

Příloha č. 1

ZÁKLADNÍ PEVNOSTNÍ VÝPOČTY

Hlavní rozměry plavidla:

L_{MAX}	=	35,53 [m]
L_{WL}	=	34,82 [m]
B_{MAX}	=	10,46 [m]
B_H	=	10,40 [m]
B_{WL}	=	10,40 [m]
H	=	2,50 [m]
T_{MAX}	=	2,20 [m]
T_{min}	=	0,35 [m]
a	=	0,495 [m]
a_B	=	2,160 [m]

Hlavní parametry LIEBHERR LTM 1070-4.2

L_{AJ}	=	12,39 [m]
B_{AJ}	=	2,69 [m]
B_{NAJ}	=	6,30 / 4,50 [m]
G_{AJ}	=	37,30 [t] = hmotnost autojeřábu
Q_{AJmax}	=	80 [t] = maximální hmotnost břemene
Q_{Bmax}	≈	31 [t] = "použitelná" hmotnost břemene (vzhledm k umístění na nosiči)
Q_{AJPZ}	=	14,5 [t] = hmotnost protizávaží
$Q_{AD/N}$	=	12 [t] = hmotnost na nápravu
Q_{AJBMAX}	=	82,80 [t] = maximální hmotnost AJ s břemenem
$Q_{AJ/40}$	=	20,7 [t] = maximální hmotnost na na opěru/"nohu" autojeřábu
$Q_{AJ/30}$	=	27,6 [t] = maximální hmotnost na na opěru/"nohu" (při počítání pouze 3)

$$L = (L_{MAX} + L_{WL}) / 2 = (35,53 + 34,82) / 2,00 = 35,18 [m]$$

223/95Sb. ~ 87ES - čl.3.02 - minimální tloušťka obšívky

$$t_{min1} \geq 3,0 [mm]$$

$$t_{min2} = 0,006 * a * \sqrt{T}$$

$$t_{min2} = 0,006 * 495 * \sqrt{2,20} = 4,4 [mm]$$

$$a \leq 500 \text{ mm} : f = 1$$

$$\text{pro } a \leq 400 \text{ mm} : a = 400 \text{ mm}$$

$$a > 500 \text{ mm} : f$$

$$f = 1 + 0,0013 * (a - 500)$$

$$f = 1 + 0,0013 * (495 - 500) = 0,99$$

$$c = 0,95$$

$$c = 1$$

dno + boky :

$$b = 1,00$$

$$L > 40 \text{ m} :$$

$$t_{\min 3} = f * b * c * (2,3 + 0,04 * L)$$

$$t_{\min 3} = 1 * 1,00 * 0,95 * (2,3 + 0,04 * 35,18) = 3,5 \text{ [mm]}$$

Použito :

$$t_B = 5 \text{ [mm]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$t_S = 4 \text{ [mm]}$$

Outor :

$$t_{K\min} \geq 3,5 * 1,25 = 4,4 \text{ [mm]}$$

Použito :

Profil L 80x50x5

$$t_K = 5 \text{ [mm]}$$

"Pravidla CS Lloyd II"

Koeficient "k" pro lodní ocel "A" $\approx R_{eH} = 235 \text{ MPa}$:

$$k_p = k_w = 1,00$$

Počet páteřnic :

$$9 \leq B = 10,46 < 12 \text{ [m]} \Rightarrow \text{minimálně } 5 \text{ páteřnice a plocha pásnice } A_{pp} \geq 11 \text{ [cm}^2 \text{]}$$

$$n = 5 \text{ [ks]}$$

$$t_{Br} = t_{B\min i} - 0,02 * i * t_{B\min i} = 5,0 - 0,02 * 5 * 4,6 = 4,5 \text{ [mm]}$$

Použito :

$$t_B = 6 \text{ [mm]}$$

$$A_{pp} = 10 \times 150 \text{ [mm]} = 15 \geq 11,00 \text{ [cm}^2 \text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Síla dnových plechů :

$$I_n = 14,97 \text{ [m]}$$

$$I_n / L = 0,43$$

$$t_1 \text{ z diagramu 6} = 5,25 \text{ [mm]}$$

$$t_{B\min 1} = k_p * t_1 * \sqrt[3]{(a / 0,6)^2}$$

$$t_{B\min 1} = 1,00 * 5,25 * \sqrt[3]{(0,50 / 0,6)^2} = 4,6 \text{ [mm]}$$

Pro oblast $0,25 \div 0,6 L$, tj. : $8,8 \div 21,1 \text{ [m]}$

$$t_{B\min 2} = k_p * 0,85 * \sqrt{L}$$

$$t_{B\min 2} = 1,00 * 0,85 * \sqrt{35,18} = 5,0 \text{ [mm]}$$

$$t_{B\min 3} = k_p * 6,6 * a * \sqrt{T}$$

$$t_{B\min 3} = 1,00 * 6,6 * 0,50 * \sqrt{2,20} = 4,8 \text{ [mm]}$$

$$t_{B\min 4} = k_p * 10 * a = 1,00 * 10 * 0,50 = 5,0 \text{ [mm]}$$

Zvoleno :

