

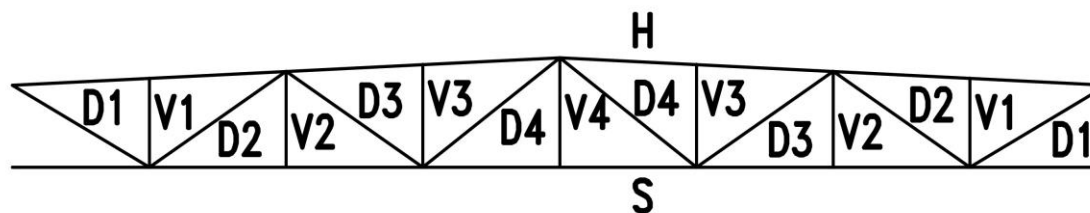
KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 2

- CVIČENÍ -

1. Ocelové konstrukce – ocelová hala

Návrh a posouzení prutů vazníku

- pruty vazníku (horní pás, dolní pás, diagonály a svislice) navrhne a posoudíme na maximální účinky zatížení zjištěných z kombinací zatěžovacích stavů KZS1 až KZS5
- pro každý prut vazníku najdeme ze všech kombinací KZS1 až KZS5 maximální **tahovou** sílu (= největší kladnou hodnotu normálové síly) a maximální **tlakovou** sílu (= největší zápornou hodnotu normálové síly), pokud existují.
- Označení prutů vazníku:
 - H... horní pás
 - S... spodní pás
 - Dx... diagonála
 - Vx... svislice



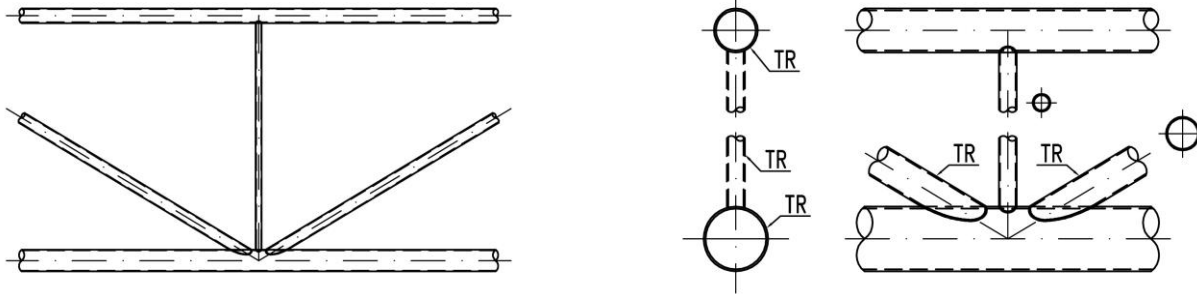
(vazník je symetrický podle střední svislice)

Příhradový vazník – průřezy prutů

- pruty vazníku navrhujeme z uzavřených válcovaných profilů. Možné varianty:

