.3 Spodní pás.....	13
1.1.3.4 Diagonály.....	15
1.1.3.5 Vertikály	15
1.1.3.6 Přípoje – posouzení mezního stavu únosnosti	16
1.1.3.7 Mezní stav použitelnosti	20
1.1.3.8 Konstrukční řešení uložení vazníku.....	21
2 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	22

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1-1 – <i>Typický příčný řez halou</i>	3
Obr. 1.1-2 – <i>Geometrické schéma vazníků – půdorys, řez, pohled</i>	4
Obr. 1.1-3 – <i>Statická schémata vazníků</i>	6
Obr. 1.1-4 – <i>Normálové síly pro kombinaci K3</i>	7
Obr. 1.1-5 – <i>Normálové síly pro kombinaci K2</i>	7
Obr. 1.1-6 – <i>Normálové síly pro kombinaci K1</i>	8
Obr. 1.1-7 – <i>Umístění styků na pásech vazníku</i>	9
Obr. 1.1-8 – <i>Montážní styk horního pásu</i>	11
Obr. 1.1-9 – <i>Montážní styk dolního pásu</i>	13
Obr. 1.1-10 – <i>Detail dílenského styku – V3, D3</i>	16
Obr. 1.1-11 – <i>Detail dílenského styku – D3</i>	17
Obr. 1.1-12 – <i>Detail dílenského styku – styčnickový plech pro D2</i>	17
Obr. 1.1-13 – <i>Detaily montážního styku, horní pás</i>	19
Obr. 1.1-14 – <i>Detail montážního styku – H2</i>	19
Obr. 1.1-15 – <i>Detail přípoje – D2</i>	20
Obr. 1.1-16 – <i>Uložení vazníku na sloup</i>	21

SEZNAM TABULEK

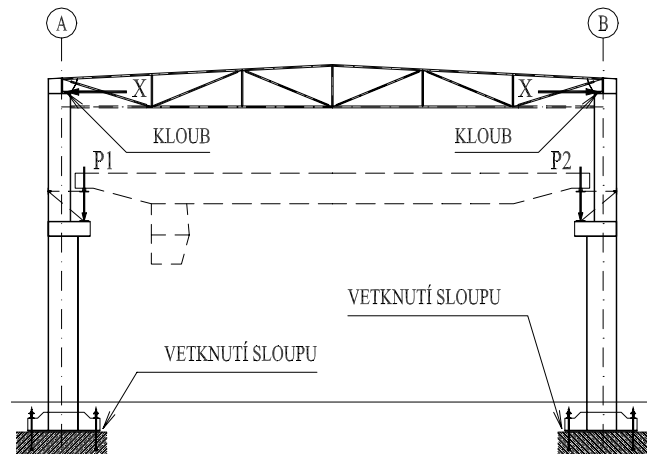
Tabulka 1.1-1 <i>Zatížení a kombinace zatížení vazníků V1 a V2</i>	5
Tabulka 1.1-2 <i>Vnitřní síly na prutech</i>	8
Tabulka 1.1-3 <i>Výpis materiálu vazníku V2</i>	22

1 STŘECHA

1.1 VAZNÍKY

Vazník přenáší akce vaznic (vaznicový systém) nebo přímo zatížení střešním pláštěm (bezvaznicový systém) do sloupů. V dále uvedeném případě je uvažované, že vaznice jsou uloženy na horním páse vazníku. Vazník je modelovaný jako příhradová rovinná konstrukce. Je navržena jako příhradovina s lomeným horním pásem, přímým spodním pásem, výplet je tvořený diagonálami (střídavě sestupnými a vzestupnými) a vertikálami. Při rozvaze tvarového uspořádání je možné vzít v úvahu:

- při volbě statického modelu:



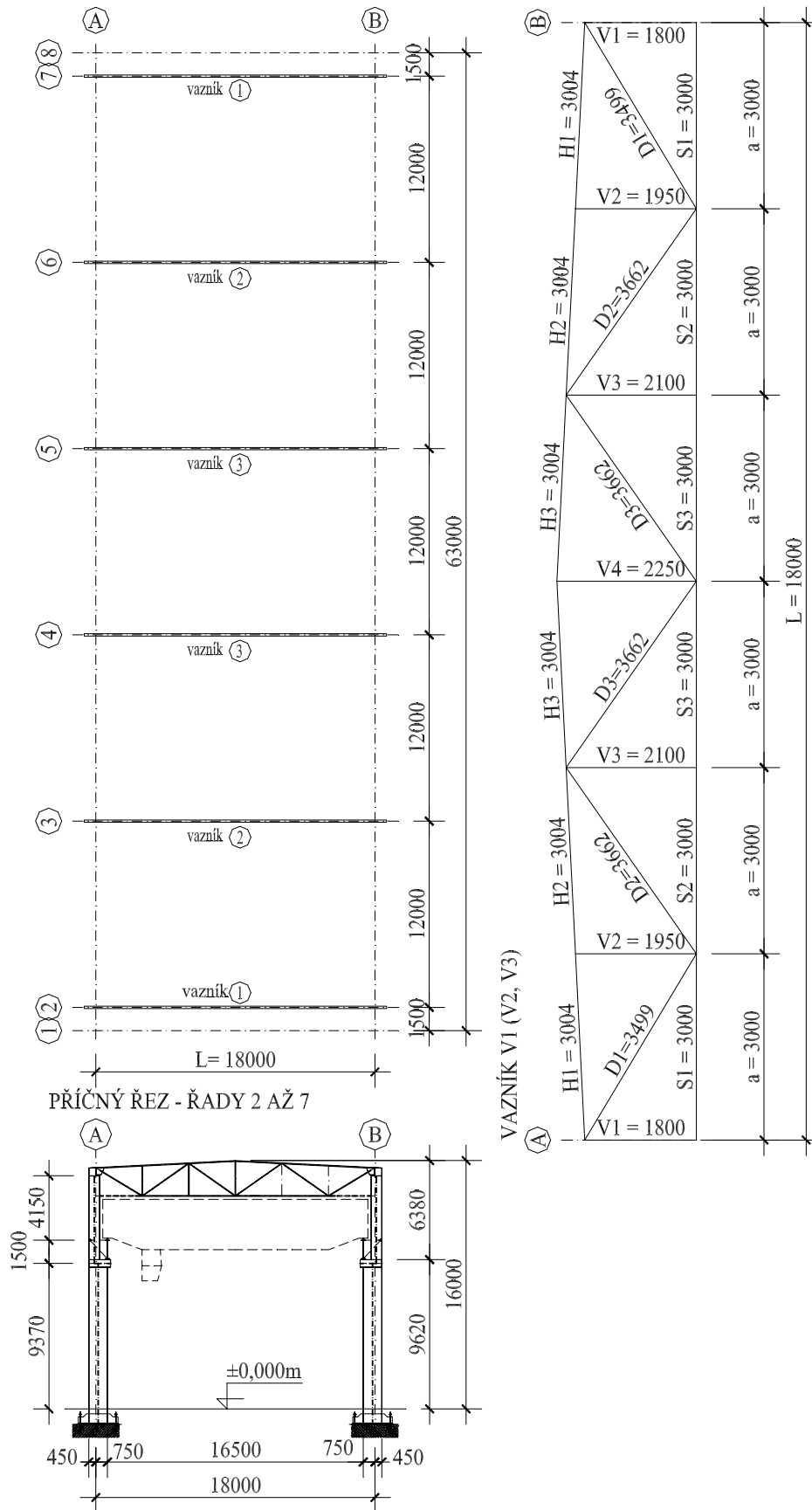
- lze uvažovat uložení vazníku na sloup buďto u spodního pasu nebo u horního pasu. Z praktických důvodů je vhodnější alternativa uložení vazníku na sloup tak, že vazník má uložení u horního pásu – sníží se tak stavební výška a v neposlední řadě i obestavěný prostor a vytápěný objem.

Obr. 1.1-1 – Typický příčný řez halou

– bude vazník řešený jako prutová soustava se s styčníky ideálně kloubovými, tzn. za předpokladu, že vznikají pouze osové síly, tlakové nebo tahové. Ve skutečnosti jsou pruty výpletu (diagonály a vertikály) připojeny k průběžným pásům tuze (jsou přivařené nebo přišroubované), takže pootočení ve styčníku není možné. K osovým silám tak přistupuje ještě ohyb prutů. V praktických případech lze takto vzniklé účinky na konstrukci zanedbat – pozor ale, vyhodnocení zda lze nebo nelze tyto účinky zanedbat, musí být provedeno pro každou navrhovanou konstrukci.

- vazník bude na sloupech uložen kloubově.
- vazník působí v systému příčné vazby jako příhradová příčel a zajišťuje spolupůsobení hlavních nosných sloupů při přenášení jednotlivých zatížení, která na příčnou vazbu působí viz [Obr. 1.1-1](#). Vazník je pak namáhaný staticky neurčitými silami X , které vznikají při působení jednotlivých zatížení.
- výška vazníku bude odvozována z rozpětí vazníku (L), návrh výšky vazníku uprostřed rozpětí je reálný v rozmezí mezi $L/10$ až $L/20$, přitom je nutné dodržet dostatečnou výšku v uložení vazníku na sloup.
- pro uspořádání horního pásu: je výhodné kopírovat sklon střechy, který byl zvolený už při návrhu střešního pláště a vaznic o velikosti 5%;
- pro uspořádání spodního pásu: spodní pás by mohl opisovat v podstatě libovolnou otevřenou křivku, z praktických důvodů (výrobní náklady) je možné pás udělat lomený nebo přímý, v dalším je volen přímý pás;
- výplet příhradoviny vazníku: při rozvaze, jak konstrukčně uspořádat jednotlivá pole je rozumné vycházet z rozmístění vaznic a z požadavku, aby vaznice byly uchyceny ve styčnicích vazníku. Vaznice byly navrženy po vzdálenostech 3000 mm, proto délky polí vazníku budou volené stejně.
- vertikály: nemusí být nutnou součástí výpletu, přesto je z konstrukčních důvodů vhodné je v konstrukci vazníku použít, protože budou sloužit k připojení spodních pásů vaznic na vazník.
- diagonály: jsou nutnou součástí výpletu