$$t_{B0,1L} = 8 \text{ [mm]}$$

Místní zesílení dna

$$do\ 0,1\ L = 3,5 \quad [m]$$

$$t_{0,1L} = k_p \cdot \sqrt{L} = 1,00 \cdot \sqrt{35,18} = 5,9 \quad [mm]$$

Pro "ledovou tříšť" :

$$t_{B\ LT} = 1,5 \cdot t_{Br} = 1,5 \cdot 5,9 = 8,9 \quad [mm]$$

Zvoleno :

$$t_{B0,1L} = 12 \quad [mm]$$

Dnové přičky

$$w_1 \text{ z diagramu 14} = 855 \quad [cm^3/0,5m]$$

$$W_{Bmin1} = k_w \cdot a \cdot w_1 / 0,5 = 1,00 \cdot 0,50 \cdot 855 / 0,5 = 212 \quad [cm^3]$$

$$\text{Stojina } 6 \times 340 \text{ a pásnice } 10 \times 150 \quad [mm] \Rightarrow h_{BP} = 350 \quad [mm]$$

"v" [mm]	"š" [mm]	A [cm ²]	e cm	Ae [cm ³]	Ae ² [cm ⁴]	I ₀ [cm ⁴]
8	248	19,8	0,4	7,9	3,2	
340	6	20,4	17,8	363,1	6 463,5	1 965,2
10	150	15,0	35,3	529,5	18 691,4	
358	Σ	55,2	16,3	900,5	25 158,1	1 965,2

$$I_{x1} = \Sigma (A \cdot e^2) + \Sigma I_0 = 25\ 158 + 1\ 965,2 = 27\ 123 \quad [cm^4]$$

$$I_x = I_{x1} - \Sigma A \cdot \Sigma e^2 = 27\ 123 - 55 \cdot 266 = 12\ 432 \quad [cm^4]$$

$$W_B = I_x / (h - \Sigma e) = 12\ 432 / (35,8 - 16,3) = 638 \quad [cm^3]$$

$$W_B = 638 > 212 = W_{Bmin} \quad [cm^3] \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Rámové přičky :

$$I_d / L = 0,17 < 0,2 \Rightarrow W_{BRmin} = W_{Bmin} = 212$$

Použito :

$$\text{Stojina } 6 \times 340 \text{ a pásnice } 10 \times 150 \quad [mm] \Rightarrow h_{BR} = 350 \quad [mm]$$

"v" [mm]	"š" [mm]	A [cm ²]	e cm	Ae [cm ³]	Ae ² [cm ⁴]	I ₀ [cm ⁴]
8	248	19,8	0,4	7,9	3,2	
340	6	20,4	17,8	363,1	6 463,5	1 965,2
10	150	15,0	35,3	529,5	18 691,4	
358	Σ	55,2	16,3	900,5	25 158,1	1 965,2

$$I_{x1} = \Sigma (A \cdot e^2) + \Sigma I_0 = 25\ 158 + 1\ 965,2 = 27\ 123 \quad [cm^4]$$

$$I_x = I_{x1} - \Sigma A \cdot \Sigma e^2 = 27\ 123 - 55 \cdot 266 = 12\ 432 \quad [cm^4]$$

$$W_{BR} = I_x / (h - \Sigma e) = 12\ 432 / (35,8 - 16,3) = 638 \quad [cm^3]$$

$$W_{BR} = 638 > 212 = W_{BRmin} \quad [cm^3] \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

přední kolizní prostor

$$b_{PKP} = 5,20 \text{ [m]}$$

$$W_{PKPmin} = 7 * k_w * a * T * b_{ZKP}^2$$

$$W_{PKPmin} = 7 * 1,00 * 0,50 * 2,20 * 5,20^2 = 206 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$t_{PKPs min1} = 5 \text{ [mm]}$$

$$t_{PKPs min2} = k_p * 0,8 * \sqrt{L} = 1,00 * 0,8 * \sqrt{35,18} = 4,7 \text{ [mm]}$$

Zvoleno :

$$t_{PKPs} = 8 \text{ [mm]}$$

Použit L-profil : L 6x400x100

$$\text{Stojina } 6 \times 400 \text{ a pásnice } 6 \times 100 \text{ [mm]} \Rightarrow h_{PKP} = 406 \text{ [mm]}$$

"v" [mm]	"š" [mm]	A [cm ²]	e cm	Ae [cm ³]	Ae ² [cm ⁴]	I ₀ [cm ⁴]
8	248	19,8	0,4	7,9	3,2	
394	6	23,6	20,5	484,6	9 934,7	3 058,1
6	100	6,0	40,5	243,0	9 841,5	
408	Σ	49,4	14,9	735,5	19 779,4	3 058,1

$$I_{X1} = \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 19 779 + 3 058,1 = 22 838 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_X = I_{X1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 22 838 - 49 * 221 = 11 895 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$W_{PKP} = I_X / (h - \Sigma e) = 11 895 / (40,8 - 14,9) = 459 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$W_{PKP} = 459 > 206 = W_{PKPmin} \text{ [cm}^3\text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

původní zadní kolizní prostor

$$b_{ZKP} = 5,20 \text{ [m]}$$

$$W_{ZKPmin} = 7 * k_w * a * T * b_{ZKP}^2$$

$$W_{ZKPmin} = 7 * 1,00 * 0,50 * 2,20 * 5,20^2 = 206 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$t_{ZKPs min1} = 5 \text{ [mm]}$$

$$t_{ZKPs min2} = k_p * 0,8 * \sqrt{L} = 1,00 * 0,8 * \sqrt{35,18} = 4,7 \text{ [mm]}$$