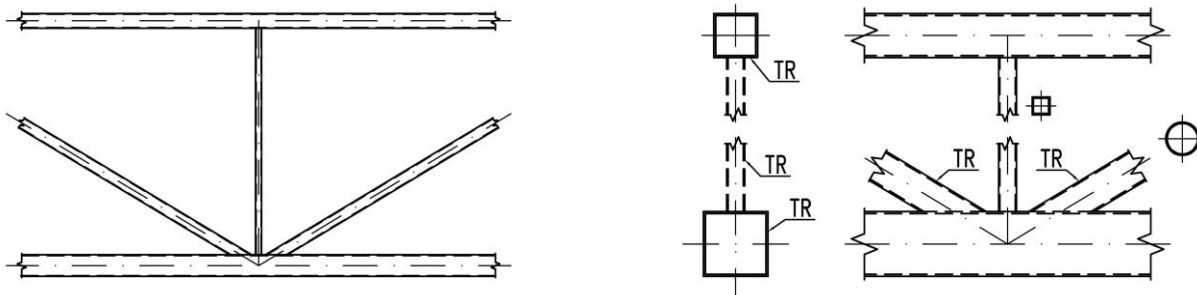
A) kruhové trubky

- pásy i vnitřní pruty z kruhových trubek

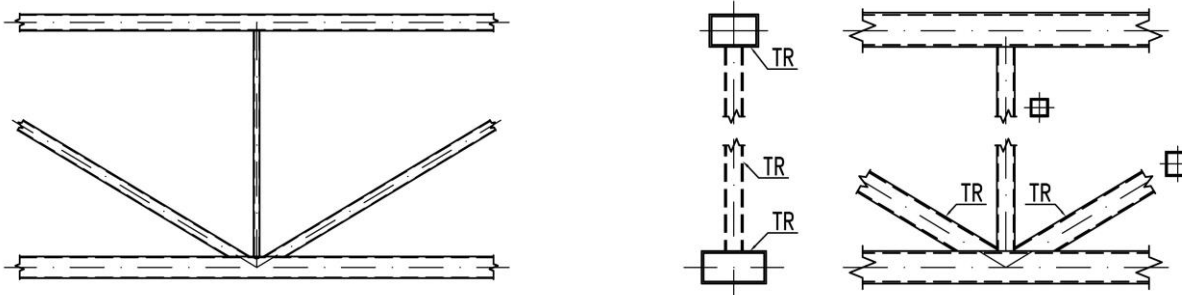


B) čtverhranné trubky – trubky čtvercového průřezu

- pásy i vnitřní pruty z čtvercových trubek



- C) čtverhranné trubky – trubky čtvercového a obdélníkového průřezu
- pásy z obdélníkových trubek, vnitřní pruty z čtvercových trubek



Vybrat jednu z variant A, B, C.

Příhradový vazník – materiál

- pro pruty příhradového vazníku zvolíme ocel třídy S235, případně lze zvolit i ocel třídy S355

Návrh a posouzení prutů vazníku – varianty A, B

a) posouzení tažených prutů

- Návrhová únosnost prutu v tahu: $N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \text{ [kN]}$ $N_{t,Rd} \geq N_{Ed}$

- kde: A ... plocha průřezu [mm²],

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \dots \text{ návrhová mez kluzu oceli [MPa], } \gamma_{M0} = 1,0$$

Profil prutů zvolit (vybrat z tabulek). Zvolit jinou velikost profilu pro S a H. Pro každou z diagonál lze zvolit jinou velikost profilu (tedy odstupňovat dle velikosti N_{Ed} nebo lze zvolit např. pro D₁ a D₂ stejný profil a pro D₃ a D₄ také stejný profil. Pro všechny svislice zvolit jednu velikost profilu.

Prut	Návrhová tahová síla	Návrh profilu	Plocha průřezu	Délka prutu	Poloměr setrvačnosti	Štíhlost prutu	Mez kluzu oceli	Únosnost prutu v tahu	Posouzení	
	$N_{Ed(tah)}$		A	L	i	λ	f_y	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed(tah)}/N_{t,Rd}$	
	[kN]	-	[mm ²]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[kN]	-	-
S		TR ≤ 200				<1,0
H		TR ≤ 200				<1,0
D ₁		TR ≤ 200				<1,0
D ₂		TR ≤ 200				<1,0
D ₃		TR ≤ 200				<1,0
D ₄		TR ≤ 200				<1,0
V ₁ , V ₃		TR ≤ 200				<1,0

Pozn: posouzení prutů vazníku je vhodné pro větší přehlednost provést v tabulce (viz příklad tabulky níže). Značení prutů vazníku S, H, Di a Vi dle schématu v úvodu. Svislice V2 a V4 jsou nulové pruty → nejsou v tabulce, ale jejich průřez bude stejný jako průřez svislic V1 a V3.

b) posouzení tlačných prutů

- Návrhová vzpěrná únosnost prutu: $N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} [kN]$ $N_{b,Rd} \geq N_{Ed}$

- kde: χ ... součinitel vzpěrnosti [-]

A ... plocha průřezu [mm²]

f_y ... mez kluzu oceli [MPa]

