

Výpočet výtahu dle ČSN EN 81-31, 81-20, 81-50

NÁKLADNÍHO LANOVÉHO VÝTAHU typu

NL 800/1,0 - 5/10 - P

Stavba:	Modernizace nákladního výtahu VŠB Technická univerzita Ostrava Nová knihovna		
Umístění:	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba		
Typ výtahu:	NL 800/1,0 - 5/10 - P	Vypracoval:	Ing. Foberová Iveta
Č. projektu:	RM-2020-0002-00	Dne:	2.8.2020

Obsah:

1. Výpočet vodítek klece	2
1.1 Vstupní parametry výtahu	2
1.2 Kontrola vodítek klece	3
1.3 Normální provoz - JÍZDA	5
1.4 Normální provoz - NAKLÁDÁNÍ	6
2. Kontrola trakce	7
2.1 Vstupní parametry	7
2.2 Kontrola trakce	7
2.3 Kontrola tlaku v drážce třecího kotouče	10
3. Kontrola lan	11
3.1 Vstupní parametry	11
3.2 Stanovení součinitele bezpečnosti nosných lan	11
3.3 Stanovení minimálního součinitele bezpečnosti lan	11
4. Výpočet nárazníku klece	12
4.1 Vstupní parametry	12
4.2 Kontrola nárazníku klece	12
5. Výpočet nárazníku protiváhy	13
5.1 Vstupní parametry	13
5.2 Kontrola nárazníku protiváhy	13
6. Výpočet vodítek protiváhy	13
6.1 Zatížení a síly	14
6.2 Namáhání v ohybu	14
6.3 Kombinované namáhání	14
6.4 Ohyb příruby vodítka	14
6.5 Průhyb vodítka	14
7. Síly působící na stavební konstrukci	15

1. Výpočet vodítek klece

1.1 Vstupní parametry výtahu

Q =	800 kg	Nosnost výtahu
P =	850 kg	Hmotnost prázdné klece + příslušenství
v =	1 m/s	Jmenovitá rychlost výtahu
D _x =	1 750 mm	Šířka klece
D _y =	1 100 mm	Hloubka klece
x _c =	0 mm	Vzdálenost středu klece C k vodítku
y _c =	0 mm	
x ₁ =	0 mm	Poloha těžiště klecových dveří
y ₁ =	0 mm	
x ₃ =	0 mm	Poloha těžiště klecových dveří
y ₃ =	0 mm	
x _p =	0,00 mm	Vzdálenost těžiště a hmotnosti klece P k vodítku
y _p =	0,00 mm	
x _Q =	218,75 mm	Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení Q k vodítku
y _Q =	137,50 mm	
x _S =	0 mm	Vzdálenost bodu závěsu S k vodítku
y _S =	0 mm	
k ₁ =	2	
k ₂ =	1,2	
k ₃ =	1	
	T 50x50x5	
	T 89x62x16	
S =	1 570 mm ²	Typ vodítka protiváhy
q _v =	12,3 kg/m	Typ vodítka klece
J _x =	595 200 mm ⁴	Průřez vodítka
J _y =	524 000 mm ⁴	Hmotnost 1 metru vodítka klece
W _x =	14 250 mm ³	Moment setrvačnosti vodítka k ose X
W _y =	11 800 mm ³	Moment setrvačnosti vodítka k ose Y
c =	10 mm	Průřezový modul vodítka k ose X
i _x =	19,5 mm	Průřezový modul vodítka k ose Y
i _y =	18,3 mm	Tloušťka spojin vodítka mezi přírubou a stojinou
δ _{DOVP} =	10 mm	Dovolený průhyb vodítka protiváhy (bez zachycovačů)
l =	2 000 mm	Největší vzdálenost mezi kotvami vodítek klece
h =	3 147 mm	Svislá vzdálenost mezi vodícími čelistmi kabiny
l _p =	2 000 mm	Největší vzdálenost mezi kotvami vodítek protiváhy
h _p =	1 960 mm	Svislá vzdálenost mezi vodícími čelistmi protiváhy
n _v =	2	Počet vodítek
R _m =	360 MPa	Mez pevnosti vodítek
σ _{DOV} =	160 MPa	Dovolené napětí - jízda, nakládání
σ _{DOVZ} =	200 MPa	Dovolené napětí - působení zachycovačů

