

OBSAH

	PRŮVODNÍ KOMENTÁŘ	2
PLOVÁK	A.1 NÁVRH SOUSTAVY KOTVENÍ PLOVÁKU	3
	A.1.1 POLOHY SOUSTAVY	3
	A.1.2 MODEL SOUSTAVY	3
	A.2 ZATĚŽOVACÍ STAVY SOUSTAVY	4
	A.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ A POLOH SOUSTAVY	11
	A.4 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL	12
VZPĚRA	B.1 NÁVRH VZPĚRY PLOVÁKU	13
	B.1.1 MATERIÁL	13
	B.1.3 STATICKÝ MODEL	13
	B.2 ZATĚŽOVACÍ STAVY VZPĚRY	14
	B.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ VZPĚRY	18
	B.4 VÝPOČET	18
	B.4.1 PŘEMÍSTĚNÍ UZLŮ	18
	B.4.2 REAKCE V PODPORÁCH	19
	B.4.3 VNITŘNÍ SILY	19
	B.5 POSOUZENÍ	19
	B.5.1 MSP	19
	B.5.2 MSÚ	20
	B.5.3 SPOJE	22
LÁVKA	C.1 NÁVRH LÁVKY	23
	C.1.1 MATERIÁL	23
	C.1.2 POLOHY KONSTRUKCE	23
	C.1.3 STATICKÝ MODEL	23
	C.1.4 DYNAMICKÉ VLASTNOSTI KONSTRUKCE	24
	C.2 ZATĚŽOVACÍ STAVY LÁVKY	24
	C.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ LÁVKY A POLOH KONSTRUKCE	25
	C.4 REAKCE V ULOŽENÍ - VÝPOČET	26
	C.5 MSP - VÝPOČET A POSOUZENÍ	26
	C.5.1 PŘEMÍSTĚNÍ UZLŮ - PRŮHYB, OMEZENÍ Z HLEDISKA VZHLEDU	26
	C.5.2 MEZNÍ ŠTÍHLOSTI, PROVOZNÍ POŽADAVKY PRO ÚČINKY VĚTRU	26
	C.5.3 OMEZENÍ NAPĚTÍ	26
	C.5.5 VLASTNÍ FREKVENCE A KMITÁNÍ; PROVOZNÍ POŽADAVKY	27
	C.6 MSÚ - VÝPOČET A POSOUZENÍ	28
	C.6.1 OHYB, SMYK A KROUCENÍ	28
	C.6.2 TAH	28
	C.6.2 TLAK	28

PRŮVODNÍ KOMENTÁŘ

Předkládaný výpočet řeší kotvení rozměrného plováku s pěti garážemi pro lodě u břehu vodní nádrže Vranov a přístup na plovák po lávce.

Pro kotvení je navržena soustava lan a vzpěr, která umožní pohyb plováku se změnou výšky hladiny. U lan je vyloučen tlak, uložení vzpěr na břehu nepřenáší tah. Vzdálenost plováku od břehu ~ 40,0 m! Klimatická zatížení jsou uvažována od vln a větru; užitná nárazem plavidla o výtlačku 100 t a jedna úvazná síla na pachole 20 kN. Výstupem výpočtu soustavy kotvení jsou požadavek na tah přenášený každým lanem a tlak v jedné vzpěře.

Vzpěra je navržena a posouzena jako členěný svařovaný ocelový příhradový prut z úhelníků ze stavební ocele S 355J2, pásnice v rozích jsou uspořádány do čtverce, systém přípojek souběžný. Kromě tlaku od plováku přenáší svoje klimatická zatížení větrem vč. námrazy a nevyhnutelně vlastní imperfekce.

Svařovaná ocelová lávka složená z běžných válcovaných tyčí průřezů HEA, IPE a L ze stavební ocele S 235J2 se nepodílí na kotvení plováku - bude zajištěno uložením. Nosnou konstrukcí lávky jsou boční svislé vysoké příhradové nosníky spřažené vodorovnými příčnicími a diagonálami. Lávka nesmí být přístupná veřejnosti, investorem požadované charakteristické užitné zatížení je 250 kg/m² mostovky. Lanové zábradlí neumožní vnést další nezanedbatelné užitné zatížení. Vzhledem k subtilnosti konstrukce bude pro provoz nutné vyladit navržený pasivní pohlcovač svislého kmitání.

A.1 NÁVRH SOUSTAVY KOTVENÍ PLOVÁKU

Soustava <=> Fixace polohy plováku soustavou lan a vzpěr. Účelem návrhu soustavy je určení návrhových osových sil pro kotvení lana a vzpěry.

A.1.1 POLOHY SOUSTAVY

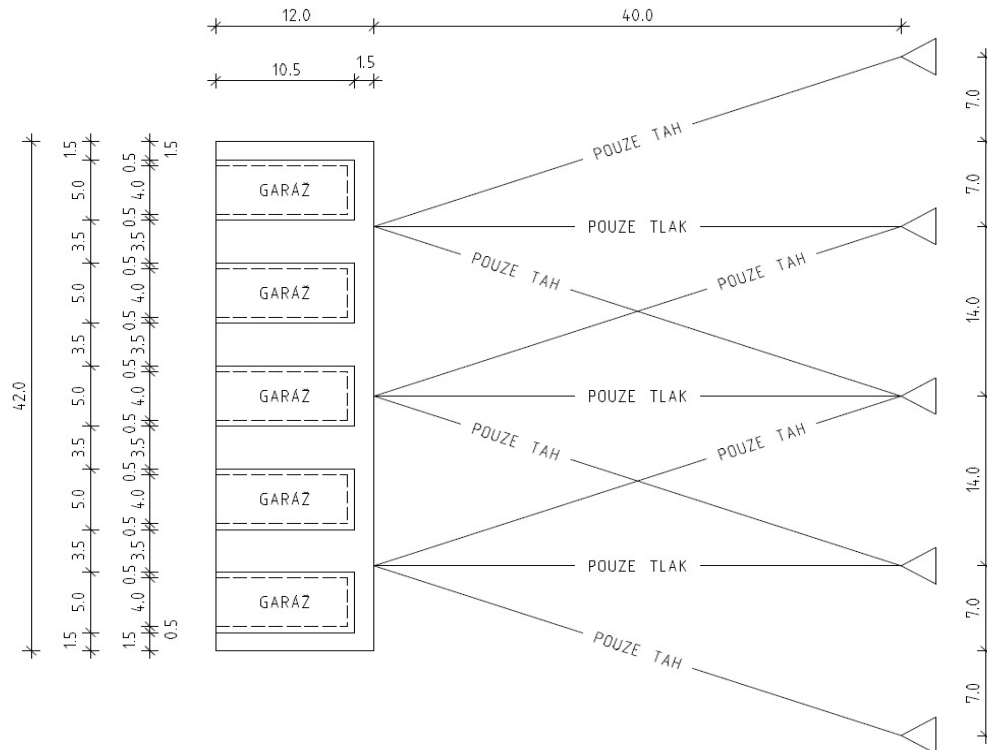
POLOHA 1	$\alpha =$	0,00 °
POLOHA 2	$\alpha =$	20,00 °

... úhel od vodorovné roviny; + otáčí kolem osy příčnicku na břehu pojezd na plováku dolů

A.1.2 MODEL SOUSTAVY

Výška plováku nad vodou $H_{pl+} =$ **0,60 m**
Hloubka plováku pod vodou $H_{pl-} =$ **1,20 m**

Výška garáže nad vodou $H_{gar+} =$ **6,00 m**



Lana /pouze tah/ modelovány ocelové /E = 210 GPa/ s průměrem 35 mm.
Vzpěry /pouze tlak/ modelovány ocelové /E= 210 GPa/ TR 610/16,0.