γ_{M1} ... dílčí součinitel spolehlivosti materiálu, $\gamma_{M1} = 1,0$

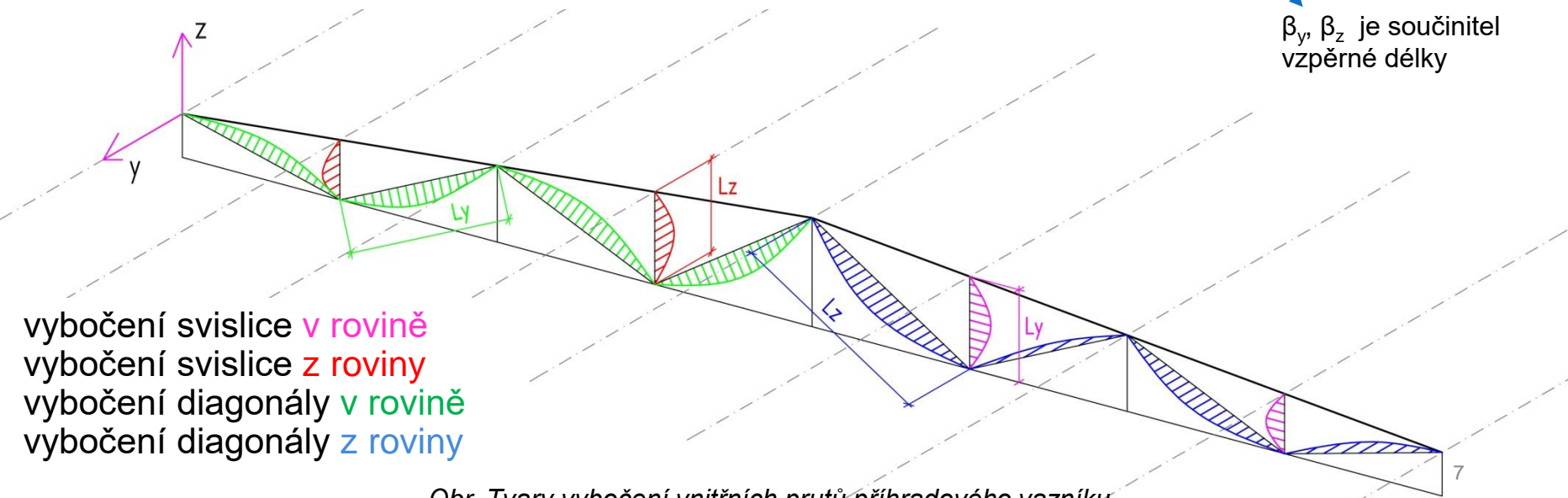
Součinitel vzpěrnosti závisí na vzpěrné délce prutu – viz dále.

Vzpěrné délky L_{cr} :

	Způsob vybočení	Trubkový vazník - vzpěrné délky	
Horní pás	v rovině	0,9 x vzdálenost uzlů	$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 0,9 \cdot L_y$
	z roviny	0,9 x vzdálenost přípoju příčného ztužidla	$L_{cr,z} = \beta_z \cdot L_z = 0,9 \cdot L_z$
Dolní pás	v rovině	0,9 x vzdálenost uzlů	$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 0,9 \cdot L_y$
	z roviny	vzdálenost svislých ztužidel	$L_{cr,z} = \beta_z \cdot L_z = 1,0 \cdot L_z$
Vnitřní pruty (diagonály a svislice)	v rovině	0,75 x teoretická délka prutu od uzlu k uzlu	$L_{cr,y} = \beta_y \cdot L_y = 0,75 \cdot L_y$
	z roviny	0,75 x teoretická délka prutu od uzlu k uzlu	$L_{cr,z} = \beta_z \cdot L_z = 0,75 \cdot L_z$