1.1.1 GEOMETRICKÉ schéma



Obr. 1.1-2 – Geometrické schéma vazníků – půdorys, řez, pohled

1.1.2 zatížení

1.1.2.1 Vazníky V2, V3

stálé		k [kN/m]	γ_f	d [kN/m]
1	hydroizolace... 0,1*ZŠ ... 0,1*12=1,2	1,20	1,2	1,44
2	hydroizolace... 0,1*ZŠ ... 0,1*12=1,2		0,9	1,08
3	tepelná izolace 2,0 kN/m ³ ; tl. 160 mm ... 2*0,16*ZŠ	3,84	1,2	4,61
4	tepelná izolace 2,0 kN/m ³ ; tl. 160 mm ... 2*0,16*ZŠ		0,9	3,46
5	nosná část pláště - trapézový plech... 0,13*ZŠ	1,56	1,1	1,72
6	nosná část pláště - trapézový plech... 0,13*ZŠ		0,9	1,40
7	vlastní tíha vaznice ... (0,287/3) kN/m ² *ZŠ	1,15	1,1	1,26
8	vlastní tíha vaznice ... (0,287/3) kN/m ² *ZŠ		0,9	1,03
9	odhad vlastní tíhy vazníku a ztužidel ... 0,2 kN/m ² *ZŠ	2,40	1,1	2,64
10	odhad vlastní tíhy vazníku a ztužidel ... 0,2 kN/m ² *ZŠ		0,9	2,16

nahodilé		k [kN/m]	γ_f	d [kN/m]
11	plný sníh... $s_n = s_0 * \mu_s * \kappa * Z_S = 0,5 * 1,0 * 1,06 * Z_S$ κ ... pro normovou tíhu zastřešení (0,1+0,32+0,13+0,10+0,2=0,85 kN/m ²) je cca 1,06 μ_s ... pro sklon střechy 5% je 1,0	6,36	1,4	8,90
12	poloviční sníh (jednostranný sníh)	6,36	1,4	8,90
13	vítr... $w_n = w_0 * \kappa_w * C_w * Z_S = 0,55 * 1,13 * (-0,8) * Z_S$ 19 m h/b=16/19=0,84 ... $C_w = C_{e3} = -0,8$; terén typu A	-5,97	1,2	-7,16
14	osamělé břemeno	1,00 kN	1,2	1,20 kN

kombinace zatížení - charakteristické (normové) zatížení			
č.	ZS	stádium	g_k [kN/m]
K 1	ZS6+ZS8+ZS10+ZS13	montáž	-0,86
K 2	ZS1+ZS3+ZS5+ZS7+ZS9+ZS11	provoz	16,51
K 3	Zleva: ZS1+ZS3+ZS5+ZS7+ZS9+ZS12	provoz	16,51
	Zprava: ZS1+ZS3+ZS5+ZS7+ZS9	provoz	10,15

kombinace zatížení - návrhové (výpočtové) zatížení			
č.	ZS	stádium	g_d [kN/m]
K 1	ZS6+ZS8+ZS10+ZS13	montáž	-2,56
K 2	ZS1+ZS3+ZS5+ZS7+ZS9+ZS11	provoz	20,57
K 3	Zleva: ZS1+ZS3+ZS5+ZS7+ZS9+ZS12	provoz	20,57
	Zprava: ZS1+ZS3+ZS5+ZS7+ZS9	provoz	11,67

Tabulka 1.1-1 Zatížení a kombinace zatížení vazníků V1 a V2

Poznámky:

- 1 Pro sestavení kombinací zatížení byl použitý postup dle [6], Změna a-8/1991, čl. 54B, odstavec a).
- 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.

1.1.3 Návrh a posouzení – VAZNÍK 2

Navrženy a posouzeny by měly být všechny typy vazníků – v řešeném případě tedy vazník 1, vazník 2, vazník 3. Dále uvedený postup pro vazník 2 by byl použitý i pro ostatní vazníky.

1.1.3.1 Vnitřní síly a ohybové momenty

Náhradní styčnicková břemena pro kombinaci návrhového zatížení v montážním stavu (**K1**)

$$P1 = g_d \cdot a/2 = -2,56 \cdot 3/2 = -3,84 \text{ kN}; \quad P2 = g_d \cdot a = -2,56 \cdot 3 = -7,68 \text{ kN}.$$

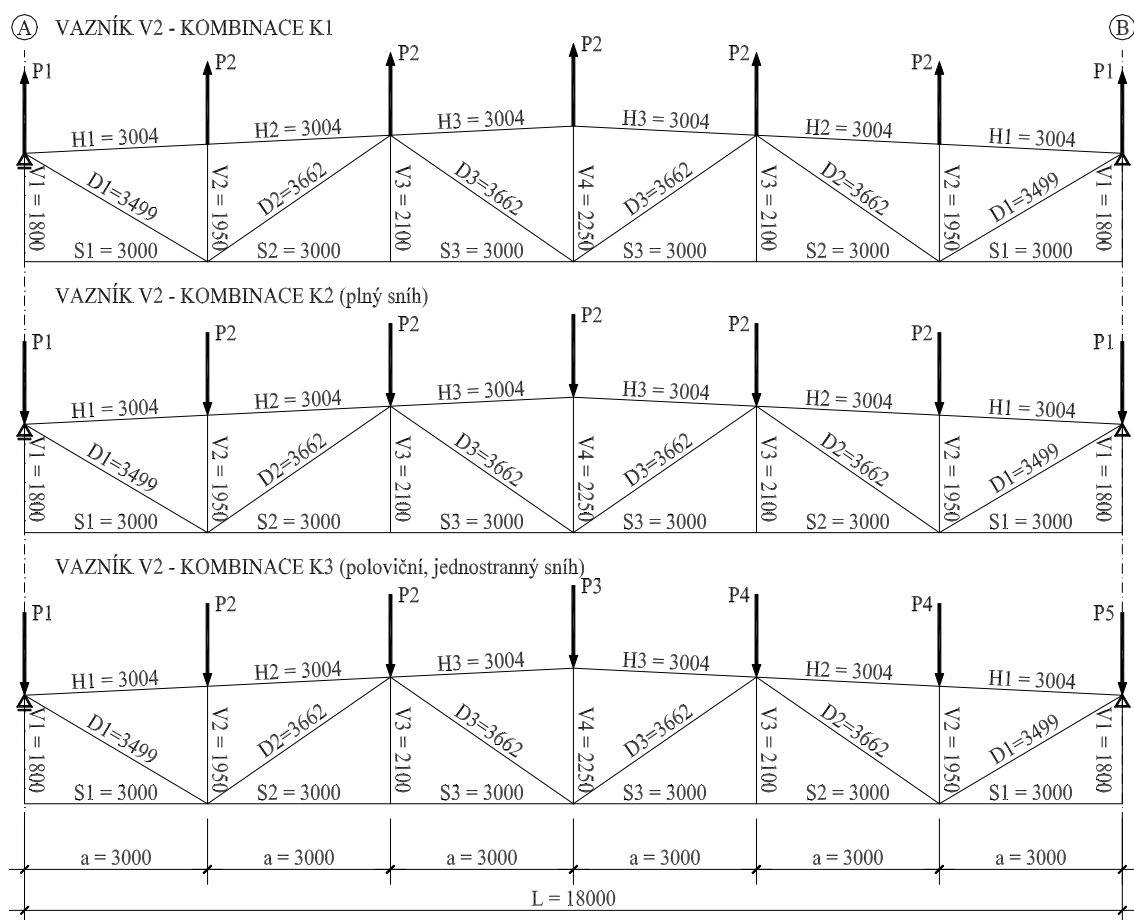
Náhradní styčnicková břemena pro kombinaci návrhového zatížení v provozním stavu (**K2, K3**)

$$P1 = g_d \cdot a/2 = 20,57 \cdot 3/2 = 30,85 \text{ kN}; \quad P2 = g_d \cdot a = 20,57 \cdot 3 = 61,71 \text{ kN};$$

$$P3 = g_d \cdot a = (20,57 + 11,67) \cdot 3/2 = 48,36 \text{ kN}; \quad P4 = g_d \cdot a = 11,67 \cdot 3 = 35,01 \text{ kN};$$

$$P5 = g_d \cdot a = 11,67 \cdot 3/2 = 17,51 \text{ kN};$$

Statická schémata pro nejnepříznivější kombinace zatížení jsou uvedena na obrázku [Obr. 1.1-3](#).