Zvoleno :

$$t_{ZKPs} = 8 \text{ [mm]}$$

Použit L-profil : L 6x350x100

$$\text{Stojina } 6 \times 350 \text{ a pásnice } 6 \times 100 \text{ [mm]} \Rightarrow h_{ZKP} = 356 \text{ [mm]}$$

"v" [mm]	"š" [mm]	A [cm ²]	e cm	Ae [cm ³]	Ae ² [cm ⁴]	I ₀ [cm ⁴]
8	248	19,8	0,4	7,9	3,2	
344	6	20,6	18,0	371,5	6 687,4	2 035,4
6	100	6,0	35,5	213,0	7 561,5	
358	Σ	46,4	12,8	592,4	14 252,0	2 035,4

$$I_{X1} = \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 14 252 + 2 035,4 = 16 287 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_X = I_{X1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 16 287 - 46 * 163 = 8 730 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$W_{ZKP} = I_X / (h - \Sigma e) = 8 730 / (35,8 - 12,8) = 379 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$W_{ZKP} = 379 > 206 = W_{ZKPmin} \text{ [cm}^3\text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Outorové plechy

$$t_{K \min 1} = t_B = 8 \text{ [mm]}$$

$$t_{K \min 2} = k_p * 1,25 * \sqrt{L} = 1,00 * 1,25 * \sqrt{35,18} = 7,41 \text{ [mm]}$$

Zvoleno :

$$t_K = 10 \text{ [mm]}$$

Síla bočních obšívkových plechů

$$t_1 \text{ z diagramu 6} = 5,25 \text{ mm}$$

$$t_{Smin1} = k_p * t_1 * 0,88 * \sqrt[3]{(a / 0,6)^2}$$

$$t_{Smin1} = 1,00 * 5,25 * 0,88 * \sqrt[3]{(0,50 / 0,6)^2} = 4,1 \text{ [mm]}$$

$$t_{Smin1-} = 1,05 * t_{Smin1} = 1,05 * 4,1 = 4,3 \text{ [mm]}$$

$$t_{Smin2} = t_{Bmin2} = 5,0 \text{ [mm]}$$

$$t_{Smin3} = t_{Bmin3} = 4,8 \text{ [mm]}$$

$$t_{Smin4} = t_{Bmin4} = 5,0 \text{ [mm]}$$

Zvoleno :

$$t_s = 6 \text{ [mm]}$$

Čela určená pro tlačení

$$t_{SCmin} = k_p * 2,2 * \sqrt{L} = 1,00 * 2,2 * \sqrt{35,18} = 13,0 \text{ [mm]}$$

Použito (stávající) :

$$t_{SC} = 15 \text{ [mm]}$$

Opasnice

$$t_{SOmin1} = 12 \text{ [mm]}$$

$$t_{SOmin2} = k_p * 2 * \sqrt{L} = 1,00 * 2 * \sqrt{35,18} = 11,9 \text{ [mm]}$$

$$h_{SOmin} = 100 * H = 100 * 2,50 = 250 \text{ [mm]}$$

Použito (stávající) :

$$t_{SO} \times h_{SO} = 15 \times 480 \text{ [mm]}$$

Žebra v NPPro nepodepřený ochoz $l_{dx} > 0,2L$, t.j. 7,0 m :

$$l_d = 5,94 \text{ [m]}$$

$$W_{Smin1} = k_w * 2,4 * a * (H^3 + 0,13 * B^2 + 3) * (H + T) / (2 * H)$$

$$W_{Smin1} = 1,00 * 2,4 * 0,50 * (2,50^3 + 0,13 * 10,40^2 + 3) * (2,50 + 2,20) / (2 * 2,50) = 36,5 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

Použit L-profil : L80x60x6

" v "	" š "	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
6	248	14,9	0,3	4,5	1,3	
74	6	4,4	4,3	19,1	82,1	20,3
6	60	3,6	8,3	29,9	248,0	
86	Σ	22,9	2,3	53,4	331,4	20,3

$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 331 + 20,3 = 352 \quad [\text{cm}^4] \\
 I_x &= I_{x1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 352 - 23 * 5,4 = 227 \quad [\text{cm}^4] \\
 W_{Si} &= I_x / (h - \Sigma e) = 227 / (8,6 - 2,3) = 36,2 \quad [\text{cm}^3] \\
 W_{Si} &= 36,2 > 36,5 = W_{Smin i} \quad [\text{cm}^3] \Rightarrow \text{ještě lze považovat za VYHOVUJÍCÍ}
 \end{aligned}$$