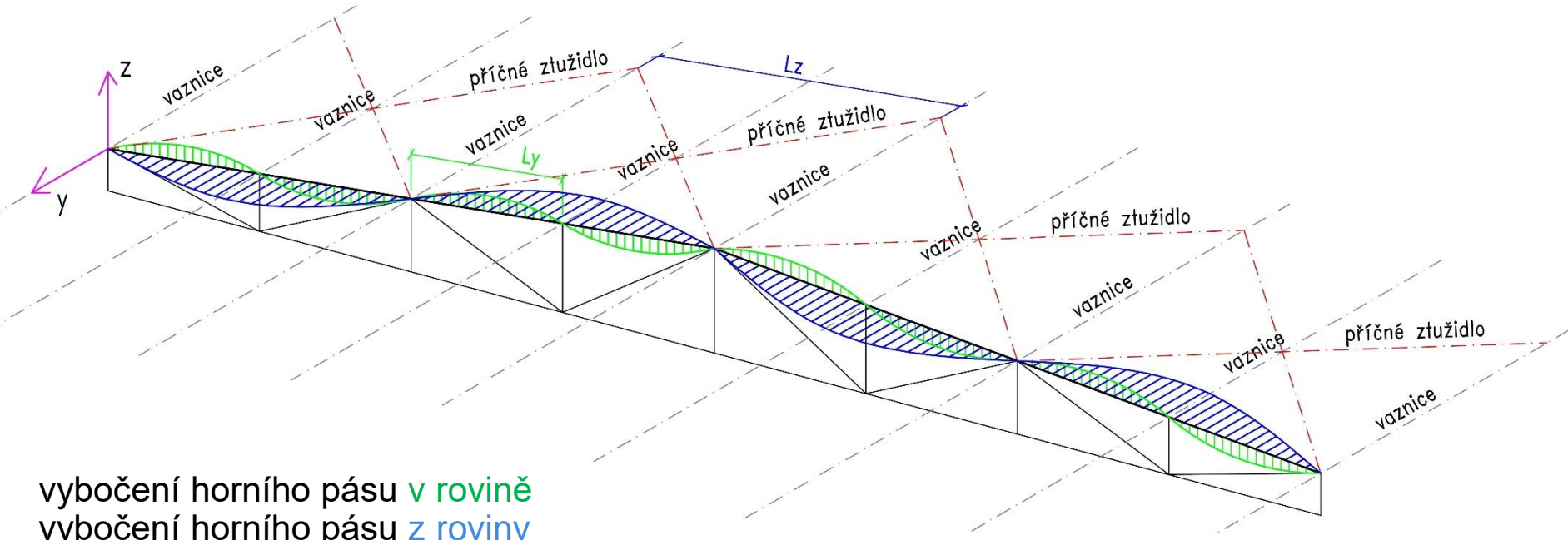
Tab. Vzpěrné délky prutů příhradového trubkového vazníku

β_y, β_z je součinitel vzpěrné délky



Obr. Tvary vybočení vnitřních prutů příhradového vazníku

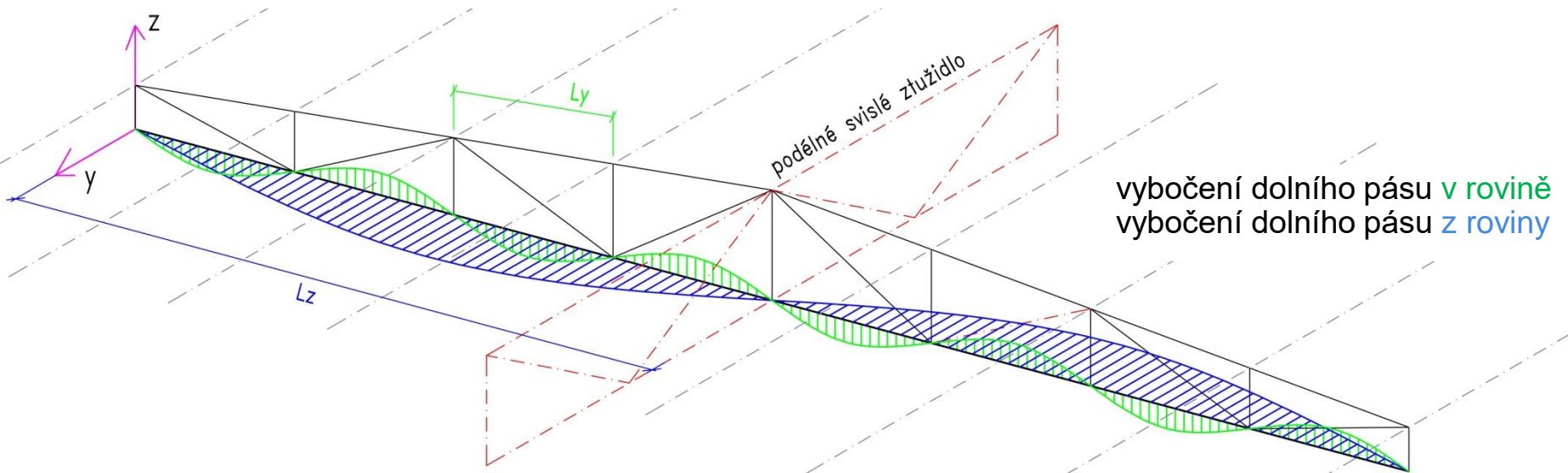
1. Ocelové konstrukce – ocelová hala – návrh a posouzení prutů vazníku