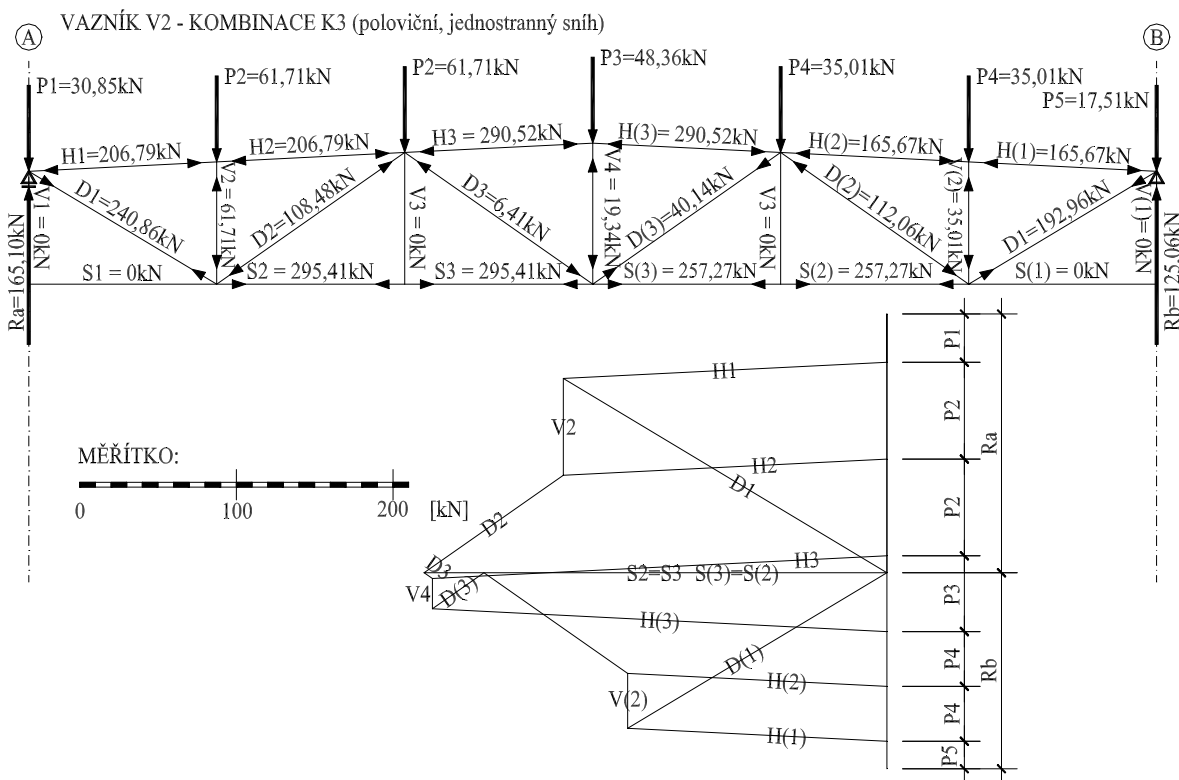


Obr. 1.1-3 – Statická schémata vazníků

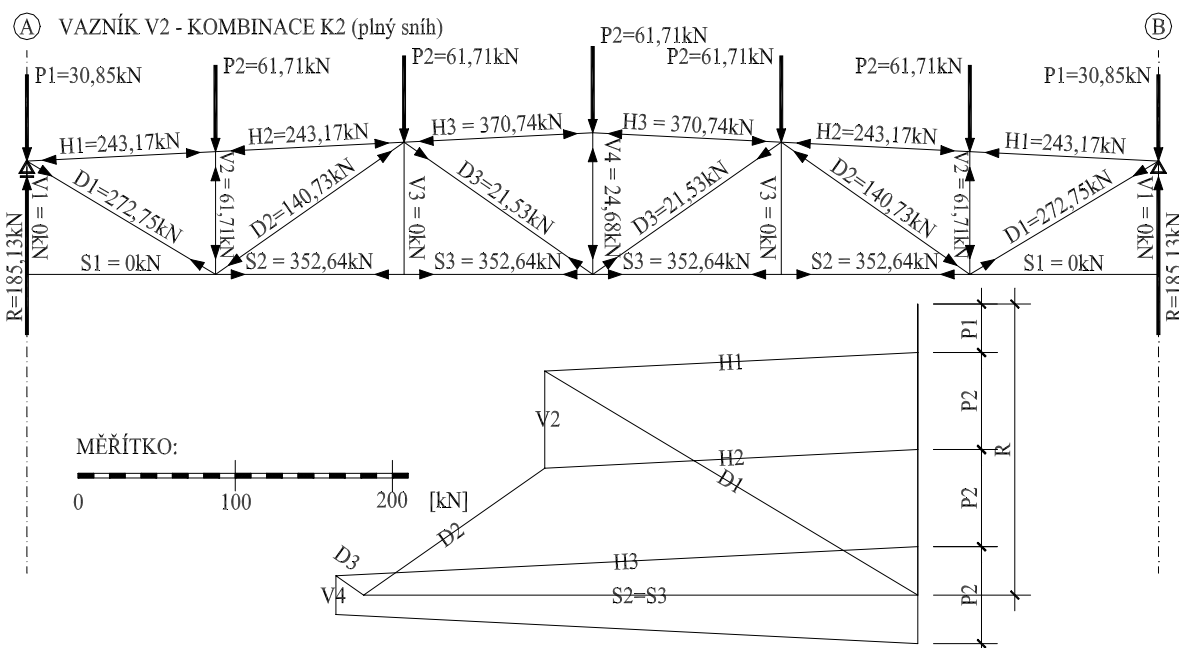
Řešení osových sil pro výše uvedená statická schémata bylo provedeno graficky styčnickovou metodou (Cremonův obrazec), v současnosti tato metoda již není příliš používána.

Přednost jednoznačně dostává počítačová podpora a používají se nejrůznější programy na řešení vnitřních sil a momentů. Přesto je nutné znát principy řešení vnitřních sil i jinými metodami, např. styčnickovou metodou, aby bylo možné výstupy z počítačových programů překontrolovat. Další možnost kontroly poskytuje průsečná metoda.

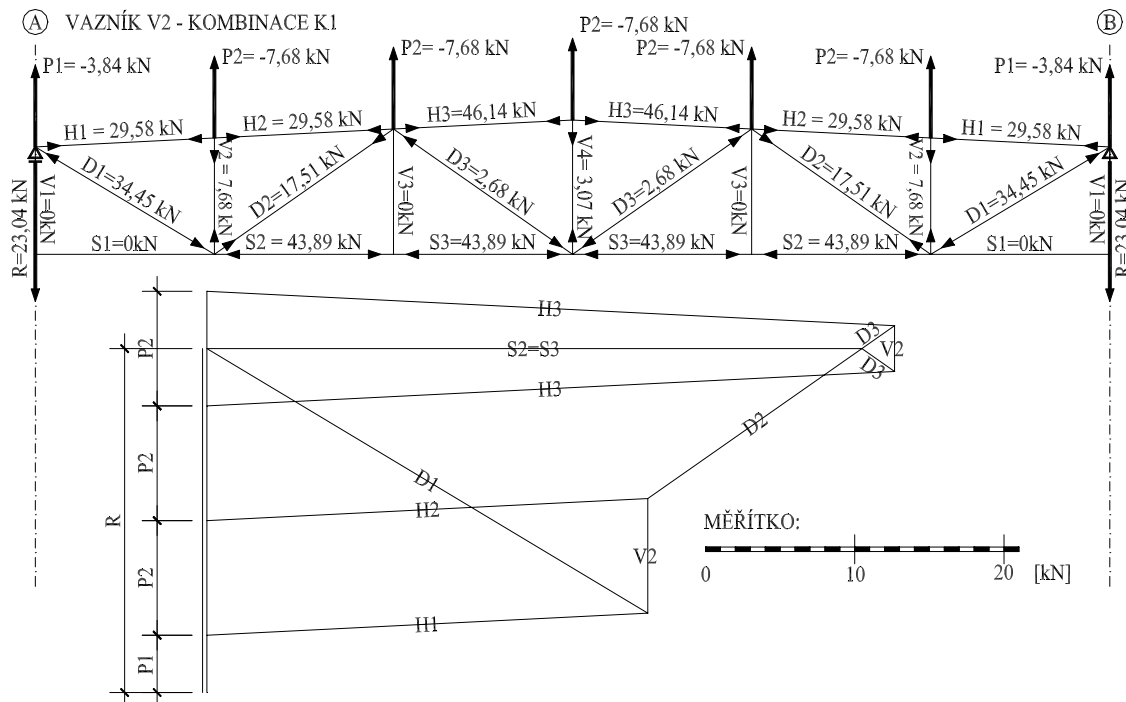
Cremonovy obrazce a vnitřní síly v prutech, uspořádané do tabulky, jsou níže.



Obr. 1.1-4 – Normálové síly pro kombinaci K3



Obr. 1.1-5 – Normálové síly pro kombinaci K2



Obr. 1.1-6 – Normálové síly pro kombinaci K1

Prut	K1 [kN]	K2 [kN]	K3 [kN]	Rozhoduje síla [kN]	Poznámky
H1 H(1)	29,58 (tah)	243,17 (tlak)	206,79 (tlak) 165,67 (tlak)	243,17 (tlak)	
H2 H(2)	29,58 (tah)	243,17 (tlak)	206,79 (tlak) 165,67 (tlak)	243,17 (tlak)	
H3 H(3)	46,14 (tah)	370,74 (tlak)	290,52 (tlak) 290,52 (tlak)	370,74 (tlak)	
S1; S(1)	0	0	0	0	Prut bude použit z konstrukčních důvodů (k.d.)
S2 S(2)	43,89 (tlak)	352,64 (tah)	295,41(tah) 257,27 (tah)	43,89 (tlak) 352,64 (tah)	
S3 S(3)	43,89 (tlak)	352,64 (tah)	295,41(tah) 257,27 (tah)	43,89 (tlak) 352,64 (tah)	
D1 D(1)	34,45 (tlak)	272,75 (tah)	240,86 (tah) 192,96 (tah)	34,45 (tlak) 272,75 (tah)	
D2 D(2)	17,51 (tah)	140,73 (tlak)	108,48 (tlak) 112,06 (tlak)	140,73 (tlak)	
D3 D(3)	1,82 (tlak)	21,53 (tah)	6,4 (tlak) 40,14 (tah)	6,4 (tlak) 40,14 (tah)	
V1; V(1)	0	0	0	0	Prut je součástí sloupu
V2 V(2)	7,68 (tah)	61,71 (tlak)	61,71 (tlak) 35,01 (tlak)	61,71 (tlak)	
V3; V(3)	0	0	0	0	Prut bude použit z k.d.
V4	3,07 (tah)	24,68 (tlak)	19,34 (tlak)	24,68 (tlak)	
Ra	23,04	185,13	165,10		
Rb	23,04	185,13	125,06		

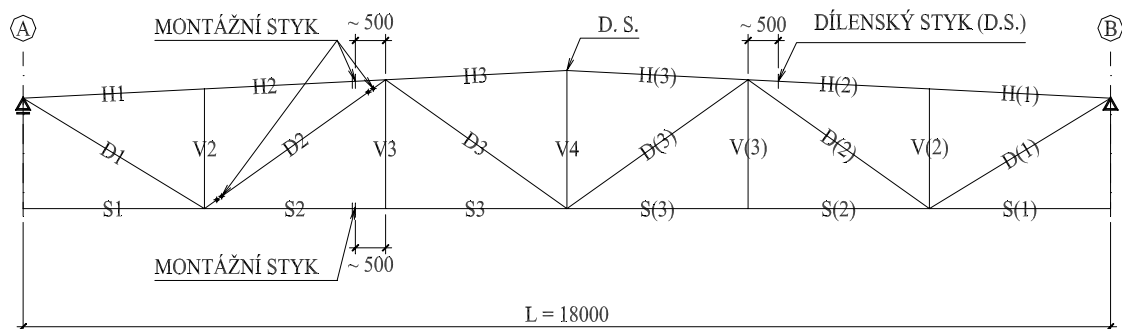
Tabulka 1.1-2 Vnitřní síly na prutech

Jednotlivé pruty, přípoje prutů ve styčnicích a styky vazníku je nutné nadimenzovat na síly odpovídající nejnepříznivější kombinaci návrhových zatížení.

Pruty vazníku budou posuzované na centrický tah nebo tlak. Pokud se vyskytne namáhání prutu ohybem, např. při mimostyčnickovém zatížení pásových prutů vazníku nebo vlivem excentrického připojení či odstupňování průřezu, je třeba posoudit takový prut na kombinaci osové síly a ohybového momentu. Osové síly jsou uvedeny v [Tabulka 1.1-2](#).

Všechny pruty výpletu jsou přivařeny koutovými svary na styčnickový plech, pouze v poli s montážním stykem je diagonála připojena ke styčnickovému plechu pomocí šroubů.

Montážní styky, které je nutné z přepravních důvodů navrhnout a konstruovat (důvody – maximální možný rozměr a/nebo maximální možná váha), jsou šroubované. V dále uvedeném případě byl uvažovaný jako omezující parametr maximální délkový rozměr do 14 m. Skladba vazníku a umístění styků jsou patrné z [Obr. 1.1-7](#).