A.2 ZATĚŽOVACÍ STAVY SOUSTAVY

Vlny (Wa)

Vlny narážejí do dlouhé strany plováku

Návrhová hladina vody

H1 = 19,95 m ... max. hloubka resp. napuštění
H2 = 3,16 m ... min. hloubka resp. napuštění

Návrhová rychlost větru

w 10 = 30,00 m/s

Efektivní délka rozběhu

$$D_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \cos \varphi_i}$$

D ef = 1088,87 m ... z mapových podkladů

D i [m]	722	868	905	1123	1529	1952	2194	1248	673	574	534
φ [°]	-45	-36	-27	-18	-9	0	9	18	27	36	45

Parametry vlny v hlubokém pásmu

$$h_n = 0,0026 \frac{w_{10}^{1,06} D_{ef}^{0,47}}{g^{0,53}}$$

$$T_0 = 0,46 \frac{w_{10}^{0,44} D_{ef}^{0,28}}{g^{0,72}}$$

$$\lambda_0 = 1,56 \cdot T_0^2$$

$$c_0 = 1,56 \cdot T_0$$

g = 9,81 m/s²

h n = 0,76 m T 0 = 2,81 s λ 0 = 12,35 m c 0 = 4,39 m/s
h 0 = 1,5 h n 1,14 m

H1 = 19,95 m > 0,5 λ 0 = 6,17 m VYHOVUJE => při H2 hluboké pásmo
H2 = 3,16 m > 0,5 λ 0 = 6,17 m nevyhovuje => při H1 mělké, příbojové nebo výběhové pásmo pásmo

Parametry vlny v mělkém pásmu

$$\begin{aligned}
 H_{\min} &= 1,99 \text{ m} \\
 H_{\min} / \lambda_0 &= 0,161 \quad \dots [1] \text{ Tab. 4} \\
 h_0 / \lambda_0 &= 0,09 \\
 H_2 &= 3,16 \text{ m} \Rightarrow H_{\min} = 1,99 \text{ m} \quad \text{VYHOVUJE} \Rightarrow \text{při } H_2 \text{ mělké pásmo} \\
 h / h_0 &= 0,94 \quad \dots z [1] \text{ Tab. 3} \quad h = 1,07 \text{ m} \\
 \lambda / \lambda_0 &= 0,93 \quad \dots z [1] \text{ Tab. 3} \quad \lambda = 11,47 \text{ m} \\
 c / c_0 &= 0,93 \quad \dots z [1] \text{ Tab. 3} \quad c = 4,08 \text{ m/s} \\
 H_2 / \lambda_0 &= 0,26
 \end{aligned}$$

Roztříštění vlny

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 1,14 \text{ m} > h_0 \text{ kr } 1 = 0,78 H_1 = 15,56 \text{ m} \text{ nebo } H_1 = 19,95 \text{ m} < H \text{ kr} = 1,28 h_0 = 1,46 \text{ m} \quad \text{Vlna se neroztříští.} \\
 h_0 &= 1,14 \text{ m} > h_0 \text{ kr } 2 = 0,78 H_2 = 2,47 \text{ m} \text{ nebo } H_2 = 3,16 \text{ m} < H \text{ kr} = 1,28 h_0 = 1,46 \text{ m} \quad \text{Vlna se neroztříští.}
 \end{aligned}$$

ÚČINEK VLN NA STAVBY SE SVILÝM LÍCEM

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 19,95 \text{ m} < H \text{ kr} = 1,46 \text{ m} \text{ a } L \text{ plovák} : 42,00 \text{ m} > \lambda_0 / 2 = 6,17 \text{ m} \quad \text{Interferovaná vlna nevznikne.} \\
 H_2 &= 3,16 \text{ m} < H \text{ kr} = 1,46 \text{ m} \text{ a } L \text{ plovák} : 42,00 \text{ m} > \lambda_0 / 2 = 6,17 \text{ m} \quad \text{Interferovaná vlna nevznikne.}
 \end{aligned}$$

ÚČINEK NEROZTŘÍŠTĚNÉ STOJATÉ VLNY

Výška vrcholu a paty stojaté vlny

$$\begin{aligned}
 \text{Pro } H_1: \quad h_1 &= h + a = 1,48 \text{ m} \quad \text{Pro } H_2: \quad h_1 = 1,41 \text{ m} \\
 h_2 &= - (h - a) = -0,81 \text{ m} \quad h_2 = -0,74 \text{ m} \\
 a &= \frac{\pi h^2}{\lambda} \cotgh \frac{2 \pi H}{\lambda} = 0,33 \text{ m} \quad a = 0,34 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Účinek stojaté vlny na svislou stěnu v mělkém pásmu

Pozn.: Excentricitu síly resp. moment přenáší plovák.

Tlaková síla

Nad hladinou:

$$\begin{aligned}
 \text{Pro garáže:} \\
 f_{e1} &= p_0 \cdot h_1 / 2 = 9,71 \text{ kN/m} \\
 p_0 &= h_1 \cdot \rho \cdot g = 13,81 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Mimo garáže:

$$\begin{aligned}
 f_{e1} &= (p_0 + p_{0,ekv}) \cdot H_{pl+} / 2 = 5,91 \text{ kN/m} \\
 p_{0,ekv} &= p_0 \cdot H_{pl+} / h_1 = 5,89 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Tahová síla

Nad hladinou:

$$f_{i1} = p_1 \cdot h_2 / 2 = -1,33 \text{ kN/m}$$

Pod hladinou:

$$p_1 = \frac{\rho g h}{\cosh \frac{2\pi H}{\lambda}}$$

= 3,61 kPa

$$p_{1,ekv} = p_0 - H_{pl} \cdot (p_0 - p_1) / H_2 =$$

$$f_{e2} = (p_0 + p_{1,ekv}) \cdot H_{pl} / 2 =$$

9,94 kPa
 14,25 kN/m

Pod hladinou:

$$f_{i2} = -p_1 \cdot H_{pl} = -4,33 \text{ kN/m}$$

$$f_i = f_{i1} + f_{i2} = -5,66 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pro garáže: } f_e = f_{e1} + f_{e2} = 23,96 \text{ kN/m}$$

$$\text{Mimo garáže: } f_e = f_{e1} + f_{e2} = 20,15 \text{ kN/m}$$

Účinek stojaté vlny na svislou stěnu v hlubokém pásu

Pozn.: Excentricitu síly resp. moment přenáší plovák.

Tlaková síla

Nad hladinou:

Pro garáže:

$$f_{e1} = p_0 \cdot h_1 / 2 = 10,71 \text{ kN/m}$$

$$p_0 = h_1 \cdot \rho \cdot g = 14,50 \text{ kPa}$$

Mimo garáže:

$$f_{e1} = (p_0 + p_{0,ekv}) \cdot H_{pl} / 2 = 6,11 \text{ kN/m}$$

$$p_{0,ekv} = p_0 \cdot H_{pl} / h_1 = 5,89 \text{ kPa}$$

Tahová síla

Nad hladinou:

$$f_{i1} = h_1^2 \cdot \rho \cdot g / 2 = -3,23 \text{ kN/m}$$

Pod hladinou:

$$p_{1,ekv} = 2 p_0 \cdot H_{pl} / \lambda_0 = 2,82 \text{ kPa}$$

$$f_{e2} = (p_0 + p_{1,ekv}) \cdot H_{pl} / 2 = 10,39 \text{ kN/m}$$

Pod hladinou:

$$f_{i2} = - \left[(H_{pl} + h_2) \cdot (h_2 \cdot \rho \cdot g) / (\lambda_0 / 2 + h_2) \right] + h_2 \cdot \rho \cdot g \cdot (H_{pl} + h_2) / 2$$

$$f_{i2} = -1,66 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pro garáže: } f_e = f_{e1} + f_{e2} = 21,10 \text{ kN/m}$$

$$\text{Mimo garáže: } f_e = f_{e1} + f_{e2} = 16,50 \text{ kN/m}$$

$$f_i = f_{i1} + f_{i2} = -4,89 \text{ kN/m}$$

Vlny narážejí do krátké strany plováku

Návrhová hladina vody

$$H_1 = 19,95 \text{ m} \quad \dots \text{ max. hloubka resp. napuštění}$$

$$H_2 = 3,16 \text{ m} \quad \dots \text{ min. hloubka resp. napuštění}$$

Návrhová rychlost větru

$$w_{10} = 30,00 \text{ m/s}$$

Sweco Hydroprojekt a.s.

ČÍSLO ZAKÁZKY: 11 8127 01 01
 ARCHIVNÍ ČÍSLO: 013083/18/1

Efektivní délka rozběhu

$$D_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \cos \varphi_i}$$

D ef =	370,20 m	... z mapových podkladů										
D i [m]		678	576	538	475	508	542	588	307	159	0	0
φ [°]		-45	-36	-27	-18	-9	0	9	18	27	36	45

Parametry vlny v hlubokém pásmu

$$h_n = 0,0026 \frac{w_{10}^{1,06} D_{ef}^{0,47}}{g^{0,53}}$$

$$T_0 = 0,46 \frac{w_{10}^{0,44} D_{ef}^{0,28}}{g^{0,72}}$$

$$\lambda_0 = 1,56 \cdot T_0^2$$

$$c_0 = 1,56 \cdot T_0$$

g = 9,81 m/s²

h n =	0,46 m	T 0 =	2,08 s	λ 0 =	6,75 m	c 0 =	3,25 m/s
h 0 = 1,5 h n	0,69 m						

H1 =	19,95 m > 0,5 λ 0 =	3,37 m	VYHOVUJE => při H2 hluboké pásmo
H2 =	3,16 m > 0,5 λ 0 =	3,37 m	nevyhovuje => při H1 mělké, příbojové nebo výběhové pásmo pásmo

Parametry vlny v mělkém pásmu

H min =	1,16 m	
H min / λ 0 =	0,172	... [1] Tab. 4
h 0 / λ 0 =	0,10	

H2 =	3,16 m => H min =	1,16 m	VYHOVUJE => při H2 mělké pásmo
------	-------------------	--------	--------------------------------

h / h 0 =	0,99	.. z [1] Tab. 3	h =	0,68 m
λ / λ 0 =	0,99	.. z [1] Tab. 3	λ =	6,71 m
c / c 0 =	0,99	.. z [1] Tab. 3	c =	3,23 m/s
H2 / λ 0 =	0,47			

Roztříštění vlny

h 0 =	0,69 m > h 0 kr 1 = 0,78 H 1 =	15,56 m nebo H1 =	19,95 m < H kr = 1,28 h 0 =	0,88 m	Vlna se neroztříští.
h 0 =	0,69 m > h 0 kr 2 = 0,78 H 2 =	2,47 m nebo H2 =	3,16 m < H kr = 1,28 h 0 =	0,88 m	Vlna se neroztříští.