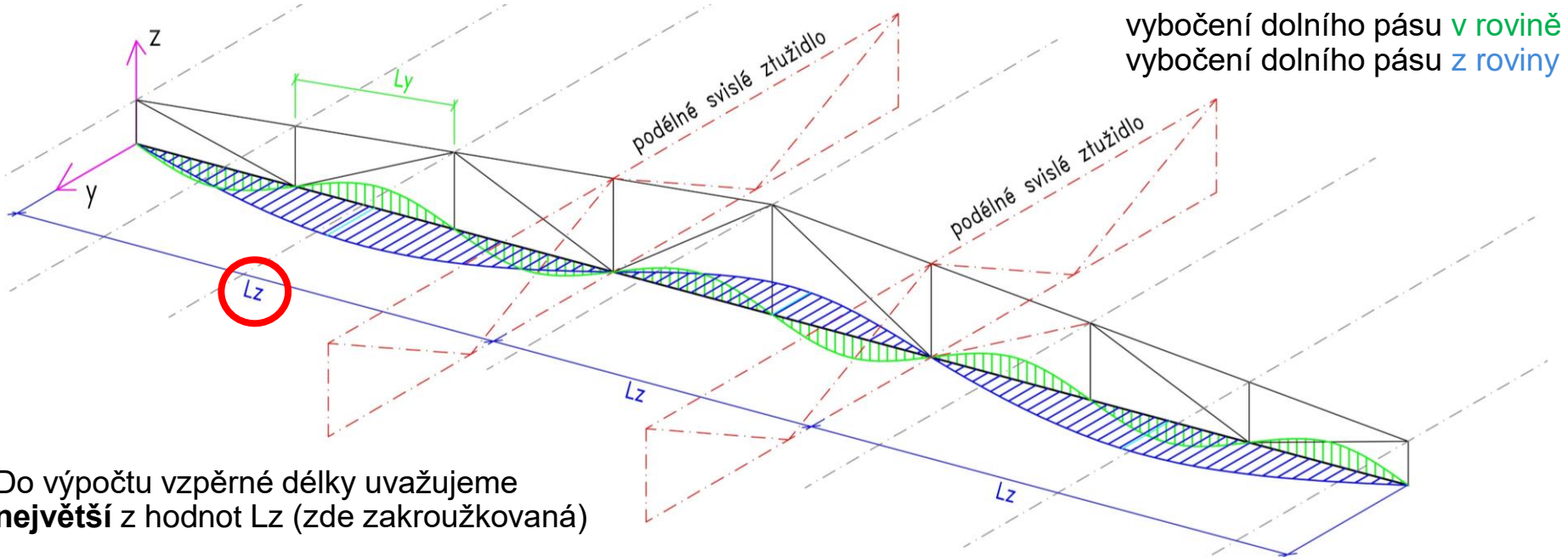
vybočení horního pásu **v rovině**
vybočení horního pásu **z roviny**

Obr. Tvary vybočení horního pásu příhradového vazníku

1. Ocelové konstrukce – ocelová hala – návrh a posouzení prutů vazníku



Obr. Tvary vybočení dolního pásu příhradového vazníku v případě 1 podélného svislého ztužidla



Do výpočtu vzpěrné délky uvažujeme největší z hodnot L_z (zde zakroužkovaná)

Obr. Tvary vybočení dolního pásu příhradového vazníku v případě 2 podélných svislých ztužidel

- Dle tabulky je vzpěrná délka shodná v rovině i z roviny vazníku **pro vnitřní pruty** ($L_{cr,y} = L_{cr,z}$); **pro dolní pás** rozhoduje **vybočení z roviny** ($L_{cr,z} > L_{cr,y}$), protože je držen jen v místě uložení a v místě podélného svislého ztužidla mezi vazníky (umístění ztužidla záleží na rozpětí vazníku – v polovině, ve třetinách, ... rozpětí); **pro horní pás** rozhoduje **vybočení z roviny** ($L_{cr,z} > L_{cr,y}$).