Obr. 1.1-7 – Umístění styků na pásech vazníku

1.1.3.2 Horní pás

1.1.3.2.1 Pruty H3, H(3)

Navržen profil L 160x160/16 (S235):

$$A = 4900 \text{ mm}^2; i_{\xi} = 61,4 \text{ mm}; i_{\eta} = 31,4 \text{ mm};$$

1.1.3.2.1.1 Provozní stav:

Zatížení pro provozní stav $N_{Sd,H3} = N_{Sd,H(3)} = 370,74 \text{ kN}$ (tlak),

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

Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose $\left\{ \begin{array}{l} \eta - \eta \dots L_{cr,\eta} = 3004 \text{ mm}, \\ \zeta - \zeta \dots L_{cr,\zeta} = 3004 \text{ mm}. \end{array} \right\}$ dle [6] čl. C.1

$$\text{Štíhlost prutu} \left\{ \begin{array}{l} \lambda_{\eta} = \frac{L_{cr,\eta}}{i_{\eta}} = \frac{3004}{31,4} = 95,7 \\ \lambda_{\zeta} = \frac{L_{cr,\zeta}}{i_{\zeta}} = \frac{3004}{61,4} = 48,9 \end{array} \right\} \text{ rozhoduje } \lambda_{\eta} = 95,7 \quad \text{dle [6] (6.57)}$$

$$\text{srovnávací štíhlost } \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,9; \quad \text{dle [6] (6.58)}$$

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

$$\phi_{\eta} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda}_{\eta} - 0,2) + \bar{\lambda}_{\eta}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,02 - 0,2) + 1,02^2] = 1,22 \quad \text{dle [6] (6.56)}$$

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

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,53 \cdot 1 \cdot 4900 \cdot 235}{1,15} = 530,0 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd,H3,H(3)} = 370,74 \text{ kN dle [6] (6.55b)}$$

Prut H3, H(3) v provozním stadiu **vyhoví na vzpěrný tlak.**

1.1.3.2.1.2 Montážní stav :

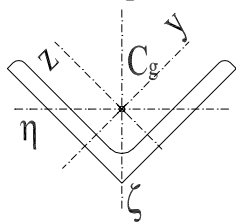
Zatížení pro montážní stav $N_{Sd,H3} = N_{Sd,H(3)} = 46,14 \text{ kN (tah)}$.

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4900 \cdot 235}{1,15} = 1001,3 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd,H3,H(3)} = 46,14 \text{ kN dle [6] (6.6)}$$

Prut H3, H(3) v montážním stadiu **vyhoví na tah.**

1.1.3.2.2 Pruty H1, H(1)

Navržený profil L 140x140/14 (S235):



$$A = 3750 \text{ mm}^2; i_{\xi} = 53,7 \text{ mm}; i_{\eta} = 27,5 \text{ mm};$$

1.1.3.2.2.1 Provozní stav :

Zatížení pro provozní stav $N_{Sd,H1} = N_{Sd,H(1)} = 243,17 \text{ kN (tlak)}$,

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

Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose $\left\{ \begin{array}{l} \eta - \eta \dots L_{cr,\eta} = 3004 \text{ mm}, \\ \zeta - \zeta \dots L_{cr,\zeta} = 3004 \text{ mm}. \end{array} \right\}$ dle [6] čl. C.1

$$\text{Štíhlost prutu } \left\{ \begin{array}{l} \lambda_{\eta} = \frac{L_{cr,\eta}}{i_{\eta}} = \frac{3004}{27,5} = 109,2 \\ \lambda_{\zeta} = \frac{L_{cr,\zeta}}{i_{\zeta}} = \frac{3004}{53,7} = 55,9 \end{array} \right\} \text{ rozhoduje } \lambda_{\eta} = 109,2 \quad \text{dle [6] (6.57)}$$

$$\text{srovnávací štíhlost } \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,9; \quad \text{dle [6] (6.58)}$$

poměrná štíhlost $\bar{\lambda}_{\eta} = (\lambda_{\eta} / \lambda_1) = 109,2 / 93,9 = 1,16$; Pro průřez 1. třídy je $\beta_A = 1$.

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

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

$$\chi_{\eta} = \frac{1}{\phi_{\eta} + \sqrt{\phi_{\eta}^2 - \bar{\lambda}_{\eta}^2}} = \frac{1}{1,41 + \sqrt{1,41^2 - 1,16^2}} = 0,45 \quad \text{dle [6] (6.56)}$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,45 \cdot 1 \cdot 3750 \cdot 235}{1,15} = 346,7 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd,H1,H(1)} = 243,17 \text{ kN dle [6] (6.55b)}$$

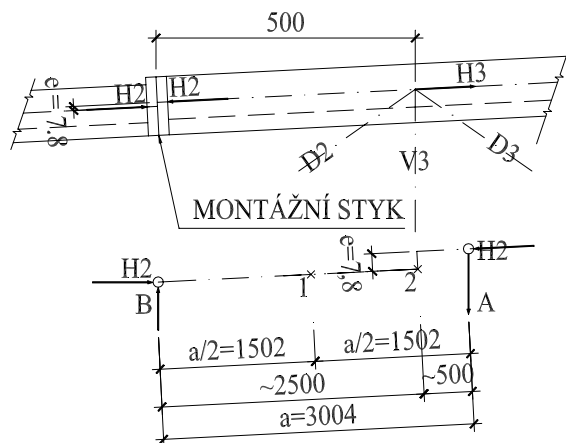
Prut H1, H(1) v provozním stadiu **vyhoví na vzpěrný tlak.**

1.1.3.2.2 Montážní stav :

Zatížení pro montážní stav $N_{Sd,H1} = N_{Sd,H(1)} = 29,58 \text{ kN (tah)}$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3750 \cdot 235}{1,15} = 766,3 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd,H1,H(1)} = 29,58 \text{ kN} \quad \text{dle [6] (6.6)}$$

Nejvíce namáhaný prut vaznice v provozním stadiu **vyhoví na tah.**

1.1.3.2.3 Pruty H2, H(2)**Navržený profil L 140x140/14 (S235):****1.1.3.2.3.1 Provozní stav :**

Zatížení pro provozní stav

$$N_{Sd,H2} = N_{Sd,H(2)} = 243,17 \text{ kN (tlak)},$$

Jak je patrné z [Obr. 1.1-8](#) bude na prutu taktéž nutné zajistit odstupňování průřezu v dílenském i v montážním styku.

Vlivem odstupňování, tzn. změnou polohy těžištní osy prutu, dojde ke vzniku excentricity $e = 7,8 \text{ mm}$ a tím ke vzniku přidavného ohybového momentu – viz [Obr. 1.1-8](#).

Obr. 1.1-8 – Montážní styk horního pásu

Přídavný ohybový moment: $M_e = H2 \cdot e = 243,17 \cdot 10^3 \cdot 7,8 = 1,89 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$,

$$A = B = M_e / a = 1,89 \cdot 10^6 / 3004 = 631,4 \text{ N}$$

Přídavný ohybový moment uprostřed prutu (v bodu 1)

$$M_1 = A \cdot a/2 = 631,4 \cdot 1502 = 0,95 \cdot 10^6 \text{ Nmm},$$

Přídavný ohybový moment v místě odstupňování (v bodu 2)

$$M_2 = B \cdot 2500 = 631,4 \cdot 2500 = 1,57 \cdot 10^6 \text{ Nmm},$$

v místě odstupňování průřezu:

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

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

Zatřídění průřezu $h/t = 140/14 = 10 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1 = 10 \dots$ 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 [\[6\]](#), 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 [\[6\]](#), čl. 6.8.4.1

$k_y = 1,5 \dots$ 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.

$$\frac{N_{Sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd,2} \cdot \gamma_{M1}}{W_{pl,y} \cdot f_y} = \frac{243,17 \cdot 10^3 \cdot 1,15}{1 \cdot 3750 \cdot 235} + \frac{1,5 \cdot 1,57 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{61,57 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,24 + 0,19 = 0,43 < 1,0$$

Prut H2, H(2) v provozním stadiu v místě odstupňování průřezu **vyhoví na interakci tlaku a ohybu.**

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

$$A = 3750 \text{ mm}^2; i_{\xi} = 53,7 \text{ mm}; i_{\eta} = 27,5 \text{ mm};$$

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

Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose $\left\{ \begin{array}{l} \eta - \eta \dots L_{cr,\eta} = 3004 \text{ mm}, \\ \zeta - \zeta \dots L_{cr,\zeta} = 3004 \text{ mm}. \end{array} \right\}$ dle [6] čl. C.1

$$\text{Štíhlost prutu} \left\{ \begin{array}{l} \lambda_{\eta} = \frac{L_{cr,\eta}}{i_{\eta}} = \frac{3004}{27,5} = 109,2 \\ \lambda_{\zeta} = \frac{L_{cr,\zeta}}{i_{\zeta}} = \frac{3004}{53,7} = 55,9 \end{array} \right\} \text{ rozhoduje } \lambda_{\eta} = 109,2 \quad \text{dle [6] (6.57)}$$

$$\text{srovnávací štíhlost } \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,9; \quad \text{dle [6] (6.58)}$$

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

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

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

$$\chi_{\eta} = \frac{1}{\phi_{\eta} + \sqrt{\phi_{\eta}^2 - \bar{\lambda}_{\eta}^2}} = \frac{1}{1,41 + \sqrt{1,41^2 - 1,16^2}} = 0,45 \quad \text{dle [6] (6.56)}$$

$k_y = 1,5 \dots$ 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.

$$\frac{N_{Sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd,1} \cdot \gamma_{M1}}{W_{p\ell,y} \cdot f_y} = \frac{243,17 \cdot 10^3 \cdot 1,15}{0,45 \cdot 3750 \cdot 235} + \frac{1,5 \cdot 0,95 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{61,57 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,705 + 0,11 = 0,82 < 1,0$$

Prut H2, H(2) v provozním stadiu uprostřed prutu **vyhoví na interakci tlaku a ohybu.**

1.1.3.2.3.2 Montážní stav :

Zatížení pro montážní stav $N_{Sd,H2} = N_{Sd,H(2)} = 29,58 \text{ kN (tah)}$.

uprostřed prutu:

Přídavný ohybový moment: $M_e = H2 \cdot e = 29,58 \cdot 10^3 \cdot 7,8 = 0,23 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$,

$$A = B = M_e / a = 0,23 \cdot 10^6 / 3004 = 77 \text{ N}$$

Přídavný ohybový moment uprostřed prutu (v bodu 1)

$$M_1 = A \cdot a / 2 = 77 \cdot 1502 = 0,12 \cdot 10^6 \text{ Nmm},$$

$$N_{Rd} = N_{t,Rd} = N_{p\ell,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3750 \cdot 235}{1,15} = 766,3 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{dle [6] (6.6)}$$

$$M_{c,y,Rd} = M_{p\ell,y,Rd} = \frac{W_{p\ell,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{61,51 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,15} = 12,57 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \quad \text{dle [6] čl. 6.6.6}$$

$$m_y = M_{y,Sd} / M_{c,y,Rd} = 0,12 / 12,57 \sim 0,0; m_z = 0$$

$$k_{y,z} = \frac{k_y + k_z}{2} + \left(\frac{k_y - k_z}{2} \right) \cdot \left(\frac{m_y - m_z}{m_y + m_z} \right) = \frac{2 + 2}{2} + \left(\frac{2 - 2}{2} \right) \cdot \left(\frac{0,0 - 0}{0,0 + 0} \right) = 2$$

$$\left(\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \right)^{k_{y,z}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{c,y,Rd}} = \left(\frac{29,58}{766,3} \right)^2 + \frac{0,12}{12,56} = 0,01 < 1$$

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{M_{\text{Sd},1}}{W_{\text{com}}} - \psi \frac{N_{\text{t,Sd}}}{A} = \frac{-0,12 \cdot 10^6}{50,6 \cdot 10^3} - 1,0 \frac{29,58 \cdot 10^3}{3750} = -2,4 - 7,9 = -10,3 \text{ MPa}; \quad \text{dle [6] čl. 6.8.3}$$

$$M_{\text{eff,Sd}} = \sigma_{\text{com,Ed}} \cdot W_{\text{com}} = -10,3 \cdot 50,6 \cdot 10^3 = -0,52 \text{ kNm};$$

Protože je prut ohýbaný v rovině menší tuhosti, není nutné uvažovat vliv klopení a ohybová únosnost je

$$M_{\text{b,Rd}} = \frac{\chi_{\text{LT}} \cdot W_{\text{pl,y}} \cdot f_y}{\gamma_{\text{M1}}} = \frac{1,0 \cdot 61,57 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,15} = 1,26 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 1,26 \text{ kNm}.$$

$$M_{\text{b,Rd}} \geq M_{\text{eff,Sd}} \dots 1,26 \text{ kNm} > 0,52 \text{ kNm}$$

Prut H2, H(2) v montážním stadiu uprostřed prutu **vyhoví na interakci tlaku a ohybu.**

v místě odstupňování průřezu:

Přídavný ohybový moment v místě odstupňování (v bodu 2)

$$M_2 = B \cdot 2500 = 77 \cdot 2500 = 0,19 \cdot 10^6 \text{ Nmm},$$

$$N_{\text{Rd}} = N_{\text{t,Rd}} = N_{\text{pℓ,Rd}} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{3750 \cdot 235}{1,15} = 766,3 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{\text{c,y,Rd}} = M_{\text{pℓ,y,Rd}} = \frac{W_{\text{pℓ,y}} \cdot f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{61,51 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,15} = 12,57 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m_y = M_{\text{y,Sd}} / M_{\text{c,y,Rd}} = 0,19 / 12,57 = 0,02; m_z = 0$$

$$k_{y,z} = \frac{k_y + k_z}{2} + \left(\frac{k_y - k_z}{2} \right) \cdot \left(\frac{m_y - m_z}{m_y + m_z} \right) = \frac{2+2}{2} + \left(\frac{2-2}{2} \right) \cdot \left(\frac{0,02-0}{0,02+0} \right) = 2 \quad \text{dle [6] čl. 6.6.6}$$

$$\left(\frac{N_{\text{Sd}}}{N_{\text{Rd}}} \right)^{k_{y,z}} + \frac{M_{\text{y,Sd}}}{M_{\text{c,y,Rd}}} = \left(\frac{29,58}{766,3} \right)^2 + \frac{0,19}{12,56} = 0,02 < 1$$

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{M_{\text{Sd},1}}{W_{\text{com}}} - \psi \frac{N_{\text{t,Sd}}}{A} = \frac{-0,19 \cdot 10^6}{50,6 \cdot 10^3} - 1,0 \frac{29,58 \cdot 10^3}{3750} = -3,4 - 7,9 = -11,3 \text{ MPa}; \quad \text{dle [6] čl. 6.8.3}$$

$$M_{\text{eff,Sd}} = \sigma_{\text{com,Ed}} \cdot W_{\text{com}} = -11,3 \cdot 50,6 \cdot 10^3 = -0,57 \text{ kNm};$$

Protože je prut ohýbaný v rovině menší tuhosti, není nutné uvažovat vliv klopení a ohybová únosnost je

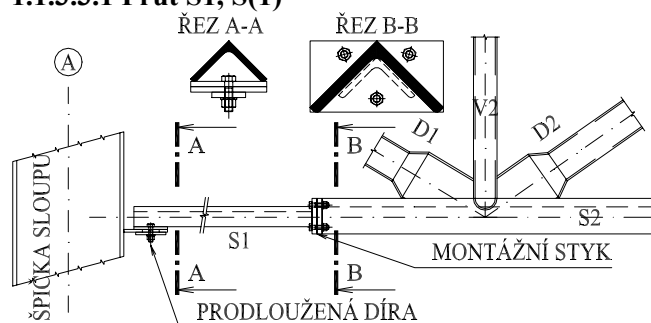
$$M_{\text{b,Rd}} = \frac{\chi_{\text{LT}} \cdot W_{\text{pl,y}} \cdot f_y}{\gamma_{\text{M1}}} = \frac{1,0 \cdot 61,57 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,15} = 1,26 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 1,26 \text{ kNm}.$$

$$M_{\text{b,Rd}} \geq M_{\text{eff,Sd}} \dots 1,26 \text{ kNm} > 0,57 \text{ kNm}$$

Prut H2, H(2) v montážním stadiu v místě odstupňování průřezu **vyhoví na interakci tlaku a ohybu.**

1.1.3.3 Spodní pás

1.1.3.3.1 Prut S1, S(1)



Tyto pruty nejsou namáhané osovou silou. Provádějí se však z konstrukčních důvodů, např. k zajištění stability spodního pásu. Prut je připojen přímo ke špičce sloupu tak, aby byl umožněn posuv ve směru rozpětí vazníku a tak bylo možné pootočení v horním úložném styčnicku vazníku. Připojení prutu ke sloupu i ke styčnicku vazníku bude šroubované.

Obr. 1.1-9 – Montážní styk dolního pásu

Doporučená mezní štíhlost dle [6], Tabulka 6.10, pro tažené pruty a pro statické zatížení je $\lambda_{mez} = 400$. Prut bude navržen na tento požadavek.

Navržen profil L 80x80/8 (S235):

$$A = 1230 \text{ mm}^2; i_{\zeta} = 30,5 \text{ mm}; i_{\eta} = 15,6 \text{ mm};$$

$$\lambda_{\zeta} = \frac{L_{cr,\zeta}}{i_{\zeta}} = \frac{9000}{30,5} = 295 < 400; \lambda_{\eta} = \frac{L_{cr,\eta}}{i_{\eta}} = \frac{3000}{15,6} = 192 < 400.$$

1.1.3.3.2 Pruty S2, S(2), S3, S(3)

Navržen profil L 140x140/14 (S235):

$$A = 3750 \text{ mm}^2; i_{\zeta} = 53,7 \text{ mm}; i_{\eta} = 27,5 \text{ mm};$$

1.1.3.3.2.1 Provozní stav :

Doporučená mezní štíhlost dle [6], Tabulka 6.10, pro tažené pruty a pro statické zatížení je $\lambda_{mez} = 400$. Vazník bude opatřen svislým podélným ztužidlem v $L/2 = 18000/2$, potom štíhlost spodního pasu bude $\lambda_{\zeta} = 9000/53,7 = 168$.

$$\text{Zatížení pro provozní stav } N_{Sd} = N_{Sd,S2} = N_{Sd,S(2)} = N_{Sd,S3} = N_{Sd,S(3)} = 352,64 \text{ kN (tah)},$$

$$N_{Rd} = N_{t,Rd} = N_{p^t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3750 \cdot 235}{1,15} = 766,3 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd} = 352,64 \text{ kN}$$

Pruty spodního pasu v provozním stadiu **vyhoví na tah**.

1.1.3.3.2.2 Montážní stav :

Vliv vzpěru uprostřed prutu nelze při posouzení zanedbat.

$$\text{Zatížení pro montážní stav } N_{Sd,S2} = N_{Sd,S(2)} = N_{Sd,S3} = N_{Sd,S(3)} = 43,89 \text{ kN (tlak)},$$

$$\text{Zatřídění průřezu } h/t = 140/14 = 10 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1 = 10 \dots \text{ třída 1} \dots \beta_A = 1,0.$$

$$\text{Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose } \begin{cases} \eta - \eta \dots L_{cr,\eta} = 3000 \text{ mm}, \\ \zeta - \zeta \dots L_{cr,\zeta} = 9000 \text{ mm}. \end{cases}$$

$$\text{Štíhlost prutu } \left\{ \begin{array}{l} \lambda_{\eta} = \frac{L_{cr,\eta}}{i_{\eta}} = \frac{3000}{27,5} = 109,1 \\ \lambda_{\zeta} = \frac{L_{cr,\zeta}}{i_{\zeta}} = \frac{9000}{53,7} = 168 \end{array} \right\} \text{ rozhoduje } \lambda_{\zeta} = 168;$$

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

$$\text{poměrná štíhlost } \bar{\lambda}_{\zeta} = (\lambda_{\zeta} / \lambda_1) = 168/93,9 = 1,79;$$

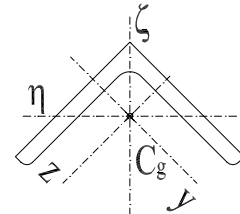
Hodnotu součinitele vzpěrnosti χ_{min} lze pro křivku c (pro válcované nosníky L, $\alpha_1 = 0,49$) určit pro $\bar{\lambda}$ dle přílohy E, nebo z následujících vzorců :

$$\phi_{\zeta} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda}_{\zeta} - 0,2) + \bar{\lambda}_{\zeta}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,79 - 0,2) + 1,79^2] = 2,49$$

$$\chi_{\zeta} = \frac{1}{\phi_{\zeta} + \sqrt{\phi_{\zeta}^2 - \bar{\lambda}_{\zeta}^2}} = \frac{1}{2,49 + \sqrt{2,49^2 - 1,79^2}} = 0,23$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,23 \cdot 1 \cdot 3750 \cdot 235 / 1,15 = 176,25 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd} = 43,89 \text{ kN}$$

Pruty spodního pasu v montážním stadiu **vyhoví na tlak**.