ÚČINEK VLN NA STAVBY SE SVILÝM LÍCEM

H1 =	19,95 m < H _{kr} =	0,88 m a L plovák :	12,00 m > λ ₀ / 2 =	3,37 m	Interferovaná vlna nevznikne.
H2 =	3,16 m < H _{kr} =	0,88 m a L plovák :	12,00 m > λ ₀ / 2 =	3,37 m	Interferovaná vlna nevznikne.

ÚČINEK NEROZTŘÍŠTĚNÉ STOJATÉ VLNY

Výška vrcholu a paty stojaté vlny

Pro H1:

$$h_1 = h + a = 0,91 \text{ m}$$

$$h_2 = - (h - a) = -0,47 \text{ m}$$

$$a = \frac{\pi h^2}{\lambda} \cotgh \frac{2\pi H}{\lambda} = 0,22 \text{ m}$$

Pro H2:

$$h_1 = 0,90 \text{ m}$$

$$h_2 = -0,46 \text{ m}$$

$$a = 0,22 \text{ m}$$

Účinek stojaté vlny na svislou stěnu v mělkém pásmu

Pozn.: Excentricitu síly resp. moment přenáší plovák.

Tlaková síla

Nad hladinou:

Pro garáže:

$$f_{e1} = p_0 \cdot h_1 / 2 = 3,99 \text{ kN/m}$$

$$p_0 = h_1 \cdot \rho \cdot g = 8,85 \text{ kPa}$$

Mimo garáže:

$$f_{e1} = (p_0 + p_{0,ekv}) \cdot H_{pl+} / 2 = 4,42 \text{ kN/m}$$

$$p_{0,ekv} = p_0 \cdot H_{pl+} / h_1 = 5,89 \text{ kPa}$$

Tahová síla

Nad hladinou:

$$f_{i1} = p_1 \cdot h_2 / 2 = -0,16 \text{ kN/m}$$

Pod hladinou:

$$p_1 = \frac{\rho g h}{\cosh \frac{2\pi H}{\lambda}} = 0,69 \text{ kPa}$$

Pod hladinou:

$$p_{1,ekv} = p_0 - H_{pl-} \cdot (p_0 - p_1) / H_2 = 5,76 \text{ kPa}$$

$$f_{e2} = (p_0 + p_{1,ekv}) \cdot H_{pl-} / 2 = 8,76 \text{ kN/m}$$

$$f_{i2} = -p_1 \cdot H_{pl-} = -0,83 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pro garáže: } f_e = f_{e1} + f_{e2} = 12,76 \text{ kN/m}$$

$$f_i = f_{i1} + f_{i2} = -0,99 \text{ kN/m}$$

$$\text{Mimo garáže: } f_e = f_{e1} + f_{e2} = 13,19 \text{ kN/m}$$

Účinek stojaté vlny na svislou stěnu v hlubokém pásmu

Pozn.: Excentricitu síly resp. moment přenáší plovák.

Tlaková síla

Nad hladinou:

Pro garáže:

$$f_{e1} = p_0 \cdot h_1 / 2 = 4,07 \text{ kN/m}$$

$$p_0 = h_1 \cdot \rho \cdot g = 8,93 \text{ kPa}$$

Mimo garáže:

$$f_{e1} = (p_0 + p_{0,ekv}) \cdot H_{pl+} / 2 = 4,45 \text{ kN/m}$$

$$p_{0,ekv} = p_0 \cdot H_{pl+} / h_1 = 5,89 \text{ kPa}$$

Pod hladinou:

$$p_{1,ekv} = 2 p_0 \cdot H_{pl-} / \lambda_0 = 3,18 \text{ kPa}$$

$$f_{e2} = (p_0 + p_{1,ekv}) \cdot H_{pl-} / 2 = 7,26 \text{ kN/m}$$

Pro garáže: $f_e = f_{e1} + f_{e2} = 11,33 \text{ kN/m}$

Mimo garáže: $f_e = f_{e1} + f_{e2} = 11,71 \text{ kN/m}$

Vítr

(W_i)

Vítr fouká z vodní plochy

Základní rychlost větru v_b

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$$

$$c_{dir} = c_{season} = 1,00$$

$$v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s} \quad \dots \text{ oblast II}$$

Střední rychlost větru $v_m(z)$ ve výšce nad terénem z

$$z = 6,00 \text{ m} \geq z_{min} = 1,00 \text{ m}$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 27,15 \text{ m/s}$$

$$c_0(z) = 1,00$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z / z_0) = 1,09$$

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0 / z_{0,I})^{0,07} = 0,17$$

$$z_0 = 0,010 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,050 \text{ m}$$

Tahová síla

Nad hladinou:

$$f_{i1} = h^2 / 2 \cdot \rho \cdot g / 2 = -1,07 \text{ kN/m}$$

Pod hladinou:

$$f_{i2} = - \left(\left(H_{pl-} + h_2 \right) \cdot \left(h_2 \cdot \rho \cdot g \right) / \left(\lambda_0 / 2 + h_2 \right) \right) + h_2 \cdot \rho \cdot g \cdot \left(H_{pl-} + h_2 \right) / 2$$

$$f_{i2} = -2,10 \text{ kN/m}$$

$$f_i = f_{i1} + f_{i2} = -3,18 \text{ kN/m}$$

... *kategorie terénu I*

... *součinitel orografie, obvyklá hodnota*

... *součinitel drsnosti terénu*

... *parametr drsnosti terénu, kategorie terénu I*

... *referenční parametr drsnosti terénu*

Maximální dynamický tlak větru ve výšce z

$$q_p(z) = (1 + 7 I_v(z)) \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

$$I_v(z) = k_l / (c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)) = 0,16$$

$$k_l = 1,00 \quad \dots \text{ součinitel turbulence}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Tlak větru na vnější hrany garáží

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot z$$

Pozn.: Boky garáží nejsou pro kotvení plováku relevantní.

	Příčný vítr	Podélný vítr			
b =	39,00	10,50 m	c _{pe} (D) =	0,74	0,70
d =	10,50	39,00 m	c _{pe} (E) =	-0,39	-0,30
h =	6,00	6,00 m	w _e (D) =	4,30	4,05 kN/m
h/d =	0,57	0,15	w _e (E) =	-2,23	-1,74 kN/m

Vítr fouká od břehu

Základní rychlost větru v b

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$$

$$c_{dir} = c_{season} = 1,00$$

$$v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s} \quad \dots \text{ oblast II}$$

Střední rychlost větru v m(z) ve výšce nad terénem z

$$z = 6,00 \text{ m} \geq z_{min} = 10,00 \text{ m} \quad \dots \text{ kategorie terénu IV}$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 10,50 \text{ m/s}$$

$$c_0(z) = 1,00 \quad \dots \text{ součinitel orografie, obvyklá hodnota}$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,42 \quad \dots \text{ součinitel drsnosti terénu}$$

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,I})^{0,07} = 0,23$$

$$z_0 = 1,000 \text{ m} \quad \dots \text{ parametr drsnosti terénu, kategorie terénu IV}$$

$$z_{0,II} = 0,050 \text{ m} \quad \dots \text{ referenční parametr drsnosti terénu}$$

Maximální dynamický tlak větru ve výšce z

$$q_p(z) = (1 + 7 I_v(z)) \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = 0,34 \text{ kN/m}^2$$

$$I_v(z) = k_l / (c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)) = 0,56$$

$$k_l = 1,00 \quad \dots \text{ součinitel turbulence}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Tlak větru na vnější hrany garáží

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \cdot z$$

Pozn.: Boky garáží nejsou pro kotvení plováku relevantní.

Příčný vítr

b =	39,00 m	c _{pe} (D) =	0,74
d =	10,50 m	c _{pe} (E) =	-0,39
h =	6,00 m	w _e (D) =	4,30 kN/m
h/d =	0,57	w _e (E) =	-2,23 kN/m

Náraz plavidla (Cr)

V jednom bodě.

$$F = 0,9 \cdot X_{im} \sqrt[3]{M^2}$$

32,38 kN

Pro všechny kombinace zatížení rozhoduje umístění v rohu plováku /více na vodě/ rovnoběžně s podélnou osou plováku.