Pro sedlovitost

$$\begin{aligned}
 h_{Sm} &= 0,07 * H = 0,07 * 2,50 = 0,18 \quad [\text{m}] \\
 h_s &= 0,15 < 0,18 \Rightarrow \\
 W_{SPmin} &= W_{Smin1} = 36,50 \quad [\text{cm}^3]
 \end{aligned}$$

Rámová žebra v NP

$$\begin{aligned}
 a_{SRmax} &= 1,49 \quad [\text{m}] \\
 W_{SRmin1} &= k_w * 2,4 * a_{SR} * (H^3 + 0,13 * B^2 + 3) * (H + T) / (2 * H) \\
 W_{SRmin1} &= 1,00 * 2,4 * 1,49 * (2,50^3 + 0,13 * 10,40^2 + 3) * (2,50 + 2,20) / (2 * 2,50) = 110 \quad [\text{cm}^3] \\
 k_{jL} &= I_d / L = 5,94 / 35,18 = 0,17 < 0,2
 \end{aligned}$$

Stojina 6 x 150 a pásnice 10 x 70 [mm] $\Rightarrow h_{BR} = 160 \quad [\text{mm}]$

"v"	"š"	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
6	240	14,4	0,3	4,3	1,3	
150	6	9,0	8,1	72,9	590,5	168,8
10	70	7,0	16,1	112,7	1 814,5	
166	Σ	30,4	6,2	189,9	2 406,3	168,8

$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 2 406 + 168,8 = 2 575 \quad [\text{cm}^4] \\
 I_x &= I_{x1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 2 575 - 30 * 39 = 1 389 \quad [\text{cm}^4] \\
 W_{SR} &= I_x / (h - \Sigma e) = 1 389 / (16,6 - 6,2) = 134 \quad [\text{cm}^3] \\
 W_{SR} &= 134 > 110 = W_{SRmin i} \quad [\text{cm}^3] \Rightarrow \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Žebra na přídi :

$$\begin{aligned}
 H_p &= \Delta H + H = 0,54 + 3,04 = 3,34 \quad [\text{m}] \\
 W_{SPmin} &= k_w * 2,4 * 0,5 * (H_p^3 + 0,13 * B^2 + 3) * (H_p + T) / (2 * H_p) \\
 W_{SPmin} &= 1,00 * 2,4 * 0,50 * (3,34^3 + 0,13 * 10,40^2 + 3) * (3,34 + 2,20) / (2 * 3,34) = 54,1 \quad [\text{cm}^3]
 \end{aligned}$$

Použit profil L 80 x 60 x 6

"v"	"š"	S	e	Se	Se ²	I ₀
mm	mm	cm ²	cm	cm ³	cm ⁴	cm ⁴
6	500	30,0	0,3	9,0	2,7	
74	6	4,4	4,3	19,1	82,1	20,3
6	60	3,6	8,3	29,9	248,0	
86	Suma	38,0	1,5	58,0	332,8	20,3

$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \Sigma (S * e^2) + \Sigma I_0 = 333 + 20,3 = 353 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 I_x &= I_{x1} + \Sigma S * \Sigma e^2 = 353 + 38,0 * 2,3 = 441 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 W_{SP} &= I_x / (h - \Sigma e) = 441 / (8,6 - 1,5) = 62 \text{ [cm}^3\text{]} \\
 W_{SP} &= 62 > 54 = W_{SPmin}
 \end{aligned}$$

Vyztužení tlačného čela

$$\begin{aligned}
 a_{TCmax} &= 2,04 \text{ [m]} \\
 W_{STCmin1} &= k_w * 2,4 * a_{TC} * (H^3 + 0,13 * B^2 + 3) * (H + T) / (2 * H) \\
 W_{STCmin1} &= 1,00 * 2,4 * 2,04 * (2,50^3 + 0,13 * 10,40^2 + 3) * (2,50 + 2,20) / (2 * 2,50) = 150 \text{ [cm}^3\text{]}
 \end{aligned}$$

Stojina 6 x 230		a pásnice 10 x 100		[mm] $\Rightarrow h_s = 230$ [mm]		
"v"	"š"	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
15	600	90,0	0,8	67,5	50,6	
220	6	13,2	12,5	165,0	2 062,5	532,4
10	100	10,0	24,0	240,0	5 760,0	
245	Σ	113,2	4,2	472,5	7 873,1	532,4

$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 7 873 + 532,4 = 8 406 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 I_x &= I_{x1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 8 406 - 113 * 17 = 6 433 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 W_{STC} &= I_x / (h - \Sigma e) = 6 433 / (24,5 - 4,2) = 317 \text{ [cm}^3\text{]} \\
 W_{STC} &= 317 > 150 = W_{Smin TC} \text{ [cm}^3\text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Výpočtová paluba

pro rozsah nákladového prostoru nebo 0,4L, tj. : 14,07 m :

$$\begin{aligned}
 l_d &= 5,94 \text{ [m]} \\
 \lambda &= k_p * 1,5 * \sqrt[3]{1 - l_d / L} \\
 \lambda &= 1,00 * 1,5 * \sqrt[3]{1 - 5,94 / 35,18} = 1,41 \\
 t_{Dmin1} &= k_p * 0,88 * (0,7 + 0,0045 * L) * \lambda * \sqrt{L} * \sqrt{T/H} * \sqrt[3]{(a/0,5)^2} \\
 t_{Dmin1} &= 1,00 * 0,88 * (0,7 + 0,0045 * 35,18) * 1,41 * \sqrt{35,18} * \sqrt[3]{(0,50/0,5)^2} = 5,9 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