1.1.3.4 Diagonály

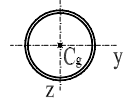
1.1.3.4.1 Pruty D1, D(1), D2, D(2), D3, D(3)

1.1.3.4.1.1 Provozní stav

$$N_{Sd} = N_{Sd,D2} = N_{Sd,D(2)} = 140,73 \text{ kN (tlak)}, \quad N_{Sd} = N_{Sd,D1} = N_{Sd,D(1)} = 272,75 \text{ kN (tah)},$$

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

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



Posouzení na tlak:

Doporučená mezní štíhlost dle [6], Tabulka 6.10, pro tlačené pruty a pro statické zatížení je $\lambda_{mez} = 200$. Štíhlost diagonály je pro největší délku diagonály $\lambda = 3662/34,3 = 107$.

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

Štíhlost při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose

$$\begin{cases} y-y \dots L_{cr,y} = 3662 \text{ mm}, \\ z-z \dots L_{cr,z} = 3662 \text{ mm}. \end{cases}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \lambda = \frac{3662}{34,3} = 107; \quad \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,9;$$

poměrná štíhlost $\bar{\lambda} = (\lambda/\lambda_1) = 107/93,9 = 1,14;$

Hodnotu součinitele vzpěrnosti χ_{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 :

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,14 - 0,2) + 1,14^2] = 1,24$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,24 + \sqrt{1,24^2 - 1,14^2}} = 0,57$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,57 \cdot 1 \cdot 1520 \cdot 235 / 1,15 = 177,0 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd} = 140,73 \text{ kN}$$

Pruty diagonál vyhoví na tlak.

Posouzení na tah:

Doporučená mezní štíhlost dle [6], Tabulka 6.10, pro tažené pruty a pro statické zatížení je $\lambda_{mez} = 400$. Štíhlost diagonály je pro největší délku diagonály $\lambda = 3662/34,3 = 107$.

$$N_{Rd} = N_{t,Rd} = N_{p\ell,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1520 \cdot 235}{1,15} = 310,6 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd} = 272,75 \text{ kN}$$

Pruty diagonál v provozním stadiu vyhoví na tah.

1.1.3.5 Vertikály

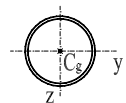
1.1.3.5.1 Pruty V2, V(2), V3, V(3), V4

1.1.3.5.1.1 Provozní stav

$$N_{Sd} = N_{Sd,V2} = N_{Sd,V(2)} = 61,71 \text{ kN (tlak)}, \quad N_{Sd} = N_{Sd,V2} = N_{Sd,V(2)} = 5,22 \text{ kN (tah)},$$

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

Navržen profil TR 70x5 (S235): $A = 1020 \text{ mm}^2; i_y = i_z = 23,0 \text{ mm};$



Posouzení na tlak:

Doporučená mezní štíhlost dle [6], Tabulka 6.10, pro tlačené pruty a pro statické zatížení je $\lambda_{mez} = 200$. Štíhlost vertikály V3 (pro největší délku vertikály) je $\lambda = 2250/23 = 98$.

Zatřídění průřezu $d/t = 70/5 = 14 < 50 \cdot \epsilon^2 = 50 \cdot 1 = 50 \dots$ třída 1 ... $\beta_A = 1,0$.

Štíhlost vertikály V2 při rovinném vybočení je pro vzpěr kolmo k ose

$$\left\{ \begin{array}{l} y-y \dots L_{cr,y} = 2100 \text{ mm,} \\ z-z \dots L_{cr,z} = 2100 \text{ mm.} \end{array} \right.$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \lambda = \frac{2100}{23} = 91,3; \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,9;$$

$$\text{poměrná štíhlost } \bar{\lambda} = (\lambda/\lambda_1) = 91,3/93,9 = 0,97;$$

Hodnotu součinitele vzpěrnosti χ_{\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 :

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,97 - 0,2) + 0,97^2] = 1,24$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,24 + \sqrt{1,24^2 - 0,97^2}} = 0,49$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0,49 \cdot 1 \cdot 1020 \cdot 235 / 1,15 = 102,1 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd} = 61,71 \text{ kN}$$

Pruty vertikál vyhoví na tlak.

Posouzení na tah:

Doporučená mezní štíhlost dle [6], Tabulka 6.10, pro tažené pruty a pro statické zatížení je $\lambda_{mez} = 400$. Štíhlost vertikály V3 (pro největší délku vertikály) je $\lambda = 2250/23 = 98$.

$$N_{Rd} = N_{t,Rd} = N_{p\ell,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1020 \cdot 235}{1,15} = 208,46 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Sd} = 5,22 \text{ kN}$$

Pruty vertikál vyhoví na tah.

1.1.3.6 Přípoje – posouzení mezního stavu únosnosti

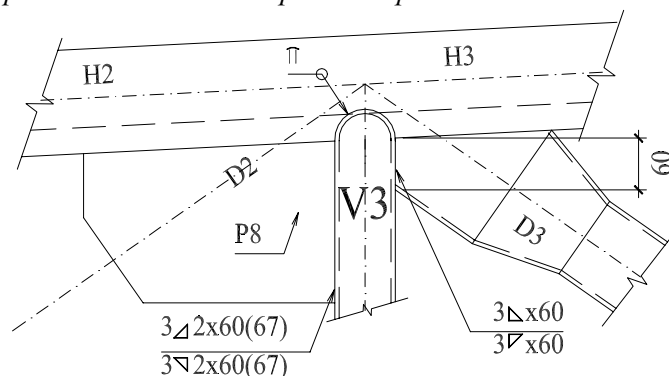
Protože vazník má mezní rozměry větší než jsou přepravní možnosti, nelze jej vyrobit v celku. Proto bude rozdělený na dvě části. Rozdělení na montážní celky je patrné z Obr. 1.1-7. V dalším textu bude posouzen pouze uzel horního pasu u montážního styku. Ostatní přípoje by mohly být řešené obdobně.

1.1.3.6.1 Dílenské přípoje

1.1.3.6.1.1 Přípoj v uzlu mezi pruty H2, V3, D3, H3

Přípoj V3 a H2 (H3):

Mezi vertikálou a horním pásem bude tupý oboustranný nezabroušený svar bez úprav spojovaných ploch. Tento svar bude proveden pouze z konstrukčních důvodů jako těsnící.

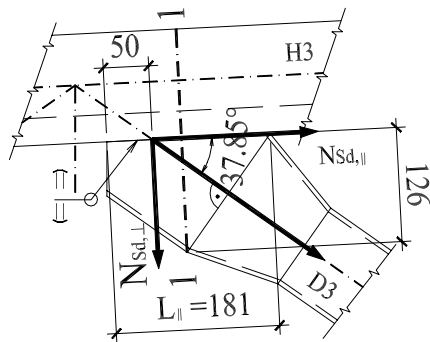


Mezi vertikálou, diagonálou a styčnickovým plechem bude skupina oboustranných koutových svariů, $a=3\text{mm}$, $l=60\text{ mm}$, namáhaných tlakovou silou dle [6], čl. C.2.5

$$\frac{N_{Sd,S2}}{100} = \frac{N_{Sd,S3}}{100} = \frac{43,89}{100} = 0,4 \text{ kN.}$$

Obr. 1.1-10 – Detail dílenského styku – V3, D3

Posudek svaru není proveden, svar evidentně vyhoví.

Přípoj D3 a H3:

Diagonála je připojena oboustranným tupým svarem a musí být připojena na extrémní osovou sílu, tzn. na největší sílu v absolutní hodnotě ($D3=40,14$ kN). Tato síla se rozloží na složku kolmou a rovnoběžnou s podélnou osou svaru:

$$N_{Sd,\perp} = 40,14 \cdot \sin 37,85^\circ = 24,6 \text{ kN},$$

$$N_{Sd,\parallel} = 40,14 \cdot \cos 37,85^\circ = 31,7 \text{ kN}.$$

Obr. 1.1-11 – Detail dílenského styku – D3**Poznámka:**

Do složek sil $N_{Sd,\perp}$, $N_{Sd,\parallel}$ by měl být započítaný i účinek od vertikály V3. S tímto účinkem nebylo uvažované, protože jeho velikost oproti síle v diagonále D3 je nepodstatná.

Příčné normálové napětí ve svaru ze složky $N_{Sd,\perp} = 24,6$ kN :

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Sd,\perp}}{L_{\parallel} \cdot t_w} + \frac{[N_{Sd,\perp} \cdot (181/2 - 50)] \cdot 6}{L_{\parallel}^2 \cdot t_w} = \frac{24,6 \cdot 10^3}{181 \cdot 10} + \frac{[24,6 \cdot 10^3 \cdot (181/2 - 50)] \cdot 6}{181^2 \cdot 10} = 31,8 \text{ MPa}$$

podélné normálové napětí ze složky $N_{Sd,\parallel} = 31,7$ kN je $\sigma_{\parallel} = \frac{N_{Sd,\parallel}}{A_{\perp}} = \frac{31,7 \cdot 10^3}{6160} = 5,1 \text{ MPa}$,

kde $A_{\perp} \approx 4900 + 126 \cdot 2 \cdot 5 = 6160 \text{ mm}^2$ je plocha účinná na smyk vzniklá z řezu 1-1

podélné smykové napětí ze složky $N_{Sd,\parallel} = 31,7$ kN je $\tau = \frac{N_{Sd,\parallel}}{L_{\parallel} \cdot t_w} = \frac{31,7 \cdot 10^3}{181 \cdot 10} = 17,5 \text{ MPa}$

návrhová únosnost průřezu ve smyku pro $A_{\perp} = A_v$ je $V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{6210 \cdot 235}{1,15 \cdot \sqrt{3}} = 732,7 \cdot 10^3 \text{ N}$

$$\frac{V_{Sd}}{V_{pl,Rd}} = \frac{N_{Sd,\parallel}}{V_{pl,Rd}} = \frac{31,7}{732,7} = 0,04 \leq 0,3 \dots \text{ pro rovinné namáhání pak platí dle [6], čl. 6.6.8}$$

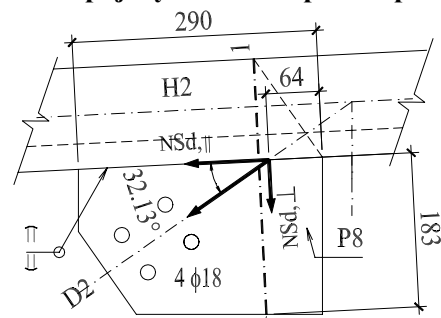
$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_{yd}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_{yd}} \right) \leq 1,0, \text{ do vzorce bude doplněno}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \sigma_{\parallel}; \sigma_{z,Ed} = \frac{\sigma_{\perp}}{\gamma_{r,\sigma_{\perp}}}; f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}; \gamma_{r,\sigma_{\perp}} = 0,85;$$

$$\left(\frac{5,1 \cdot 1,15}{235} \right)^2 + \left(\frac{31,8 \cdot 1,15}{235 \cdot 0,85} \right)^2 - \left(\frac{5,1 \cdot 1,15}{235} \right) \cdot \left(\frac{31,8 \cdot 1,15}{235 \cdot 0,85} \right) = 0 + 0,18 - 0 = 0,18 < 1,0$$

tupý svar vyhoví na tah .