X _{im} =	1,67
M =	100 t

... náraz do přímé části zařízení

... výtlač

Úvazná síla (Mo)

F = **20,00 kN**

V jednom bodě.

Pro všechny kombinace zatížení rozhoduje umístění v rohu plováku /více na vodě/ rovnoběžně s podélnou osou plováku; úvazná síla táhne ve stejném směru jako působí náraz plavidla.

A.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ A POLOH SOUSTAVY

Všechna zatížení jsou nahodilá, pro všechny zatěžovací stavy volím bezpečnostní koeficient 1,5.

$$1,5 W_a + 1,5 W_i + 1,5 Cr + 1,5 Mo$$

Index za písmenem p označuje polohu soustavy.

MSÚ1_p1	Vlny /hluboké pásmo/ tlačí a vítr se opírá do dlouhé strany plováku ve směru od vodní plochy + náraz plavidla + úvaz.
MSÚ1_p2	Vlny /mělké pásmo/ tlačí a vítr se opírá do dlouhé strany plováku ve směru od vodní plochy + náraz plavidla + úvaz.

MSÚ2_p1	Vlny /hluboké pásmo/ tlačí a vítr se opírá do krátké strany plováku ve směru od vodní plochy + náraz plavidla + úvaz.
MSÚ2_p2	Vlny /mělké pásmo/ tlačí a vítr se opírá do krátké strany plováku ve směru od vodní plochy + náraz plavidla + úvaz.

MSÚ2_p1	Vlny /hluboké pásmo/ táhnou a vítr se opírá do dlouhé strany plováku ve směru od břehu + náraz plavidla + úvaz.
MSÚ2_p2	Vlny /mělké pásmo/ táhnou a vítr se opírá do dlouhé strany plováku ve směru od břehu + náraz plavidla + úvaz.

MSP	Pouze pro ověření napětí. Přibližně s dostatečnou přesností $N_{ser} = MSÚ / 1,5$.
------------	---

A.4 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

Iterační výpočet FEM.

V příloženém výpisu pouze nejvíce zatížené lano a vzpěra.

	MSÚ1_p1	MSÚ1_p2	MSÚ2_p1	MSÚ2_p2	MSÚ3_p1	MSÚ3_p2
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Lano N r,tot [kN]	113,93	86,28	315,89	316,06	154,95	177,48
Vzpěra N b,tot [kN]	-637,22	-764,89	-399,34	-400,92	0,00	0,00

MSÚ1_p2		MSÚ2_p2	... rozhoduje
N Ed,r1 =	86,28 kN	N Ed,r2 =	316,06 kN
N Ed,b1 =	-764,89 kN	N Ed,b2 =	-400,92 kN
N ser,r1 =	57,52 kN	N ser,r2 =	210,71 kN
N ser,b1 =	-509,93 kN	N ser,b2 =	-267,28 kN

B.1 NÁVRH VZPĚRY PLOVÁKU

B.1.1 MATERIÁL

Ocel S 355J2

$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$ $f_{yd} = f_{yk} / (\gamma_{M0} \cdot 1,2) = 295,83 \text{ MPa}$
 $\gamma_{M0} = 1,00$
U vodohospodářských staveb uvažují redukci únosností koeficientem **1,20**.
 $E_k = 210 \text{ GPa}$

B.1.3 STATICKÝ MODEL

Schéma

Členěný tlacený prut stálého průřezu se souběžným systémem přípojek. *Souběžný systém přípojek \Leftrightarrow diagonály jsou při pohledu z boku a shora v zákrytu.*

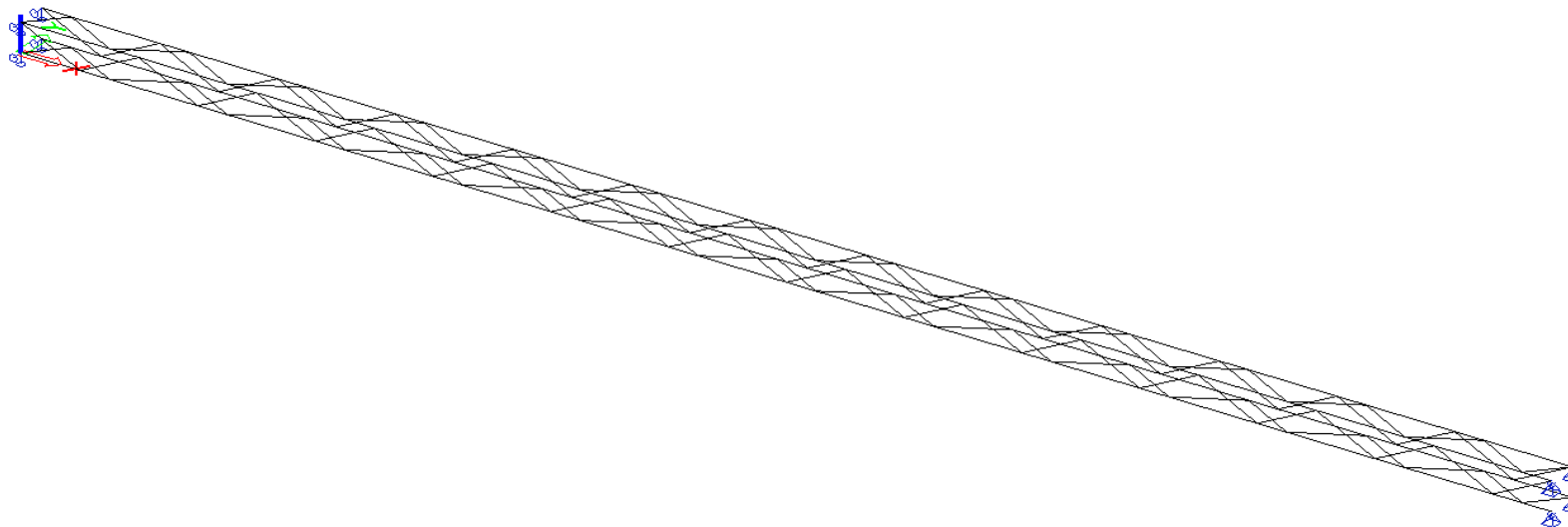
Délka pásnic **39,00** m, pásnice jsou uspořádány do čtverce s délkou strany **0,80** m /vzdálenost těžišťových os/.

Diagonály zavětrovávají pásnice, styčníky na každé z pásnic á **3,00** m. Vzájemný posun vodorovných a svislých diagonál 1,5 m.

Pozn.: Model konstrukce ve 3D je přiložen v elektronické podobě. Modelové osy \Leftrightarrow těžišťové osy průřezů.

Diagonály jsou modelované jako kyvné pruty, pásnice průběžné.

Kloubové podpory na koncích každé z pásnic, na plováku volný směr $x \Leftrightarrow$ podélná osa konstrukce. V konstrukčním detailu uložení nutno použít výtuhy !



Průřezové charakteristiky

Průřez	Materiál	Třída	A	W _y	i _y
			[mm ²]	[x10 ³ mm ³]	[mm]
PÁSNICE - L 180/12,0	S 355J2	třída 3	4 210	98,86	55,60
DIAGONÁLY - L 65/8,0	S 355J2	třída 3	985	8,14	19,50

B.2 ZATĚŽOVACÍ STAVY VZPĚRY

Tlak z plováku viz. A.2. + vlastní tíha + vítr + imperfekce.

Stálé zatížení (G)

Vlastní tíha prutů dle zvolených průřezů

Námraza (IC)

Pro ICR6, objemová hmotnost námrazy 500 kg/m³: 8,9 kg/m délky prutu
Celková dl. prutů s odečtením styčnicků ~ 283,52 m
Celková tíha námrazy 25,23 kN, tj. ~ **0,16 kN/m** na každou pásnici

Vítr Rozměry kce vč. námrazy.