pro rozsah středu 0,5L, tj. : 17,59 m :

$$\begin{aligned}
 t_{Dmin2} &= k_p * 0,7 * \sqrt{L} = 1,00 * 0,7 * \sqrt{35,18} = 4,2 \text{ [mm]} \\
 t_{Dmin3} &= k_p * 10 * a = 1,00 * 10 * 0,50 = 5,0 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Použito :

$$t_D = 7 \text{ [mm]}$$

palubní okrajnice :

$$t_{D0min1} = t_D = 7 \text{ [mm]}$$

$$t_{D0min2} = k_p * \sqrt{L} = 1,00 * \sqrt{35,18} = 5,9 \text{ [mm]}$$

Použito :

$$t_{D0} = 7 \text{ [mm]}$$

$$b_{D0min} = k_p * (300 + 5 * L) = 1,00 * 35,18 = 476 \text{ [mm]}$$

Použito :

$$b_{D0} = 990 \text{ [mm]}$$

Hornopalubový

Zatížení od opěr LTM 1070 při břemenu:

$$\begin{aligned}
 Q_{AJ/30} &= 135 \text{ [kN]} \\
 A_{AJ/O} &\approx 0,8 \text{ [m}^2\text{]} \\
 p_{ADK} &= Q_{AJ/O} / A_{AJ/O} = 135,4 / 0,8 = 169 \text{ [kPa]} \\
 t_{DH1} &= 1,7 * a * \sqrt{p_{ADK}} \\
 t_{DH1} &= 1,7 * 0,50 * \sqrt{169} = 10,9 \text{ [mm]} \\
 t_{DHmin} &= (t_{Dmin1} + \sqrt{t_{Dmin1}^2 + 4 * t_{DH1}^2}) / 2 \\
 t_{DHmin} &= (5,9 + \sqrt{5,9^2 + 4 * 10,9^2}) / 2 = 14,3 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Zatížení od najíždění LTM 1070 :

$$\begin{aligned}
 Q_{AD/K} &= 58,9 \text{ [kN]} \\
 A_{ADK} &\approx 0,11 \text{ [m}^2\text{]} \\
 p_{ADK} &= (Q_{AD/N} / 2) / A_{ADK} = 29,4 / 0,11 = 262 \text{ [kPa]} \\
 t_{DH1} &= 1,7 * a * \sqrt{p_{ADK}} \\
 t_{DH1} &= 1,7 * 0,50 * \sqrt{262} = 13,6 \text{ [mm]} \\
 t_{DHmin} &= (t_{Dmin1} + \sqrt{t_{Dmin1}^2 + 4 * t_{DH1}^2}) / 2 \\
 t_{DHmin} &= (5,9 + \sqrt{0,0^2 + 4 * 13,6^2}) / 2 = 16,6 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Použito :

$$t_{DH} = 16 \text{ [mm]}$$

Ochoz bez výpočtové paluby

$$\begin{aligned}
 b_{Omin1} &= 400 \text{ [mm]} \\
 b_{Omin2} &= k_p * 100 * B = 1,00 * 100 * 10,40 = 1040 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Použito :

$$b_O = 990 \text{ [mm]}$$

pro průběžný nákladový prostor nebo $l_d > 0,25L$, tj. 8,79 m :

$$\begin{aligned}
 l_d &= 5,94 > 8,79 = 0,25 * L \text{ [m]} \Rightarrow \\
 k_{lL} &= 0,17 \\
 k_{lLmax} &= ! 0,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{Omin3} &= b_{Omin2} * (0,75 + k_{lL}) \\
 b_{Omin3} &= 1040 * (0,75 + 0,50) = 1300 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

 ϵ_z z diagramu 11 = 6,9

$$t_{Omin1} = k_p * 1,1 * \sqrt{L} = 1,00 * 1,1 * \sqrt{35,18} = 6,5 \text{ [mm]}$$

pro "H-":

$$\begin{aligned}
 t_{Omin3} &= 1,15 * t_{Omin2} = 7,5 \text{ [mm]} \\
 A_{Omin} &= b_{Omin i} * t_{Omin i} = 104,0 * 0,8 = 78,0 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

Použito :

$$\begin{aligned}
 t_O &= 7 \text{ [mm]} \\
 A_O &= b_O * t_O = 69,3 \geq 78,0 = A_{Omin} \text{ [cm}^2\text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Vyztužení palubyPalubníky výpočtové paluby

$$\begin{aligned}
 I_D &= 2,30 \text{ [m]} \\
 I_{Dmin} &= B / 6 + 1 = 10,40 / 6 + 1 = 2,7 \text{ [m]} \\
 p_D &= 4 + 0,02 * L = 4 + 0,02 * 35,18 = 4,7 \text{ [kPa]} \\
 p_{DZ} &= p_D + p_{ADK} = 4,7 + 262 = 266 \text{ [kPa]} \\
 W_{Dmin} &= k_w * 0,7 * a * p_D * I_D^2 \\
 W_{Dmin} &= 1,00 * 0,7 * 0,50 * 266 * 2,30^2 = 488 \text{ [cm}^3\text{]}
 \end{aligned}$$