$\delta_{DOV} =$	5 mm	Dovolený průhyb vodítka klece nebo protiváhy se zachycovači
M =	2330 N	Síla způsobená pomocným zařízením
E =	210 000 MPa	Modul pružnosti oceli
g =	9,81 m/s ²	Gravitační zrychlení
lvk =	19,45 m	Délka vodítek klece (jedna strana)
Mg =	239,235 kg	Hmotnost jedné linie vodítek klece(kg)
lvp =	19,45 m	Délka vodítek protiváhy (jedna strana)
Mgp =	72,549 kg	Hmotnost jedné linie vodítek protiváhy (kg)

1.2 Kontrola vodítek klece

1.2.1 Zatížení a síly

Svislá síla způsobená klecí

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g \cdot (P + Q)}{n_v} + (Mg \cdot g) = \mathbf{18\,533\,N}$$

Síla F_p zanedbávána vzhledem k menší výšce šachty než 40 m, ČSN EN 81-20, 5.7.2.3.5

Zatížení prahu

$$z_p = \mathbf{0,4} \quad \text{u výtahů pro dopravu osob ČSN EN 81-20, článek 5.7.2.3.6}$$

$$F_s = z_p \cdot g \cdot Q = \mathbf{3\,139\,N}$$

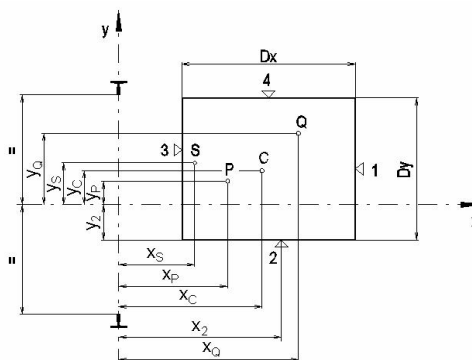
1.2.2 Namáhání v ohybu - působení zachycovačů

a) namáhání na ohyb k ose Y vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_p)}{n_v \cdot h} = \mathbf{546\,N}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \mathbf{204\,570\,Nmm}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \mathbf{17,34\,MPa}$$



b) namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_p)}{\frac{n_v}{2} \cdot h} = \mathbf{685,8\,N}$$

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \mathbf{257\,173,5\,Nmm}$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = 18,05 \text{ MPa}$$

1.2.3 Vzpěr

Štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{l}{\sqrt{\frac{J_y}{S}}} = \frac{l}{i_y} = 109,29$$

$$\omega = 2,097$$

Součinitel vzpěrnosti - ČSN EN 81-50, str. 38, 5.10.3
Pro ocel s pevností v tahu $R_m = 370 \text{ MPa}$

Namáhání ve vzpěru

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot M) \cdot \omega}{S} = 27,86 \text{ MPa}$$

1.2.4 Kombinované namáhání ve vzpěru a ohybu

Předpoklad, průhyb šachty můžeme zanedbat vzhledem materiálu šachty (betonový panel)

Namáhání na ohyb

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y = 35,38 \text{ MPa} \quad \sigma_m \leq \sigma_{\text{DOVZ}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Namáhání na ohyb a tlak

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{S} = 48,67 \text{ MPa} \quad \sigma \leq \sigma_{\text{DOVZ}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m = 59,71 \text{ MPa} \quad \sigma_c \leq \sigma_{\text{DOVZ}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

1.2.5 Ohyb příruby vodítka pro kluzné vodící čelisti

Charakteristika vodící čelisti klece AL 140

$$\begin{array}{ll} h_1 = 62 \text{ mm} & f = 11 \text{ mm} \\ b = 12 \text{ mm} & l_{\text{čelisti}} = 140 \text{ mm} \end{array}$$

$$\sigma_F = \frac{F_x \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot (l + 2(h_1 - f))} = 5,27 \text{ MPa} \quad \sigma_F \leq \sigma_{\text{DOVZ}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