Posouzení na tlakovou sílu 6,4 kN není provedeno, svar evidentně vyhoví.

Přípoj styčnickového plechu pro diagonálu D2 k prutu H2:**Obr. 1.1-12** – Detail dílenského styku – styčnickový plech pro D2

Styčnickový plech pro přípoj diagonály musí být připojen na extrémní osové síly ($D2=17,51$ kN tah; $D2=140,73$ kN tlak). Tyto síly se rozloží na složku kolmou a rovnoběžnou s podélnou osou svaru:

$$N_{Sd,\perp,t} = 17,51 \cdot \sin 32,13^\circ = 9,3 \text{ kN},$$

$$N_{Sd,\perp,c} = 140,73 \cdot \sin 32,13^\circ = 74,8 \text{ kN},$$

$$N_{Sd,||,t} = 17,51 \cdot \cos 32,13^\circ = 14,8 \text{ kN},$$

$$N_{Sd,||,c} = 140,73 \cdot \cos 32,13^\circ = 119,2 \text{ kN}.$$

Pro tahovou sílu:

příčné normálové napětí ve svaru ze složky $N_{Sd,||,t} = 6,3 \text{ kN}$:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Sd,||,t}}{L_{||} \cdot t_w} + \frac{[N_{Sd,||,t} \cdot (290/2 - 64)] \cdot 6}{L_{||}^2 \cdot t_w} = \frac{9,3 \cdot 10^3}{290 \cdot 8} + \frac{[9,3 \cdot 10^3 \cdot (290/2 - 64)] \cdot 6}{290^2 \cdot 8} = 7,4 \text{ MPa}$$

$$\text{podélné normálové napětí ze složky } N_{Sd,||,t} = 14,8 \text{ kN je } \sigma_{||} = \frac{N_{Sd,||,t}}{A_{\perp}} = \frac{14,8 \cdot 10^3}{6364} = 2,3 \text{ MPa},$$

kde $A_{\perp} \approx 4900 + 183 \cdot 8 = 6364 \text{ mm}^2$ je plocha účinná na smyk vzniklá z řezu 1-1

$$\text{podélné smykové napětí ze složky } N_{Sd,||,t} = 14,8 \text{ kN je } \tau = \frac{N_{Sd,||,t}}{L_{||} \cdot t_w} = \frac{14,8 \cdot 10^3}{290 \cdot 8} = 6,3 \text{ MPa}$$

$$\text{návrhová únosnost průřezu ve smyku pro } A_{\perp} = A_v \text{ je } V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{6364 \cdot 235}{1,15 \cdot \sqrt{3}} = 750,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{Sd}}{V_{pl,Rd}} = \frac{N_{Sd,||}}{V_{pl,Rd}} = \frac{14,8}{750,8} = 0,02 \leq 0,3 \dots \text{ pro rovinné namáhání pak platí}$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_{yd}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_{yd}} \right) \leq 1,0, \text{ do vzorce bude doplněno}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \sigma_{||}; \sigma_{z,Ed} = \frac{\sigma_{\perp}}{\gamma_{r,\sigma\perp}}; f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}; \gamma_{r,\sigma\perp} = 0,85;$$

$$\left(\frac{2,3 \cdot 1,15}{235} \right)^2 + \left(\frac{7,4 \cdot 1,15}{235 \cdot 0,85} \right)^2 - \left(\frac{2,3 \cdot 1,15}{235} \right) \cdot \left(\frac{7,4 \cdot 1,15}{235 \cdot 0,85} \right) = 0 + 0,04 - 0 = 0,04 < 1,0$$

tupý svar vyhoví na tah

Pro tlakovou sílu:

příčné normálové napětí ve svaru ze složky $N_{Sd,||,c} = 74,8 \text{ kN}$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Sd,||,c}}{L_{||} \cdot t_w} + \frac{[N_{Sd,||,c} \cdot (290/2 - 64)] \cdot 6}{L_{||}^2 \cdot t_w} = \frac{74,8 \cdot 10^3}{290 \cdot 8} + \frac{[74,8 \cdot 10^3 \cdot (290/2 - 64)] \cdot 6}{290^2 \cdot 8} = 86,3 \text{ MPa}$$

$$\text{podélné normálové napětí ze složky } N_{Sd,||,c} = 119,2 \text{ kN je } \sigma_{||} = \frac{N_{Sd,||,c}}{A_{\perp}} = \frac{119,2 \cdot 10^3}{6364} = 18,7 \text{ MPa},$$

kde $A_{\perp} \approx 4900 + 183 \cdot 8 = 6364 \text{ mm}^2$ je plocha účinná na smyk vzniklá z řezu 1-1

$$\text{podélné smykové napětí ze složky } N_{Sd,||,c} = 119,2 \text{ kN je } \tau = \frac{N_{Sd,||,c}}{L_{||} \cdot t_w} = \frac{119,2 \cdot 10^3}{290 \cdot 8} = 51,4 \text{ MPa}$$

$$\text{návrhová únosnost průřezu ve smyku pro } A_{\perp} = A_v \text{ je } V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{6364 \cdot 235}{1,15 \cdot \sqrt{3}} = 750,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{Sd}}{V_{pl,Rd}} = \frac{N_{Sd,||,c}}{V_{pl,Rd}} = \frac{119,2}{750,8} = 0,16 \leq 0,3 \dots \text{ pro rovinné namáhání pak platí}$$

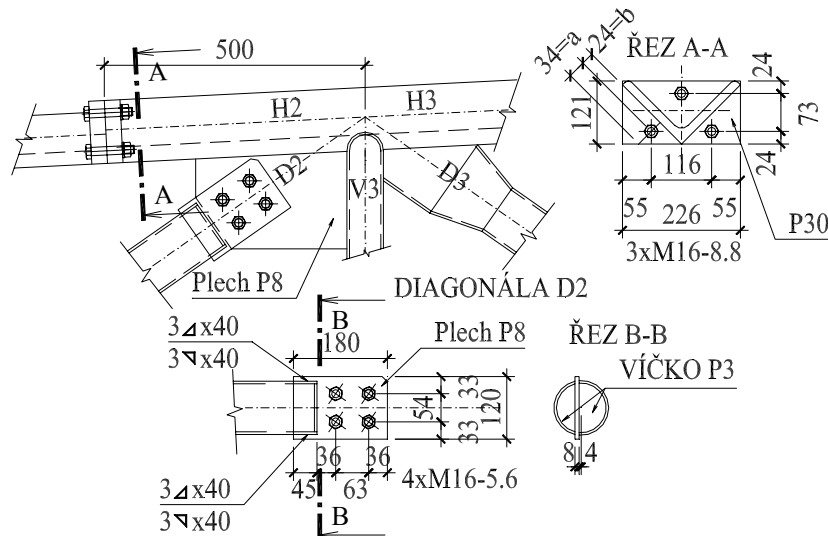
$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_{yd}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_{yd}} \right) \leq 1,0, \text{ do vzorce bude doplněno}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \sigma_{||}; \sigma_{z,Ed} = \frac{\sigma_{\perp}}{\gamma_{r,\sigma\perp}}; f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}; \gamma_{r,\sigma\perp} = 1,0;$$

$$\left(\frac{18,7 \cdot 1,15}{235}\right)^2 + \left(\frac{86,3 \cdot 1,15}{235 \cdot 1,0}\right)^2 - \left(\frac{18,7 \cdot 1,15}{235}\right) \cdot \left(\frac{86,3 \cdot 1,15}{235 \cdot 1,0}\right) = 0,01 + 0,18 - 0,04 = 0,15 < 1,0$$

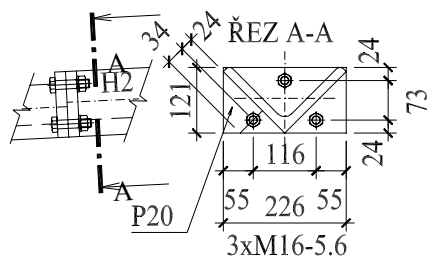
tupý svar **vyhoví na tlak.**

1.1.3.6.2 Montážní přípoje



Obr. 1.1-13 – Detaily montážního styku, horní pás

1.1.3.6.2.1 Přípoj horního pásu, prut H2



Při návrhu musí být vyhodnocen jak montážní tak provozní stav, vždy včetně ohybového momentu, který vzniká vlivem odstupňování, tzn. změnou polohy těžištní osy prutu. Excentricita je 7,8 mm.

Obr. 1.1-14 – Detail montážního styku – H2

Navrženo 3x M16 (5.6):

Provozní stav:

$$H2 = 243,17 \cdot 10^3 \text{ N (tlak)}, M_e = H2 \cdot e = 243,17 \cdot 10^3 \cdot 7,8 = 1,89 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\text{Podíl tahové síly do šroubu od momentu } F_{t,Sd} = M_e / 73 = 1,89 \cdot 10^6 / 73 = 25,5 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Celková síla ve šroubu $F_{Sd} = F_{t,Sd} + F_{Sd,H2} = 25,5 - 243,17 = -217,7 \text{ kN}$... výslednicí je tlak, tzn. šrouby v provozním stavu plní pouze stabilizační funkci a **vyhoví**.