Vítr fouká rovnoběžně se vzpěrou (W1)

Základní rychlost větru v_b
v_b = c_{dir} . c_{season} . v_{b,0} = 25,00 m/s
c_{dir} = c_{season} = 1,00
v_{b,0} = 25,00 m/s ... oblast II

Střední rychlost větru v_m(z) ve výšce nad terénem z
z_s = 8,00 m >= z_{min} = 1,00 m ... *kategorie terénu I*
v_m(z s) = c_r(z s) . c₀(z s) . v_b = 28,37 m/s
c₀(z s) = 1,00 ... *součinitel orografie, obvyklá hodnota*
c_r(z s) = k_r . ln(z s / z₀) = 1,13 ... *součinitel drsnosti terénu*
k_r = 0,19 . (z₀ / z_{0,I})^{0,07} = 0,17 ... *parametr drsnosti terénu, kategorie terénu I*
z₀ = 0,010 m ... *referenční parametr drsnosti terénu*
z_{0,I} = 0,050 m

Součinitel konstrukce

$$c_s \cdot c_d = (1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{(B^2 + R^2)}) / (1 + 7 \cdot I_v(z_s)) = 0,97$$

$$B^2 = 1 / (1 + 0,9 \cdot ((b + h) / L(z_s))^{0,63}) = 0,7565$$

$$L(z_s) = L_t \cdot (z_s / z_t)^\alpha = 72,86 \text{ m}$$

$$L_t = 300 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,67 + 0,05 \ln(z_0) = 0,44$$

$$z_t = 200 \text{ m}$$

$$b + 2 \cdot t_{ice} = 0,90 \text{ m}$$

$$t_{ice} = 3,84 \text{ mm}$$

$$W = 180,00 \text{ mm}$$

$$m = 8,90 \text{ kg/m}$$

$$\gamma = 500,00 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 13,34 \text{ m}$$

$$R^2 = \pi^2 / (2 \cdot \delta) \cdot S L(z_s, n_{1,x}) \cdot R_h(\eta h) \cdot R_b(\eta b) = 0,0695$$

$$\delta = 0,020$$

$$S L(z_s, n_{1,x}) = 6,8 \cdot f L(z, n) / (1 + 10,2 \cdot f L(z, n)^{5/3}) = 0,04$$

$$f L(z, n) = n \cdot L(z_s) / v_m(z_s) = 5,47$$

$$n = n_{1,x} = 2,13 \text{ Hz} \quad \dots \text{ vč. námrazy}$$

$$R_h(\eta h) = 1 / \eta h - (1 - e^{-(2 \cdot \eta h)}) / (2 \cdot \eta h^2) = 0,19$$

$$\eta h = 4,6 \cdot h \cdot f L(z_s, n_{1,x}) / L(z_s) = 4,61$$

$$R_b(\eta b) = 1 / \eta b - (1 - e^{-(2 \cdot \eta b)}) / (2 \cdot \eta b^2) = 0,82$$

$$\eta b = 4,6 \cdot b \cdot f L(z_s, n_{1,x}) / L(z_s) = 0,31$$

$$k_p = \sqrt{(2 \cdot \ln(v \cdot T) + 0,6) / \sqrt{(2 \cdot \ln(v \cdot T))}} = 3,61$$

$$v = n_{1,x} \cdot \sqrt{(R^2 / (B^2 + R^2))} = 0,62 \text{ Hz}$$

$$T = 600,00 \text{ s}$$

$$I_v(z_s) = k_l / (c_0(z_s) \cdot \ln(z_s / z_0)) = 0,15 \quad \dots \text{ součinitel turbulence}$$

$$k_l = 1,00$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Součinitel síly pro příhradové konstrukce

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 1,90$$

$$c_{f,0} = 1,90$$

$$\varphi = A / A_c = 0,75$$

$$A = 9,06 \text{ m}^2 \quad \dots \text{ návětrná plocha prutů vč. námrazy}$$

$$t_{ice} = 21,95 \text{ mm} \quad \dots \text{ pro diagonály}$$

$$W = 65,00 \text{ mm}$$

$$A_c = b \cdot h = 12,07 \text{ m}^2 \quad \dots \text{ plocha opsaného obdélníka vč. námrazy}$$

$$\psi_\lambda = 1,00$$

Maximální dynamický tlak větru ve výšce z

$$q_p(zs) = (1 + 7 \cdot I_v(zs)) \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(zs)^2 = 1,03 \text{ kN/m}^2$$

Síla od větru působící na konstrukci

$$F_w = c_s \cdot c_d \cdot c_f \cdot q_p(zs) \cdot A_{ref} = 17,16 \text{ kN}$$

$$A_{ref} = A = 9,06 \text{ m}^2$$

$$f_{w1} = F_w / (2L) = 0,22 \text{ kN/m}$$

... liniové zatížení každé z návětrných pásnic, úhel 20° s podélnou osou konstrukce

Vítr fouká kolmo na vzpěru

(W2)

Základní rychlost větru v b

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$$

$$c_{dir} = c_{season} = 1,00$$

$$v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s} \quad \dots \text{oblast II}$$

Střední rychlost větru v m(z) ve výšce nad terénem z

$$z_s = 2,50 \text{ m} \geq z_{min} = 1,00 \text{ m}$$

... kategorie terénu I

$$v_m(zs) = c_r(zs) \cdot c_0(zs) \cdot v_b = 23,43 \text{ m/s}$$

$$c_0(zs) = 1,00$$

... součinitel orografie, obvyklá hodnota

$$c_r(zs) = k_r \cdot \ln(zs / z_0) = 0,94$$

... součinitel drsnosti terénu

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0 / z_{0,I})^{0,07} = 0,17$$

$$z_0 = 0,010 \text{ m}$$

... parametr drsnosti terénu, kategorie terénu I

$$z_{0,II} = 0,050 \text{ m}$$

... referenční parametr drsnosti terénu

Součinitel konstrukce

$$c_s \cdot c_d = (1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(zs) \cdot \sqrt{(B^2 + R^2)}) / (1 + 7 \cdot I_v(zs)) = 0,86$$

$$B^2 = 1 / (1 + 0,9 \cdot ((b+h) / L(zs))^{0,63}) = 0,5405$$

$$L(zs) = L_t \cdot (zs / z_t)^\alpha = 43,68 \text{ m}$$

$$L_t = 300 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,67 + 0,05 \ln(z_0) = 0,44$$

$$z_t = 200 \text{ m}$$

$$b = 39,00 \text{ m}$$

$$h = 0,90 \text{ m}$$

$$R^2 = \pi^2 / (2 \cdot \delta) \cdot S_L(zs, n_{1,x}) \cdot R_h(\eta h) \cdot R_b(\eta b) = 0,0252$$

$$\delta = 0,020$$

$$S_L(zs, n_{1,x}) = 6,8 \cdot f_L(z, n) / (1 + 10,2 \cdot f_L(z, n))^{5/3} = 0,05$$

$$f_L(z, n) = n \cdot L(zs) / v_m(zs) = 3,97$$

$$n = n_{1,x} = 2,13 \text{ Hz}$$

... vč. námrazy

$$R_h(\eta h) = 1 / \eta h - (1 - e^{(-2 \cdot \eta h)}) / (2 \cdot \eta h^2) = 0,79$$

$$\eta h = 4,6 \cdot h \cdot f_L(zs, n_{1,x}) / L(zs) = 0,38$$

$$R_b(\eta b) = 1 / \eta b - (1 - e^{-(2 \cdot \eta b)}) / (2 \cdot \eta b^2) = 0,06$$

$$\eta b = 4,6 \cdot b \cdot f_L(z s, n 1, x) / L(z s) = 16,31$$

$$k_p = \sqrt{(2 \cdot \ln(v \cdot T) + 0,6) / \sqrt{(2 \cdot \ln(v \cdot T))}} = 3,53$$

$$v = n 1, x \cdot \sqrt{(R^2 / (B^2 + R^2))} = 0,45 \text{ Hz}$$

$$T = 600,00 \text{ s}$$

$$I_v(z s) = k_l / (c_0(z s) \cdot \ln(z s / z_0)) = 0,18 \quad \dots \text{ součinitel turbulence}$$

$$k_l = 1,00$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Součinitel síly pro příhradové konstrukce

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 2,00$$

$$c_{f,0} = 2,00$$

$$\varphi = A / A_c = 0,55$$

$$A = 19,28 \text{ m}^2 \quad \dots \text{ návětrná plocha prutů vč. námrazy}$$

$$A_c = b \cdot h = 34,98 \text{ m}^2 \quad \dots \text{ plocha opsaného obdélníka vč. námrazy}$$

$$\psi_\lambda = 1,00$$

Maximální dynamický tlak větru ve výšce z

$$q_p(z s) = (1 + 7 I_v(z s)) \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z s)^2 = 0,78 \text{ kN/m}^2$$

Síla od větru působící na konstrukci

$$F_w = c_s \cdot c_d \cdot c_f \cdot q_p(z s) \cdot A_{ref} = 25,94 \text{ kN}$$

$$A_{ref} = A = 19,28 \text{ m}^2$$

$$f_{w1} = F_w / (2 L) = 0,33 \text{ kN/m} \quad \dots \text{ liniové zatížení z boku každé z návětrných pásnic}$$

Imperfekce pro globální analýzu prutových konstrukcí

Imperfekce ve tvaru celkového počátečního naklonění konstrukce

(Im1)

$$\Phi = \Phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0,00289 \text{ rad} \quad \dots \text{ v pružném stavu}$$

$$\Phi_0 = 1 / 200 = 0,005 \text{ rad}$$

$$2 / 3 \leq \alpha_h = 2 / \sqrt{h} \leq 1,0 \dots \alpha_h = 0,67$$

$$h = 39,00 \text{ m} \quad \dots \text{ "výška" kce v metrech}$$

$$\alpha_m = \sqrt{(0,5 (1 + 1 / m))} = 0,87$$

$$m = 2 \text{ ks} \quad \dots \text{ počet "sloupů v řadě", které přenáší více než 50% N Ed}$$

$$F_{im1} = \Phi \cdot N_{ser,b} = 1,47 \text{ kN} \quad \dots \text{ celková náhradní vodorovná síla v opření plováku do vzpěry}$$

Imperfekce ve tvaru počátečního místního prohnutí prutu pro rovinný vzpěr

$$e_0 = \frac{0,195 \text{ m}}{L} = \frac{1}{200} = 0,005$$

$$L = 39,00 \text{ m}$$

$$f_{im2} = 8 \cdot N_{ser,b} \cdot e_0 / L^2 = 0,52 \text{ kN/m}$$

Pozn.: Kroucení, tj. zatížení pásnic v "opačných" směrech nerozhoduje.