1.2.6 Průhyb vodítka

Průhyb v ose X

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_y} = 0,58 \text{ mm} \quad \delta_x \leq \delta_{\text{DOV}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Průhyb v ose Y

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_x} = 0,64 \text{ mm} \quad \delta_y \leq \delta_{\text{DOV}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

1.3 Normální provoz - JÍZDA

1.3.1 Namáhání v ohybu

a) namáhání na ohyb k ose Y vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{xj} = \frac{k_2 \cdot g \cdot [Q \cdot (x_Q - x_S) + P \cdot (x_p - x_S)]}{n_v \cdot h} = \mathbf{327 \text{ N}}$$

$$M_{yj} = \frac{3 \cdot F_{xj} \cdot l}{16} = \mathbf{122\,742 \text{ Nmm}}$$

$$\sigma_{yj} = \frac{M_{yj}}{W_y} = \mathbf{10,40 \text{ MPa}}$$

b) namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{yj} = \frac{k_2 \cdot g \cdot [Q \cdot (y_Q - y_S) + P \cdot (y_p - y_S)]}{\frac{n_v}{2} \cdot h} = \mathbf{411 \text{ N}}$$

$$M_{xj} = \frac{3 \cdot F_{yj} \cdot l}{16} = \mathbf{154\,304 \text{ Nmm}}$$

$$\sigma_{xj} = \frac{M_{xj}}{W_x} = \mathbf{10,83 \text{ MPa}}$$

1.3.2 Kombinované namáhání

$$\sigma_{mj} = \sigma_{xj} + \sigma_{yj} = \mathbf{21,23 \text{ MPa}} \quad \sigma_{mj} \leq \sigma_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

1.3.3 Ohyb příruby vodítka

$$\sigma_{Fj} = \frac{F_x \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot (l + 2(h_1 - f))} = \mathbf{3,16 \text{ MPa}} \quad \sigma_{Fj} \leq \sigma_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

1.3.4 Průhyb vodítka

Průhyb v ose X

$$\delta_{xj} = 0,7 \cdot \frac{F_{xj} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_y} = \mathbf{0,35 \text{ mm}} \quad \delta_{xj} \leq \delta_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

Průhyb v ose Y

$$\delta_{yj} = 0,7 \cdot \frac{F_{yj} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_x} = \mathbf{0,38 \text{ mm}} \quad \delta_{yj} \leq \delta_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

1.4 Normální provoz - NAKLÁDÁNÍ

1.4.1 Namáhání v ohybu - nakládání v nejnepříznivější poloze v každé ose vodítka

$$\begin{array}{lll} x_{op} = & 0 \text{ mm} & x3 = \text{nejnepříznivější poloha v ose X} \\ y_{op} = & 0 \text{ mm} & y3 = \text{nejnepříznivější poloha v ose Y} \end{array}$$

a) namáhání na ohyb k ose Y vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{xn} = \frac{P \cdot g \cdot (x_P - x_S) + F_S \cdot (x_{op} + x_S)}{n_v \cdot h} = \quad \quad \quad \mathbf{0 \text{ N}}$$

$$M_{yn} = \frac{3 \cdot F_{xn} \cdot l}{16} = \quad \quad \quad \mathbf{0 \text{ Nmm}}$$

$$\sigma_{yn} = \frac{M_{yn}}{W_y} = \quad \quad \quad \mathbf{0,00 \text{ MPa}}$$

b) namáhání na ohyb k ose X vodítka silami ve vodících čelistech

$$F_{yn} = \frac{P \cdot g \cdot (y_P - y_S) + F_S \cdot (y_{op} + y_S)}{\frac{n_v}{2} \cdot h} = \quad \quad \quad \mathbf{0 \text{ N}}$$

$$M_{xn} = \frac{3 \cdot F_{yn} \cdot l}{16} = \quad \quad \quad \mathbf{0 \text{ Nmm}}$$

$$\sigma_{xn} = \frac{M_{xn}}{W_x} = \quad \quad \quad \mathbf{0,00 \text{ MPa}}$$