Montážní stav:

$$H2 = 29,58 \cdot 10^3 \text{ N (tah)}, M_e = H2 \cdot e = 29,58 \cdot 10^3 \cdot 7,8 = 0,23 \cdot 10^6 \text{ Nmm};$$

Účinek posouvající síly $V_{Sd} = A = B = 77 \text{ N}$ bude zanedbaný.

$$\text{Podíl tahové síly do šroubu od momentu } F_{t,Sd} = M_e / 73 = 0,23 \cdot 10^6 / 73 = 3,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Celková síla ve šroubu } F_{Sd} = F_{t,Sd} + F_{Sd,H2} = 29,58 + 3,2 = 32,8 \text{ kN}$$

Vliv páčení dle [6] (7.17a): $t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{24 \cdot 16^2}{34}} = 24,3 \text{ mm} > t(20 \text{ mm})$... je nutné

uvážít vliv páčení a zvýšit návrhovou tahovou sílu ve šroubu součinitelem

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{24,3^3 - 20^3}{16^2} = 1,12$$

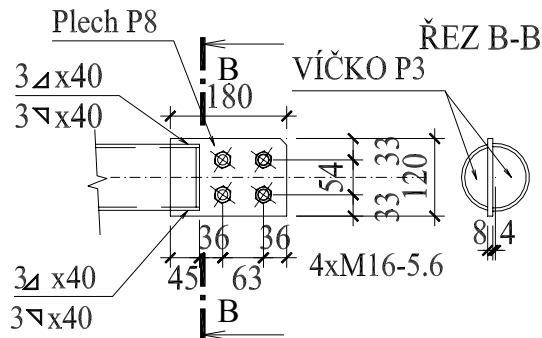
Celková síla ve šroubu

$$F_{Sd} = F_{t,Sd} \cdot \gamma_p = 32,8 \cdot 1,12 = 36,9 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 48,7 \text{ kN} \dots \text{šrouby v montážním stavu vyhoví.}$$

Poznámka:

Z posudku montážního styku v montážním stavu je zřejmé, že umístění montážního styku do místa odstupňování průřezu bude klást neobvyklé nároky na dimenze montážního styku. Vlivem působícího ohybového momentu při nespécifikovaném způsobu montáže je nutné použít šrouby většího průměru, než je nutné pro provozní stav. Jak je zřejmé, pokud by se zvolil takový postup a způsob montáže, aby nedošlo k tahovým silám v horním pasu, pak by montážní styk mohl být podstatně subtilnější.

1.1.3.6.2 Přípoj diagonály D2



Při návrhu musí být opět vyhodnocen jak montážní tak provozní stav.

Obr. 1.1-15 – Detail přípoje – D2

Navrženo 4x M16 (5.6):

Provozní stav:

$$D2 = F_{V,Sd} = 140,73 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 201}{1,45} = 41,6 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \cdot \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{36}{3 \cdot 18}; \frac{63}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4} \cdot \frac{500}{360}; 1\right) = \min(0,67; 0,91; 1) = 0,67$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 \cdot 0,67 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 8}{1,45} = 53,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$4 \cdot \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) = 4 \cdot \min(41,6; 53,2) = 166,4 \text{ kN} > F_{V,Sd} = 140,73 \text{ kN}$$

šrouby v provozním stavu **vyhoví**

Montážní stav:

$$D2 = F_{V,Sd} = 11,9 \cdot 10^3 \text{ N} < 4 \cdot \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) = 4 \cdot \min(41,6; 53,2) = 166,4 \text{ kN}$$

šrouby v montážním stavu **vyhoví**

1.1.3.7 Mezní stav po užitelnosti

Kritériem je vyhodnocení deformace (průhybu vazníku) a porovnání s charakteristickou hodnotou. Průhyb vazníku od charakteristického zatížení nesmí překročit hodnotu $L/250$ rozpětí vazníku.

$$\delta_{\max} = L/250 = 18000/250 = 72 \text{ mm}$$

Průhyb se počítá pro nejneprůzračnější kombinaci charakteristických zatížení (součinitele zatížení se uvažují hodnotou $\gamma_f = 1,0$). V běžných případech průhyb vaznice (vazníku) bezpečně vyhoví a můžeme deformaci počítat přibližně s využitím Steinerovy věty.

Při přibližném výpočtu deformace pomocí Steinerovy věty lze postupovat tak, že:

- vaznice (vazník) je nahrazena statickým schématem prostého nosníku, zatíženého nejneprůzračnější kombinací zatížení (pro zjednodušení lze uvažovat, že touto kombinací bude pouze spojité rovnoměrné zatížení po celé délce vaznice)
- do vzorce pro deformaci prostého nosníku, zatíženého spojitým rovnoměrným zatížením po celé

$$\text{délce nosníku ve tvaru } \delta_z = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I_{y,\text{náhr}}}$$

g charakteristickou hodnotu spojitého rovnoměrného zatížení od nejneprůzračnější kombinace v N/mm,

L délku nosníku, tzn. rozpon vaznice v mm,

E modul pružnosti oceli v MPa,

$I_{y,náhr}$ moment setrvačnosti průřezu nosníku v mm^4 . Tento moment setrvačnosti lze určit pro průřez složený pouze z horního a dolního pasu vaznice. Při výpočtu polohy těžišťové osy lze bezpečně dosazovat minimální vzdálenost těžišť horního a dolního pasu.

$$I_{y,náhr} \sim 2 \cdot [A \cdot (h/2)^2 + I_y] = 2 \cdot (3750 \cdot (1800/2)^2 + 0,0108 \cdot 10^9) = 6,1 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Průhyb vazníku v provozním stavu

$$\delta_z = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I_{y,náhr}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{16,51 \cdot 18000^4}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 6,1 \cdot 10^9} = 17,6 \text{ mm} < \delta_{\max} = L/250 = 18000/250 = 72 \text{ mm} \dots$$

vazník vyhoví

Je-li však výška vaznice malá nebo zatížení vaznice mimořádně velké, je nutno posoudit průhyb přesnější metodou. Výpočet průhybu pak lze provést na základě věty o vzájemnosti virtuálních prací, podle vztahu

$$\delta_z = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot \bar{S}_i \cdot L_i}{E \cdot A_i}, \text{ kde}$$

S_i jsou osové síly působící v jednotlivých prutech od charakteristického zatížení (pro nejnepříznivější kombinaci zatížení),

\bar{S}_i osové síly od jednotkové síly působící uprostřed rozpětí vazníku - počítáme svislý průhyb středního styčnicku,

L_i teoretické délky jednotlivých prutů příhradové soustavy,

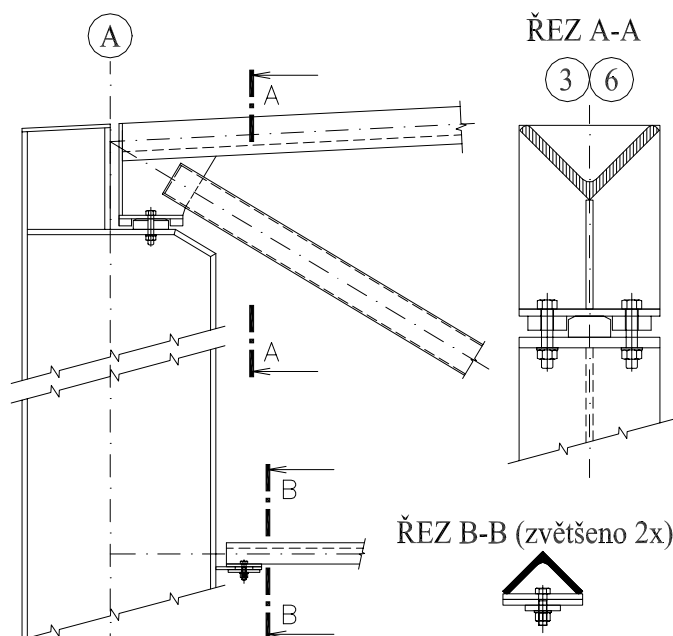
A_i průřezové plochy prutů,

E modul pružnosti oceli ($E=210\,000$ MPa),

n počet všech prutů příhradové soustavy.

Výsledná podmínka, která musí být splněna je splněna, pokud bude platit $\delta_z \leq \delta_{\max} = L/250$.

1.1.3.8 Konstrukční řešení uložení vazníku



Vazník musí být uložen u horního krajního styčnicku kloubově na obou sloupech (u osy řady A i B). Na [Obr. 1.1-16](#) je uložení vazníku na sloupek řešené pomocí úložné patky. Toto řešení připouští natočení v rovině vazníku, tzn. uložení plní funkci kloubového uložení. Svislá složka reakce vazníku se přenáší z vazníku do sloupu úložnou patkou. Vodorovná složka reakce vazníku se přenáší z vazníku do sloupu a naopak (ze sloupu do vazníku) v místě úložného styčnicku pomocí zarážek přivařených pod úložný plech patky. Použité šrouby pak budou přenášet svislou tahovou sílu v montážním stavu.

Obr. 1.1-16 – Uložení vazníku na sloupek

Poznámky:

- 1 Vlastní tíha vazníku může být nyní upřesněná na základě znalosti profilů, jak je uvedeno v následujícím příkladu výkazu materiálu
- 2 Odhad vlastní tíhy (2,40 kN/bm včetně ztužidel) není nutné upravovat, změna velikosti účinků nebude podstatná.

Položka	Počet kusů v dílci	Počet kusů celkem	Průřez	Délka [mm]	Jednotková hmotnost [kg/m; kg/m ²]	Hmotnost pro jeden vazník [kg]	Jakost mat.	Poznámky
2 VAZNÍK 2								
1	2	4	L160x160x16	3504	38,47	269,6	S 235	Horní pás
2	2	4	L140x140x14	5508	29,43	324,2	S 235	Horní pás
3	1	2	L140x140x14	13000	29,43	382,6	S 235	Dolní pás
4	2	4	L80x80x8	5000	9,66	96,6	S 235	Dolní pás
5	2	4	TR102/5	3499	11,93	82,3	S 235	D1
6	2	4	TR102/5	3662	11,93	87,4	S 235	D2
7	2	4	TR102/5	3662	11,93	87,4	S 235	D3
8	2	4	TR70/5	1950	8,00	31,2	S 235	V2
9	2	4	TR70/5	2100	8,00	33,6	S 235	V3
10	1	2	TR70/5	2250	8,00	36,0	S 235	V4
			Mezisoučet			1 430,9		
			Nespecifikovaný materiál		~ 6%	86,0		
			Celkem			1 516,9		84,3 kg/bm vazníku

Tabulka 1.1-3 Výpis materiálu vazníku V2

2 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Doc. Ing. Jindřich Melcher, Csc., Ing. Bohumil Straka KOVOVÉ KONSTRUKCE, konstrukce průmyslových budov, Praha 1977, SNTL
- [2] ČSN 73 5130:94 JEŘÁBOVÉ DRÁHY
- [3] ČSN 27 0140:87 JEŘÁBY A ZDVIHADLA
Projektování a konstruování, část 1 až 6
- [4] ČSN 27 0200:78 ELEKTRICKÉ MOSTOVÉ JEŘÁBY nosnosti 5 až 50 tun
- [5] ČSN 73 0035 :88 ZATÍŽENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ
- [6] ČSN 73 1401:98 NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ
- [7] ČSN P ENV 1993-1-1:94 NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ
Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [8] ČSN 01 3483:87 VÝKRESY KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ
- [9] Fuchs, Rec, Šeřl Statické hodnoty kovových válcovaných průřezů,
SNTL 1984