Imperfekce pro analýzu výztužného systému

$$e_0 = \alpha_m \cdot L / 500 = 0,068 \text{ m}$$

$$f_{im3} = (N_{ser,b} + M_{ser} / h) \cdot 8 \cdot (e_0 + \delta_q) / L^2 = 0,31 \text{ kN/m}$$

$$M_{ser} = g_b \cdot L / 8 = 31,83 \text{ kNm}$$

$$g_b = 6,53 \text{ kN}$$

$$h = 0,80 \text{ m}$$

$$\delta_q = 0,040 \text{ m}$$

(Im2) ... uvažují u "pásnic" vzpěry

... v pružném stavu

... pro pružnostní analýzu a křivku vzpěrné pevnosti c

... celkové náhradní liniové zatížení "pásnic" vzpěry

(Im3)

... tíha konstrukce

... celková výška vzpěry

... průhyb vzpěry od všech vnějších zatížení /tj. jen vlastní tíha/ dle analýzy prvního řádu

B.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ VZPĚRY

$$MSÚ1 = 1,35 G + N_{Ed,b1} + 1,5 IC + 1,5 W1 + 1,5 (Im1 + Im2 + Im3)$$

$$MSÚ2 = 1,35 G + N_{Ed,b2} + 1,5 IC + 1,5 W2 + 1,5 (Im1 + Im2 + Im3)$$

$$MSP1 = G + N_{ser,b1} + IC + W1 + (Im1 + Im2 + Im3)$$

$$MSP2 = G + N_{ser,b2} + IC + W2 + (Im1 + Im2 + Im3)$$

B.4 VÝPOČET

B.4.1 PŘEMÍSTĚNÍ UZLŮ MSP

$$U_{z,max} = 60,10 \text{ mm}$$

B.4.2 REAKCE V PODPORÁCH MSÚ

... výslednice

MSÚ1

Podpora	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Na plováku	0,00	0,00	68,34
Na břehu	789,10	0,00	113,50

MSÚ2

Podpora	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Na plováku	0,00	12,47	65,27
Na břehu	400,92	24,28	107,79

B.4.3 VNITŘNÍ SÍLY

Vzhledem k tvaru a charakteru konstrukce smykové síly Vz a Vy a kroutící moment Mx ZANEDBÁVÁM.

MSÚ1

	dx	N	My	Mz
	[m]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Pásnice	38,25	-743,82	-3,40	0,85
Pásnice	38,25	240,13	-0,38	-0,58
Pásnice	37,50	-533,40	-4,60	-1,07
Pásnice	36,00	52,44	4,64	2,16
Pásnice	37,50	-528,68	4,02	-1,42
Pásnice	36,00	238,77	-4,41	2,23
Diagonály		123,58	0,00	0,00
Diagonály		-113,04	0,00	0,00

MSÚ2

	dx	N	My	Mz
	[m]	[kN]	[kNm]	[kNm]
Pásnice	38,25	-736,36	-2,08	0,21
Pásnice	36,75	416,93	2,09	0,66
Pásnice	36,00	55,82	-4,95	2,01
Pásnice	36,75	-357,72	5,31	0,37
Pásnice	37,50	-312,57	4,96	-1,66
Pásnice	36,00	201,07	3,76	2,09
Diagonály		118,82	0,00	0,00
Diagonály		-107,20	0,00	0,00

B.5 POSOUZENÍ

B.5.1 MSP

Mezní štíhlosti, provozní požadavky pro účinky větru

Prut	L cr,y	L cr,z	λ y	λ z	Omezení λ	Posouzení
	[m]	[m]				
Pásnice	3,00	3,00	53,96	53,96	200	VYHOVUJE
Diagonály	1,70	1,70	87,18	87,18	200	VYHOVUJE

Průhyb, omezení z hlediska vzhledu

U z,max = 80,80 mm <= L / 250 = 156,00 mm

VYHOVUJE

Sweco Hydroprojekt a.s.

ČÍSLO ZAKÁZKY: 11 8127 01 01
ARCHIVNÍ ČÍSLO: 013083/18/1

B.5.2 MSÚ

Průřezy třídy 3 => pružné posouzení.

Tah a ohyb

$$(N / A + |M_y| / W + |M_z| / W) / f_{yd} \leq 1,0$$

	Stav	dx	N / A	M _y / W	M _z / W	σ _x	Využití	Posouzení
		[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]		
Pásnice	MSÚ1	38,25	57,04	3,84	5,87	66,75	0,23	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ1	37,50	12,46	46,53	10,82	69,81	0,24	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ1	36,00	56,71	44,61	22,56	123,88	0,42	VYHOVUJE
Diagonály	MSÚ1		123,58	0,00	0,00	123,58	0,42	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ2	36,75	99,03	21,14	6,68	126,85	0,43	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ2	36,00	13,26	50,07	20,33	83,66	0,28	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ2	37,50	47,76	50,17	16,79	114,72	0,39	VYHOVUJE
Diagonály	MSÚ2		120,63	0,00	0,00	120,63	0,41	VYHOVUJE

Tlak a ohyb

$$(|N| / (χ A) + |M_y| / W + |M_z| / W) / f_{yd} \leq 1,0$$

	Stav	dx	N / (A · χ)	χ	M _y / W	M _z / W	σ _x	Využití	Posouzení
		[m]	[MPa]		[MPa]	[MPa]	[MPa]		
Pásnice	MSÚ1	12,00	245,09	0,72	34,39	8,60	288,08	0,97	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ1	13,63	175,76	0,72	46,94	21,85	244,54	0,83	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ1	13,50	174,20	0,72	40,66	14,36	229,23	0,77	VYHOVUJE
Diagonály	MSÚ1		247,91	0,46	0,00	0,00	247,91	0,84	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ2	38,25	242,63	0,72	21,04	2,12	265,80	0,90	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ2	36,75	117,87	0,72	53,71	3,74	175,32	0,59	VYHOVUJE
Pásnice	MSÚ2	36,00	102,99	0,72	38,03	21,14	162,17	0,55	VYHOVUJE
Diagonály	MSÚ2		235,10	0,46	0,00	0,00	235,10	0,79	VYHOVUJE

Členěné tlačené pruty stálého průřezu

Členěné tlačené pruty s příhradovými spojkami; Únosnost součástí členěných tlačných prutů s příhradovými spojkami

$$N_{ch,Ed} / N_{b,Rd} \leq 1,0$$

$$0,67 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$N_{ch,Ed} = 0,5 N_{Ed} + M_{Ed} \cdot h_0 \cdot A_{ch} / (2 I_{eff}) = 606,01 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 764,89 \text{ kN}$$

... viz. A.4; návrhová hodnota tlakové síly členěného prutu

$$M_{Ed} = (N_{Ed} \cdot e_0 + M_{1Ed}) / (1 - N_{Ed} / N_{cr} - N_{Ed} / S_v) \quad \dots \text{návrhový moment uprostřed členěného prutu s uvažováním účinků II. řádu}$$

$$e_0 = L / 500 = 0,078 \text{ m}$$

$$M_{1Ed} = f_{1Ed} \cdot L^2 / 8 = 42,98 \text{ kNm}$$

... návrhový moment uprostřed členěného prutu bez uvažování účinků II. řádu

$$f_{1Ed} = 1,35 g_b / L = 0,23 \text{ kN/m}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot E \cdot I_{eff} / L^2 = 1835,79 \text{ kN}$$

$$I_{eff} = 0,5 h_0^2 \cdot A_{ch} = 0,0013472 \text{ m}^4$$

$$h_0 = 0,80 \text{ m}$$

$$A_{ch} = 4210 \text{ mm}^2$$

... průřezová plocha jednoho pásu

$$S_v = n \cdot E \cdot A_d \cdot a \cdot h_0^2 / (2 \cdot d^3) = 80836,96 \text{ kN}$$

... smyková tuhost příhradových spojek členěných prutů

$$n = 2 \text{ ks}$$

... počet rovin příhradového ztužení

$$A_d = 985 \text{ mm}^2$$

... průřezová plocha diagonály

$$a = 3,00 \text{ m}$$

... vzdálenost styčníků po ose pásnice

$$d = 1,70 \text{ m}$$

... délka diagonály

$$M_{Ed} = 178,85 \text{ kNm}$$

$$N_{b,Rd} = A_{ch} \cdot \chi \cdot f_{yd} = 897,82 \text{ kN}$$

... návrhová vzpěrná únosnost pásu pro vzpěrnou délku

$$L_{cr} = 3,00 \text{ m}$$

B.5.3 SPOJE

Podélné koutové svary diagonály na rameno pásnice.