Stojina 8 x 220 a pásnice 16 x 150 [mm] $\Rightarrow h_D = 220 \text{ [mm]}$

"v"	"š"	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
16	495	79,2	0,8	63,4	50,7	
220	8	17,6	12,6	221,8	2 794,2	709,9
16	150	24,0	24,4	585,6	14 288,6	
252	Σ	120,8	7,2	870,7	17 133,5	709,9

$$\begin{aligned}
 I_{X1} &= \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 17 134 + 709,9 = 17 843 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 I_X &= I_{X1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 17 843 - 121 * 52 = 11 567 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 W_D &= I_X / (h - \Sigma e) = 11 567 / (25,2 - 7,2) = 643 \text{ [cm}^3\text{]} \\
 W_D &= 643 > 488 = W_{Dmin} \text{ [cm}^3\text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Palubníky "na zádi" - stávající paluba v rozsahu 0,2L, tj. 7,04 m od zadní svislice :

$$\begin{aligned}
 I_{DS} &= 2,69 \text{ [m]} \\
 I_{DSmin} &= B / 6 + 1 = 10,40 / 6 + 1 = 2,7 \text{ [m]} \\
 p_{DS} &= 4 + 0,02 * L = 4 + 0,02 * 35,18 = 4,7 \text{ [kPa]} \\
 W_{DSmin} &= k_w * 1,3 * 0,7 * a * p_{DS} * I_{DS}^2 \\
 W_{DSmin} &= 1,00 * 1,3 * 0,7 * 0,50 * 4,7 * 2,69^2 = 15 \text{ [cm}^3\text{]}
 \end{aligned}$$

Použit L-profil : L 80x60x6

"v"	"š"	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
7	495	34,7	0,4	12,1	4,2	
74	5	5,8	5,1	29,6	150,1	36,0
6	60	3,6	8,4	30,2	254,0	
87	Σ	44,1	1,6	72,0	408,4	36,0

$$\begin{aligned}
 I_{X1} &= \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 408 + 36,0 = 444 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 I_X &= I_{X1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 444 - 44 * 3 = 327 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 W_{DS} &= I_X / (h - \Sigma e) = 327 / (8,7 - 1,6) = 46 \text{ [cm}^3\text{]} \\
 W_{DS} &= 46 > 15 = W_{DSmin} \text{ [cm}^3\text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Polopalubníky pod ochozem

$$t_{DOPmin} = k_p * 0,75 * \sqrt{L} = 1,00 * 0,75 * \sqrt{35,18} = 4,4 \text{ [mm]}$$

Použito :

$$t_{DOP} = 6 \text{ [mm]}$$

šířka příruby :

$$s_{DOPmin} = 10 * t_{DOP} = 60 \text{ [mm]}$$

Výška u boku :

$$h_{SDmin2} = 2 * h_s = 2 * 80 = 160 \text{ [mm]}$$

Použito :

$$h_{SD} = 300 \text{ [mm]}$$

Podvlaky výpočtové paluby

$$c = 0,80$$

$$b = 2,10 \text{ [m]}$$

$$I_p = 2,97 \text{ [m]}$$

$$h_{min} = I_p / 25 = 119 \text{ [mm]}$$

$$W_{Dmin} = k_w * c * b * p_D * I_p^2 + 15$$

$$W_{Dmin} = 1,00 * 0,80 * 2,10 * 266 * 2,97^2 + 15 = 3\,961 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

$$W_{DSmin} = 1,2 * W_{Dmin} = 4\,754 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

$$\text{Stojina} \quad 8 \times 220 \quad \text{a pásnice} \quad 16 \times 150 \text{ [mm]}$$

$$+ \text{ stojina} \quad 8 \times 160 \quad \text{a pásnice} \quad 16 \times 150 \text{ [mm]}$$

" v "	" š "	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
16	495	79,2	0,8	63,4	50,7	
204	8	16,3	11,8	192,6	2\,272,4	566,0
16	150	24,0	22,8	547,2	12\,476,2	
160	8	12,8	31,6	404,5	12\,781,6	273,1
16	150	24,0	40,4	969,6	39\,171,8	
236	Σ	119,5	18,2	2\,177,2	66\,752,7	839,0

$$I_{X1} = \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 66\,753 + 839,0 = 67\,592 \text{ [cm}^4 \text{]}$$

$$I_X = I_{X1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 67\,592 - 120 * 332 = 27\,931 \text{ [cm}^4 \text{]}$$

$$W_D = I_X / (h - \Sigma e) = 27\,931 / (23,6 - 18,2) = 5\,188 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

$$W_D = 5\,188 > 4\,754 = W_{Dmin} \text{ [cm}^3 \text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Podvlaky na zádi "pod koly"

$$c = 0,80$$

$$b = 0,45 \text{ [m]}$$

$$I_p = 2,62 \text{ [m]}$$

$$h_{min} = I_p / 25 = 105 \text{ [mm]}$$

$$W_{Dmin} = k_w * c * b * p_D * I_p^2 + 15$$

$$W_{Dmin} = 1,00 * 0,80 * 0,45 * 266 * 2,62^2 + 15 = 671 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