- štíhlost prutu: $\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$ [-] kde: $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z}$... pro diagonály a svislíce
 $L_{cr} = L_{cr,z}$... pro dolní pás
 $L_{cr} = L_{cr,z}$... pro horní pás

- relativní štíhlost: $\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$ [-] kde: $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ [-]

- poměrná štíhlost: $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$ [-]

- křivka vzpěrné pevnosti: a ... pro trubky válcované za tepla pro vybočení kolmo k ose y-y (tj. v rovině vazníku) i vybočení kolmo k ose z-z (tj. z roviny vazníku), platí pro kruhové i čtyřhranné průřezy
→ tomu odpovídá součinitel imperfekce: $\alpha = 0,21$

- pomocný součinitel: $\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$ [-]

- součinitel vzpěrnosti: $\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$ [-]

• Návrhová vzpěrná únosnost prutu: $N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}}$ [kN]

Posouzení prutů vazníku je vhodné pro větší přehlednost provést v tabulce:

Prut	Návrhová tlaková síla	Návrh profilu	Délka L (kde $L = L_y$ popř. L_2)	Součinitel vzpěrné délky	Vzpěrná délka prutu	Plocha průřezu	Poloměr setrvačnosti	Štíhlost prutu	Poměrná štíhlost	Pomocný součinitel	Součinitel vzpěrnosti	Mez kluzu oceli	Vzpěrná únosnost prutu	Posouzení prutu	
	$N_{Ed(tlak)}$		L	β	L_{cr}	A	i	λ	$\bar{\lambda}$	ϕ	χ	f_y	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed(tlak)}/N_{b,Rd}$	
	[kN]	-	[mm]	[-]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[kN]	[-]	-
S		TR ...													<1,0
H		TR ...													<1,0
D ₁		TR ...													<1,0
D ₂		TR ...													<1,0
D ₃		TR ...													<1,0
D ₄		TR ...													<1,0
V _{1, V₃}		TR ...													<1,0

Profil prutů zvolit stejný jako pro posouzení na tah (průřez musí být schopný přenést tahovou i tlakovou sílu). Pokud průřez nevyhoví → zvolit větší, aby vyhověl a tento nový průřez vložit do tabulky pro posouzení na tah a zkontrolovat, že na tah rovněž vyhoví.

Maximální doporučená štíhlost prutů by neměla přesáhnout hodnotu 200. Musí tedy platit: $\lambda \leq 200$.

Návrh a posouzení prutů vazníku – varianta C

a) posouzení tažených prutů

- Postup posouzení shodný s variantou A a B

b) posouzení tlačných prutů

- U diagonál a svislic, které jsou navrženy z čtvercových trubek, postup posouzení shodný s variantou A a B.
- U horního a dolního pasu, které jsou navrženy z obdélníkových trubek, postup posouzení shodný s variantou A a B, avšak již je potřeba zvlášť zohlednit působení kolmo k ose z a ose y, protože průřezy mají k oběma osám různé hodnoty poloměrů setrvačnosti ($i_y \neq i_z$). Navíc, jelikož průřezy horního a dolního pasu jsou orientovány „na ležato“ (jsou oproti tabulkám otočeny o 90°), je potřeba prohodit poloměry setrvačnosti ($i_y = i_z$ z tabulek; $i_z = i_y$ z tabulek).