!! Příčný svar VYLUČUJI !!

$$N_{Ed,w} = 123,58 \text{ kN}$$

$$F_{w,a} = N_{Ed,w} \cdot (b - e) / b = 90,21 \text{ kN}$$

$$e = 21,60 \text{ mm}$$

$$b = 80,00 \text{ mm}$$

$$M_{w,a} = N_{Ed,w} \cdot b / 4 = 2,47 \text{ kNm}$$

$$F_{w,b} = N_{Ed,w} \cdot e / b = 33,37 \text{ kN}$$

... síla ve svaru u odstávajícího ramene

... vzdálenost mezi těžišťovou osou průřezu a hranou úhelníku

... délka ramena úhelníku

... ohybový moment v rovině odstávajícího ramene

... síla ve svaru u přiléhajícího ramene

Návrh

$$a_w = 5,00 \text{ mm}$$

$$a_w \cdot \sqrt{2} = 7,07 \text{ mm} \leq t = 8,00 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

... t je tl. ramene přivařovaného úhelníku

... délka svaru u odstávajícího ramene

$$L_{w,a} = 165,00 \text{ mm}$$

$$40 \text{ mm} < L_{w,a} < 150 a_w = 750 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$L_{w,b} = 55,00 \text{ mm}$$

$$40 \text{ mm} < L_{w,b} < 150 a_w = 0 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Posouzení

$$\tau_{II,b} = F_{w,b} / (a_w \cdot b \cdot L_{w,b}) = 121,33 \text{ MPa} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{Mw} \cdot \sqrt{3}) = 153,96 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,90$$

... ocel S 235

$$\gamma_{Mw} = 1,50$$

$$\tau_{II,a} = F_{w,a} / (a_w \cdot a \cdot L_{w,a}) = 109,35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,a} = \sigma_{\perp,a} = M_{w,a} / (W_{w,a} \cdot \sqrt{2}) = 77,03 \text{ MPa}$$

$$W_{w,a} = a_w \cdot L_{w,a}^2 / 6 = 22687,5 \text{ mm}^3$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp,a}^2 + 3(\tau_{\perp,a}^2 + \tau_{II,a}^2))} = 244,15 \text{ MPa} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{Mw}) = 266,67 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{\perp,a} = 77,03 \text{ MPa} \leq f_u / \gamma_{Mw} = 240,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

C.1 NÁVRH LÁVKY

C.1.1 MATERIÁL

Ocel S 235J2

$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$ $f_{yd} = f_{yk} / (\gamma_{M0} \cdot 1,2) = 195,83 \text{ MPa}$
 $\gamma_{M0} = 1,00$
U vodohospodářských staveb uvažují redukci únosností koeficientem **1,20**.
 $E_k = 210 \text{ GPa}$

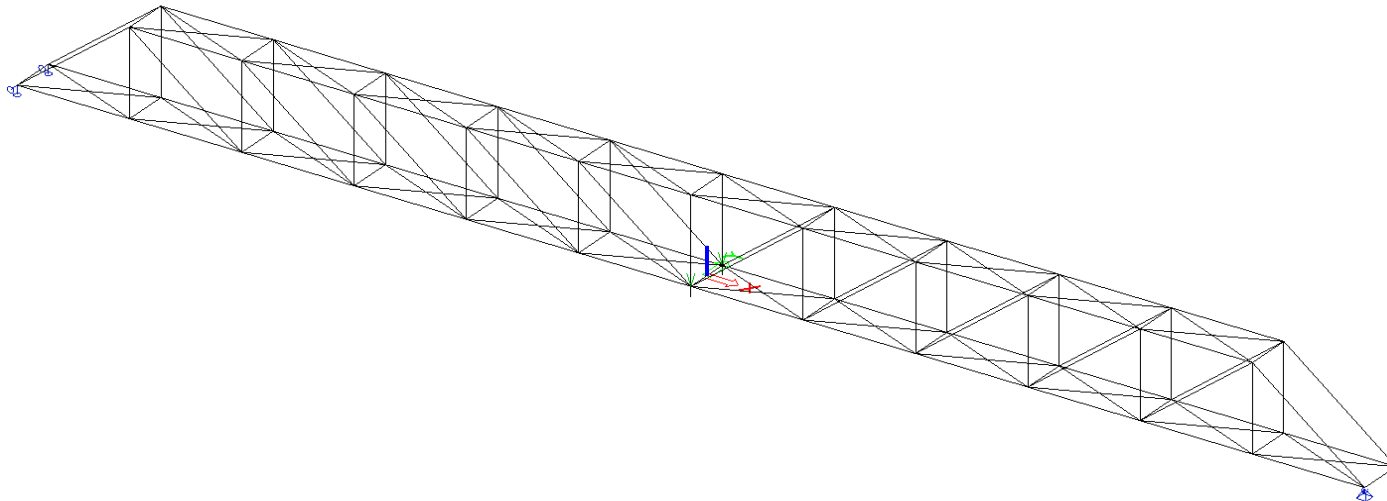
C.1.2 POLOHY KONSTRUKCE

POLOHA 1 $\alpha = 0,00^\circ$
POLOHA 2 $\alpha = 20,00^\circ$ **NEROZHODUJE** ... úhel od vodorovné roviny; + otáčí kolem osy příčnicku na břehu pojezd na plováku dolů

C.1.3 STATICKÝ MODEL

Schéma

Lávku délky $L = 40,00 \text{ m}$ vynáší dvojice příhradových zábradlí. Šířka lávky je vymezená příčnicky dl. **1,40 m**. Výška příhradového zábradlí je **2,80 m**, vzdálenost svislic **3,33 m**. V rovinách spodních i horních pásnic je konstrukce ztužena kříži. Všechny styčnický svařované - vetknutí.
Kloubové podpory na koncích každé ze spodních pásnic, na plováku volný směr $x \Leftrightarrow$ podélná osa konstrukce.



Průřezové charakteristiky

Prvek	Profil	Zatřídění	A	i y	i z
			[mm ²]	[mm]	[mm]
SPODNÍ PÁSNIČE	HEA120	třída 1	2 530	48,9	30,2
HORNÍ PÁSNIČE	HEA140	třída 1	3 140	57,3	35,2
SVISLICE	U120	třída 1	1 700	46,3	15,9
DIAGONÁLY	U80	třída 1	1 100	13,3	31,0
PŘÍČNÍKY	IPE80	třída 1	764	32,4	10,5
SPODNÍ ZAVĚTROVÁNÍ	L40/4,0	třída 3	308	12,1	12,1
HORNÍ ZAVĚTROVÁNÍ	L100/6,0	třída 3	1 180	30,7	30,7

... vč. krajních šikmých prutů /od podpor šikmo nahoru ke krajním styčnickům

C.1.4 DYNAMICKÉ VLASTNOSTI KONSTRUKCE

Základní logaritmický dekrement

$$d = 0,025$$

... obvyklá hodnota pro svařovanou ocelovou konstrukci

Pohlčovač svislého kmitání

Umístění uprostřed spodních pásnic.

$$m T \sim \gamma \cdot m H \sim 189,49 \text{ kg} = 200 \text{ kg}$$

$$\gamma = 0,030$$

$$m H = 6316,28 \text{ kg}$$

$$f T, \text{opt} = f H / (1 + \gamma) = 4,5471 \text{ Hz}$$

$$f H = 4,6835 \text{ Hz}$$

$$k T = m T \cdot (2 \pi \cdot f T, \text{opt})^2 = 5,71 \text{ kN/m}$$

... celková hmotnost pohlčovače

... podíl z hmotnosti konstrukce

... hmotnost konstrukce bez pohlčovače

... optimální frekvence naladění pohlčovače

... vlastní frekvence svislého kmitání konstrukce bez pohlčovače

... tuhost připojení hmoty pohlčovače na konstrukci

C.2 ZATĚŽOVACÍ STAVY LÁVKY

Stálé zatížení

Statika (G sta)

Vlastní tíha prutů dle zvolených průřezů

Mostovka - fošny 3 cm /bezpečně/ 0,21 kN/m²

$$G: F G = L \cdot B \cdot \text{mostovka} / (2 \cdot (n_{sv} + 1)) = 0,46 \text{ kN}$$

$$L = 40,00 \text{ m}$$

$$B = 1,30 \text{ m}$$

$$n_{sv} = 11 \text{ ks}$$

... síla do vnitřních uzlů na spodní pásnici; v krajních uzlech polovina

... délka konstrukce lávky

... šířka mostovky

... počet vnitřních svislic na jednom nosném "zábradlí"

Pohlčovač svislého kmitání

$$G \text{ pohlčovač} = 2,00 \text{ kN}$$

...svislé břemeno v místě největší výchylky, tj. polovina do středu každé spodní pásnice

Dynamika (G dyn)

Spojité hmoty na prutu z vlastní tíhy prutů.