Stojina 8 x 350		a pásnice 16 x 150 [mm]				
" v "	" š "	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
7	495	34,7	0,4	12,1	4,2	
350	8	28,0	18,2	509,6	9 274,7	2 858,3
10	150	15,0	36,2	543,0	19 656,6	
367	Σ	77,7	13,7	1 064,7	28 935,6	2 858,3

$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 28\,936 + 2\,858,3 = 31\,794 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 I_x &= I_{x1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 31\,794 - 78 * 188 = 17\,194 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 W_D &= I_x / (h - \Sigma e) = 17\,194 / (36,7 - 13,7) = 748 \text{ [cm}^3\text{]} \\
 W_D &= 748 > 671 = W_{Dmin} \text{ [cm}^3\text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Podpřetí sloupkem :

Pod nohami AD20

maximální hmotnost autojeřábu s "použitelným" břemenem :

$$\Sigma Q = G_{AD} + Q_{AD} = 37 + 31 = 68 \text{ [t]}$$

maximální zatížení na "nohu" autojeřábu (počítáno pouze se dvěma) :

$$\begin{aligned}
 Q_{PAD} &\approx \Sigma Q / 2 = 34 \text{ [t]} \\
 Q_{PAD} &= 335 \text{ [kN]} \\
 l_{SV} &= 1,79 \text{ [m]} \\
 TR \varnothing &114,3 \times 10,0 \text{ [mm]} \\
 D &= 114,3 \text{ [mm]} \\
 d &= 94,3 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Duté sloupky u kterých může vlivem nakládky dojít k poškození :

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \pi * (D^4 - d^4) / 64 = 450 \text{ [cm}^4\text{]} \\
 A &= \pi * (D^2 - d^2) / 4 = 32,8 \text{ [cm}^2\text{]} \\
 G &= 25,7 \text{ kg} \\
 i_0 &= \sqrt{I_0 / A} = \sqrt{450 / 32,8} = 3,70 \text{ [cm]} \\
 \lambda_0 &= l_{SV} / i_0 = 179 / 3,70 = 48,3 \\
 \lambda_0 &< 100 \\
 N_{max} &= 0,1 * A * (140 - 0,0067 * \lambda_y^2) / k_w \\
 N_{max} &= 0,1 * 32,8 * (140 - 0,0067 * 48,3^2) / 1,00 = 407 \text{ [kN]} \\
 N_{max} &= 407 > 335 \text{ [kN]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Přepážky

zadní kolizní

$$\begin{aligned}
 L_{PK1} &= 0,04 * L = 1,41 \text{ [m]} \\
 L_{PK2} &= 0,04 * L + 2 = 3,41 \text{ [m]} \\
 c_{PK} &= 4,00 \\
 h_{PKmin1} &= 1,00 \text{ [m]} \\
 h_{PKmin2} &= H + h_{SIL} = 2,50 + 0,80 = 3,30 \text{ [m]} \\
 h_{PKmin3} &= h_{PKmax} + 1 = 2,59 + 1 = 3,59 \text{ [m]} \\
 h_{PKmax} &= 2,59 \text{ [m]} \\
 a_{PKmax} &= 0,55 \text{ [m]} \\
 t_{PKmin1} &= 5 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{PKmin2} &= k_p * (c_{PK} * a_{PK} * \sqrt{h_{PK}} + 1) \\
 t_{PKmin2} &= 1,00 * (4,00 * 0,55 * \sqrt{3,59} + 1) = 5,1 \text{ [mm]} \\
 t_{PKmin3} &= k_p * 0,57 * \sqrt{L} = 1,00 * 0,57 * \sqrt{35,18} = 3,4 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

spodní pás

$$\begin{aligned}
 t_{PKsmin} &= k_p * 1 + t_{PKmin i} = 1,00 + 5,1 = 6,1 \text{ [mm]} \\
 v_{PKsmin1} &= 400 \text{ [mm]} \\
 v_{PKsmin2} &= h_{PKP} + 100 = 506 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Použito :

$$t_{PKs} = 6 \text{ [mm]}$$

svislé výztuhy

$$\begin{aligned}
 c_{PKs} &= 5,00 \\
 l_{PKs} &= 2,67 \text{ [m]} \\
 h_{PKs} &= 1,38 \text{ [m]} \\
 a_{PKs} &= 0,55 \text{ [m]} \\
 W_{PKsmin1} &= k_w * (c_{PKs} * a_{PKs} * h_{PKs} * l_{PKs}^2 + 3) \\
 W_{PKsmin1} &= 1,00 * (5,00 * 0,55 * 1,38 * 2,67^2 + 3) = 30 \text{ [cm}^3 \text{]}
 \end{aligned}$$