Pro obdélníkový průřez horního a dolního pásu pak tedy platí:

- štíhlost prutu: $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$; $\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z}$ [-]

- relativní štíhlost: $\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$ [-] kde: $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ [-]

- poměrná štíhlost: $\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$; $\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$ [-]

- křivky vzpěrné pevnosti: a ... pro trubky válcované za tepla pro vybočení kolmo k ose y-y (tj. v rovině vazníku) i vybočení kolmo k ose z-z (tj. z roviny vazníku), platí pro kruhové i čtyřhranné průřezy
→ tomu odpovídá součinitel imperfekce: $\alpha = 0,21$

- pomocný součinitel: $\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right]$ [-]
 $\phi_z = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right]$

- součinitel vzpěrnosti: $\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}}$ [-]
 $\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}}$

• Návrhová vzpěrná únosnost prutu: $N_{b,Rd,y} = \chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$ [kN]

$$N_{b,Rd,z} = \chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

- Posouzení se opět provede v tabulce, přičemž nyní je lepší mít tabulky 2 – zvlášť pro směr y a směr z.

Posouzení prutů vazníku pro větší přehlednost provedeme v tabulce, zvlášť pro osu y a osu z:

Prut	Návrhová tlaková síla	Návrh profilu	Délka L_y	Součinitel vzpěrné délky	Vzpěrná délka prutu	Plocha průřezu	Poloměr setrvačnosti	Štíhlost prutu	Poměrná štíhlost	Pomocný součinitel	Součinitel vzpěrnosti	Mez kluzu oceli	Vzpěrná únosnost prutu	Posouzení prutu	
	$N_{Ed(tlak)}$		L_y	β_y	$L_{cr,y}$	A	i_y	λ_y	$\bar{\lambda}_y$	ϕ_y	χ_y	f_y	$N_{b,Rd,y}$	$N_{Ed(tlak)}/N_{b,Rd,y}$	
	[kN]	-	[mm]	[-]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[kN]	[-]	-
S		TR ...													<1,0
H		TR ...													<1,0
D ₁		TR ...													<1,0
D ₂		TR ...													<1,0
D ₃		TR ...													<1,0
D ₄		TR ...													<1,0
V ₁ ,V ₃		TR ...													<1,0

Prut	Návrhová tlaková síla	Návrh profilu	Délka L_z	Součinitel vzpěrné délky	Vzpěrná délka prutu	Plocha průřezu	Poloměr setrvačnosti	Štíhlost prutu	Poměrná štíhlost	Pomocný součinitel	Součinitel vzpěrnosti	Mez kluzu oceli	Vzpěrná únosnost prutu	Posouzení prutu	
	$N_{Ed(tlak)}$		L_z	β_z	$L_{cr,z}$	A	i_z	λ_z	$\bar{\lambda}_z$	ϕ_z	χ_z	f_y	$N_{b,Rd,z}$	$N_{Ed(tlak)}/N_{b,Rd,z}$	
	[kN]	-	[mm]	[-]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[kN]	[-]	-
S		TR ...													<1,0
H		TR ...													<1,0
D ₁		TR ...													<1,0
D ₂		TR ...													<1,0
D ₃		TR ...													<1,0
D ₄		TR ...													<1,0
V ₁ ,V ₃		TR ...													<1,0

Posouzení svislého průhybu vazníku

- Největší svislý průhyb δ vazníku se určí od proměnného zatížení – od zatížení **sněhem**. Průhyb se určí od provozního návrhového zatížení = charakteristického zatížení ($g_F = 1,0$).
- Omezení svislého průhybu: $\delta \leq \delta_{qlim}$ kde: $\delta_{qlim} = \frac{L}{250}$ [mm]
- kde: L ... rozpětí vazníku [mm]
- Hodnotu svislého průhybu δ zjistíme z výpočetního modelu: prutům vazníku ve výpočetním modelu přidělíme navržené průřezy (ty které nám vyhověly na tah a tlak) → provedeme výpočet a zjistíme svislý průhyb vazníku uprostřed rozpětí od zatížení sněhem.

1. Ocelové konstrukce – ocelová hala – návrh a posouzení prutů vazníku

SCIA Engineer
21.1.2027.64 - studentská verze
Hala_21-22

Klepněte zde nebo zmáčkněte mezerník a zadejte váš text... Bude dokončen následujícími řádky.