Bodové hmoty v uzlech na spodních páscích z stálého zatížení tíhou mostovky.

Bodové hmoty ve středech spodních pásnic z hmotnosti pohlcovače svislého kmitání.

Užitné zatížení

Statika (Q sta)

Mostovka $q_{fk} = 2,50 \text{ kN/m}^2$... požadavek investora; přístup veřejnosti na lávku VYLOUČEN !!
 $Q: F_Q = L \cdot B \cdot q_{fk} / (2 \cdot (n_{sv} + 1)) = 5,42 \text{ kN}$... síla do vnitřních uzlů na spodní pásnici; v krajních uzlech polovina

Dynamika (Q dyn)

Dle ČSN EN 1991-2, NA.2.49 Článek 5.7 Dynamické modely zatížení chodci, odstavec (3) předpokládám vlastní frekvenci svislého kmitání nosné konstrukce lávky v oblasti frekvencí 1,0 Hz až 5,0 Hz a nutnost podrobné analýzy dynamického chování lávky.

Svislé zatížení ~skupina 8 - 15 chodců
 $q_v(t) = 280 \cdot k_v \cdot \sin(2\pi \cdot f_v \cdot t) = 490,00 \sin(2\pi \cdot 4,0192 \cdot t)$
 $k_v = 1,75$
 $f_v = 4,0192 \text{ Hz}$...vlastní frekvence pro svislé kmitání konstrukce vč. pohlcovače

Dle dtto předpokládám vlastní frekvence vodorovného kmitání hlavní nosné konstrukce lávky mimo oblasti frekvencí 0,5 Hz až 2,5 Hz.

Sníh (S)

$s_k = 1,01 \text{ kN/m}^2$... dle www.snehovamapa.cz
 $S: F_S = L \cdot B \cdot s_k / (2 \cdot (n_{sv} + 1)) = 2,19 \text{ kN}$... síla do vnitřních uzlů na spodní pásnici; v krajních uzlech polovina

Vítr (W) Vzhledem k poloze a tvaru konstrukce nerozhoduje.

C.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ LÁVKY A POLOH KONSTRUKCE

MSÚ	$1,35 (G_{sta}) + 1,5 ((Q_{sta}) + \psi_0 \cdot (S))$	POLOHA 1	$\psi_0 =$	0,50
MSP1	$(G_{sta}) + (Q_{sta}) + \psi_0 \cdot (S)$	POLOHA 1	$\psi_0 =$	0,50
MSP2	$(G_{dyn}) + (Q_{dyn})$	POLOHA 1		

C.4 REAKCE V ULOŽENÍ - VÝPOČET

Pouze svislé zatížení ==> pouze svislé reakce, symetrická kce i zatížení ==> reakce na plováku = reakce na břehu.

MSÚ	R z =	167,87 kN	... výslednice reakcí
MSP	R z =	115,66 kN	... výslednice reakcí

C.5 MSP - VÝPOČET A POSOUZENÍ

... posouzení v rozhodujících průřezech

C.5.1 PŘEMÍSTĚNÍ UZLŮ - PRŮHYB, OMEZENÍ Z HLEDISKA VZHLEDU

U z,max = 54,10 mm <= L / 250 = 160,00 mm **VYHOVUJE**

C.5.2 MEZNÍ ŠTÍHLOSTI, PROVOZNÍ POŽADAVKY PRO ÚČINKY VĚTRU

Prvek	Namáhání	L cr,y	L cr,z	λ y	λ z	Omezení λ	Posouzení
		[m]	[m]				
SPODNÍ PÁSNICE	tah	3,33	3,33	68,17	110,38	350,00	VYHOVUJE
HORNÍ PÁSNICE	tlak	3,33	3,33	58,17	94,70	200,00	VYHOVUJE
SVISLICE	tah / tlak	2,80	2,80	60,48	176,10	200,00	VYHOVUJE
DIAGONÁLY	tah	4,35	4,35	327,31	140,43	350,00	VYHOVUJE
PŘÍČNÍKY	tah / tlak	1,40	1,40	43,21	133,33	200,00	VYHOVUJE
SPODNÍ ZAVĚTROVÁNÍ	tah	3,62	1,81	298,79	149,40	350,00	VYHOVUJE
HORNÍ ZAVĚTROVÁNÍ	tlak	3,62	1,81	117,77	58,88	200,00	VYHOVUJE

C.5.3 OMEZENÍ NAPĚTÍ

Napětí "von Mises" <= f y = 235,00 MPa

Prvek	von Mises	Posouzení
	[MPa]	
SPODNÍ PÁSNICE	77,50	VYHOVUJE
HORNÍ PÁSNICE	57,80	VYHOVUJE
SVISLICE	32,30	VYHOVUJE
DIAGONÁLY	69,90	VYHOVUJE

Prvek	von Mises	Posouzení
	[MPa]	
PŘÍČNÍKY	46,80	VYHOVUJE
SPODNÍ ZAVĚTROVÁNÍ	76,60	VYHOVUJE
HORNÍ ZAVĚTROVÁNÍ	46,70	VYHOVUJE

C.5.5 VLASTNÍ FREKVENCE A KMITÁNÍ; PROVOZNÍ POŽADAVKY

Konstrukce bez pohlcovače

N	f	omega
	[Hz]	[1/sec]
1,00	2,0739	13,0310
2,00	4,2011	26,3960
3,00	4,6220	29,0407
4,00	4,6835	29,4275
5,00	9,7772	61,4319
6,00	11,0984	69,7331
7,00	13,7987	86,6998
8,00	14,2067	89,2636

svislé 1,0000 <= 4,6835 <= 5,0000 VYHOVUJE ==> Dynamická analýza
vodorovné 0,5000 <= 9,7772 <= 2,5000 NEVYHOVUJE ==> Není nutná dynamická analýza.

Svislé kmitání

Zatížení: $q_{\max, v(t)} = 280 \cdot k_v = 0,162 \text{ kN}$
 $k_v = 0,58$

... amplituda síly

Výpočet: $A = 4,40 \text{ mm}$

... amplituda svislé výchylky

Posouzení: $a = A \cdot \omega^2 = 3,71 \text{ m/s}^2 \leq a_{\lim} =$

0,70 m/s² NEVYHOVUJE

==> NÁVRH POHLCOVAČE

Konstrukce s pohlcovačem

N	f	omega
	[Hz]	[1/sec]
1,00	1,6973	10,6643
2,00	1,6995	10,6784
3,00	2,0551	12,9125
4,00	4,0192	25,2535
5,00	4,6083	28,9548
6,00	4,6329	29,1095
7,00	9,7706	61,3903
8,00	11,0882	69,6690

Svislé kmitání

Výpočet: $A = 0,60 \text{ mm}$

... amplituda svislé výchylky

Posouzení: $a = A \cdot \omega^2 = 0,10 \text{ m/s}^2 \leq a_{\lim} =$

0,70 m/s²

VYHOVUJE

C.6 MSÚ - VÝPOČET A POSOUZENÍ

... posouzení v rozhodujících průřezech

C.6.1 OHYB, SMYK A KROUCENÍ

Vzhledem k charakteristikám a zatížení konstrukce zanedbávám.

C.6.2 TAH

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

Prut	Popis	N _{Ed} [kN]	N _{t,Rd} [kN]	Využití	Posouzení
SPODNÍ PÁSNIČE	střed	270,77	495,46	0,55	VYHOVUJE
SVISLICE	krajní	12,17	332,92	0,04	VYHOVUJE
DIAGONÁLY	krajní	98,28	215,42	0,46	VYHOVUJE
PŘÍČNÍKY	střední nahoře	50,89	149,62	0,34	VYHOVUJE
SPODNÍ ZAVĚTROVÁNÍ	střední	26,80	60,32	0,44	VYHOVUJE

C.6.2 TLAK

$$|N_{Ed}| \leq N_{Rk} \cdot \chi_{min} / (\gamma_{M1} \cdot 1,2)$$

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

U vodohospodářských staveb uvažují redukci únosností koeficientem 1,20

Prut	Popis	N _{Ed} [kN]	N _{Rk} [kN]	χ _{min}	N _{Rk} · χ _{min} γ _{M1} · 1,2	Využití	Posouzení
HORNÍ PÁSNIČE	střed	-243,69	737,90	0,54	299,13	0,81	VYHOVUJE
SVISLICE	druhé krajní	-51,48	399,50	0,22	66,27	0,78	VYHOVUJE
PŘÍČNÍKY	střední dole	-20,69	179,54	0,37	50,80	0,41	VYHOVUJE
HORNÍ ZAVĚTROVÁNÍ	střední dole	-66,17	277,30	0,41	85,88	0,77	VYHOVUJE