Použit L-profil : L 80x60x6

" v "	" š "	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
6	240	14,4	0,3	4,3	1,3	
74	6	4,4	4,3	19,1	82,1	20,3
6	60	3,6	8,3	29,9	248,0	
86	Σ	22,4	2,4	53,3	331,4	20,3

$$\begin{aligned}
 I_{x1} &= \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 331 + 20,3 = 352 \text{ [cm}^4 \text{]} \\
 I_x &= I_{x1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 352 - 22,4 * 6 = 225 \text{ [cm}^4 \text{]} \\
 W_{PKs} &= I_x / (h - \Sigma e) = 225 / (8,6 - 2,4) = 36,2 \text{ [cm}^3 \text{]} \\
 W_{PKs} &= 36 > 30 = W_{PKsmin} \text{ [cm}^3 \text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

přední kolizní

$$\begin{aligned}
 L_{PK1} &= 0,04 * L = 1,41 \text{ [m]} \\
 L_{PK2} &= 0,04 * L + 2 = 3,41 \text{ [m]} \\
 c_{PK} &= 4,00 \\
 h_{PKmin1} &= 1,00 \text{ [m]} \\
 h_{PKmin2} &= H + h_{SIL} = 0,00 + 0,80 = 0,80 \text{ [m]} \\
 h_{PKmin3} &= h_{PKmax} + 1 = 2,86 + 1 = 3,86 \text{ [m]} \\
 h_{PKmax} &= 2,86 \text{ [m]} \\
 a_{PKmax} &= 0,55 \text{ [m]} \\
 t_{PKmin1} &= 5 \text{ [mm]} \\
 t_{PKmin2} &= k_p * (c_{PK} * a_{PK} * \sqrt{h_{PK}} + 1) \\
 t_{PKmin2} &= 1,00 * (4,00 * 0,55 * \sqrt{3,86} + 1) = 5,3 \text{ [mm]} \\
 t_{PKmin3} &= k_p * 0,57 * \sqrt{L} = 1,00 * 0,57 * \sqrt{35,18} = 3,4 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

spodní pás

$$t_{PKsmin} = k_p * 1 + t_{PKmin i} = 1,00 + 5,3 = 6,3 \text{ [mm]}$$

$$v_{PKsmin1} = 400 \text{ [mm]}$$

$$v_{PKsmin2} = h_{PKP} + 100 = 100 \text{ [mm]}$$

Použito :

$$t_{PKs} = 6 \text{ [mm]}$$

svislé výztuhy

$$c_{PKs} = 5,00$$

$$I_{PKs} = 2,76 \text{ [m]}$$

$$h_{PKs} = 1,42 \text{ [m]}$$

$$a_{PKs} = 0,55 \text{ [m]}$$

$$W_{PKsmin1} = k_w * (c_{PKs} * a_{PKs} * h_{PKs} * I_{PKs}^2 + 3)$$

$$W_{PKsmin1} = 1,00 * (5,00 * 0,55 * 1,42 * 2,76^2 * + 3) = 32 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

Použit L-profil : L 80x60x6

" v "	" š "	A	e	Ae	Ae ²	I ₀
[mm]	[mm]	[cm ²]	cm	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
6	240	14,4	0,3	4,3	1,3	
74	6	4,4	4,3	19,1	82,1	20,3
6	60	3,6	8,3	29,9	248,0	
86	Σ	22,4	2,4	53,3	331,4	20,3

$$I_{x1} = \Sigma (A * e^2) + \Sigma I_0 = 331 + 20,3 = 352 \text{ [cm}^4 \text{]}$$

$$I_x = I_{x1} - \Sigma A * \Sigma e^2 = 352 - 22,4 * 6 = 225 \text{ [cm}^4 \text{]}$$

$$W_{PKs} = I_x / (h - \Sigma e) = 225 / (8,6 - 2,4) = 36,2 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

$$W_{PKs} = 36 > 32 = W_{PKsmin} \text{ [cm}^3 \text{]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

"Čepové" spojení nájezdů na stříh a otlačení :

$$R_{eH} = 235 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{REDdov} = 125 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{DOV} = 94 \text{ [MPa]}$$

$$G_{AJ} = 37,30 \text{ [t]}$$

$$D_{\check{c}} = 55 \text{ [mm]}$$

$$l_{\check{c}} = 20 \text{ [mm]}$$

$$n_{\check{c}} = 4$$

$$Q_{\check{c}} = G_{AJ} * g / n_{\check{c}} = 37,30 * 9,81 / 4 = 91,5 \text{ [kN]}$$

$$\sigma_{OTL} = F / A_{\check{c}} = Q_{\check{c}} / (D_{\check{c}} * l_{\check{c}})$$

$$\sigma_{OTL} = 91\,478 / (55 * 20) = 83,2 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{STR} = F / A_{\check{c}} = Q_{\check{c}} / (\pi * D_{TR}^2 / 4)$$

$$\tau_{STR} = 91\,572 / (\pi * 55^2 / 4) = 38,5 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{STR} = 39 \leq 94 = \tau_{DOV} \text{ [MPa]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{RED} \approx \sqrt{\sigma_{OTL}^2 + 3 * \tau_{STR}^2} = \sqrt{83,2^2 + 3 * 38,5^2} = 107 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{RED} = 107 < 125 = \sigma_{REDdov} \text{ [MPa]} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$