Přemístění uzlů
Hodnoty: U_z
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS2
Extrém: Globální
Výběr: Vše

ZADÁVACÍ PANEĽ
Všechny pracoviště
Základní modelování

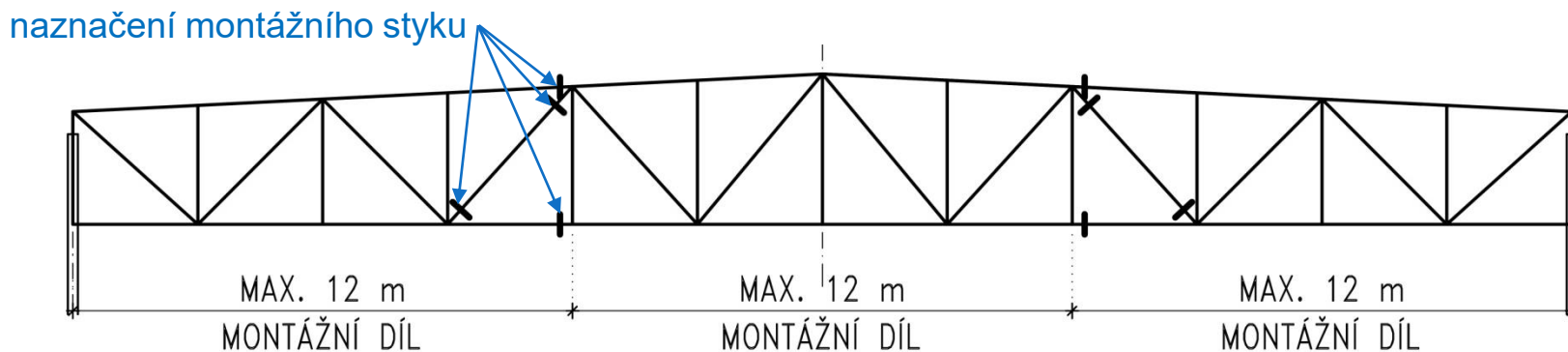
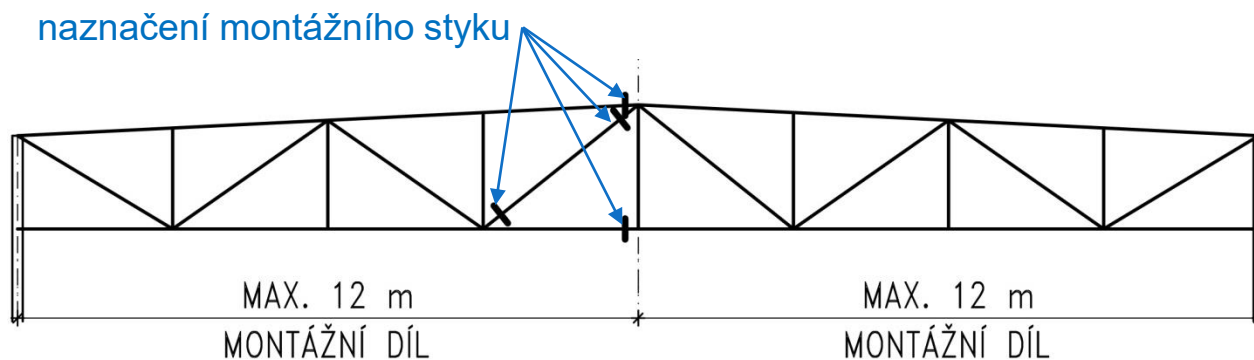
VÝSLEDKY (1)
Jméno Přemístění uzlů
VÝBĚR
Typ výběru Vše
Filtr Ne
VÝSLEDEK
Typ zatížení Zatěžovací stavy
Zatěžovací stav ZS2 - Snh
Extrém Globální
Hodnoty U_z
NASTAVENÍ KRESLENÍ
Zobrazit hodnotu
Zobrazit jednotku
Zobrazit jméno hodnoty
Kreslení obálek 0 do extrému
AKCE
Obnovit
Tabulka výsledků
Náhled reportu

U_z = 0,0 mm
U_z = -29,0 mm
U_z = 0,0 mm

„přemístění uzlů“

Návrh montážního styku vazníku

- délky montážní dílů vazníku max. do 12 m
- umístění montážních styků obvykle poblíž styčniců (cca 200–300 mm od styčniců)



Obr. Rozdělení příhradového vazníku na montážní díly a naznačení polohy montážních styků