1.4.2 Kombinované namáhání

Namáhání na ohyb

$$\sigma_{mn} = \sigma_{xn} + \sigma_{yn} = \quad \quad \quad \mathbf{0,00 \text{ MPa}} \quad \sigma_{mn} \leq \sigma_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

Namáhání na ohyb a tlak

$$\sigma_n = \sigma_{mn} + \frac{F_v + k_3 \cdot M}{S} = \quad \quad \quad \mathbf{13,29 \text{ MPa}} \quad \sigma_n \leq \sigma_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

1.4.3 Ohyb příruby vodítka

$$\sigma_{Fn} = \frac{F_x \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot (l + 2(h_1 - f))} = \quad \quad \quad \mathbf{0,00 \text{ MPa}} \quad \sigma_{Fn} \leq \sigma_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

1.4.4 Průhyb vodička

Průhyb v ose X

$$\delta_{xn} = 0,7 \cdot \frac{F_{xn} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_y} = \quad \mathbf{0,00 \text{ mm}} \quad \delta_{xn} \leq \delta_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

Průhyb v ose Y

$$\delta_{yn} = 0,7 \cdot \frac{F_{yn} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_x} = \quad \mathbf{0,00 \text{ mm}} \quad \delta_{yn} \leq \delta_{DOV} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

2. Kontrola trakce

2.1 Vstupní parametry

U drážka se zářezem		Typ drážky
a =	0,6 m/s ²	Zrychlení motoru
H =	14,48 m	Zdvih výtahu
C _{1min} =	1,11	Součinitel zahrnující zrychlení a speciální podmínky
C ₂ =	1	Součinitel drážky
μ =	0,1	Součinitel tření mezi lanem a litinovým kotoučem
α =	145 °	Úhel opásání třecího kotouče
γ =	30 °	Úhel drážky třecího kotouče
β =	105 °	Úhel zářezu drážky
d _l =	10 mm	Průměr lana
n _l =	6	Počet lan
D _t =	480 mm	Průměr třecího kotouče
q _l =	0,385 kg/m	Hmotnost 1 metru lana
n _{cr} =	0	Počet kompenzačních řetězů
d _{cr} =	28 mm	Průměr kompenzačního řetězu
q _{cr} =	1,12 kg/m	Hmotnost 1 metru kompenzačního řetězu
i _k =	1	Lanový převod klece
i _z =	1	Lanový převod protiváhy

2.2 Kontrola trakce

2.2.1 NAKLÁDÁNÍ - Plná klec dole

2.2.1.1 Součinitel zahrnující zrychlení a speciální podmínky

$$C_{11} = \frac{g + a}{g - a} = \quad \mathbf{1,1303}$$

Pokud je $C_{11} < C_{1min}$ pak se ve výpočtu použije C_{1min} . Jinak se použije C_{11} .

$$C_1 = 1,1303$$

2.2.1.2 Součinitel tření

Pro V drážku

$$f_V = \mu \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = 0,386$$

Pro U drážku

$$f_U = \frac{4 \cdot \mu \cdot \left(\cos\left(\frac{\gamma}{2}\right) - \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \right)}{\pi - \beta - \gamma - \sin(\beta) + \sin(\gamma)} = 0,216$$

$$f = 0,216 \quad \text{Součinitel tření}$$

2.2.1.3 Faktor tření

$$e^{f \cdot \alpha} = 1,728$$

2.2.1.4 Síla na straně klece

$$T_{1Npld} = \frac{g \cdot (1,25 \cdot Q + P + i_k \cdot n_l \cdot q_l \cdot H)}{i_k} = 18\,477 \text{ N}$$

2.2.1.5 Síla na straně protiváhy

$$T_{2Npld} = \frac{g \cdot \left(P + \frac{Q}{2} \right) + n_{cr} \cdot q_{cr} \cdot H}{i_z} = 12\,263 \text{ N}$$

2.2.1.6 Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1Npld}}{T_{2Npld}} \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,703$$

$$\frac{T_{1Npld}}{T_{2Npld}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.2.2 NAKLÁDÁNÍ - Plná klec nahoře

2.2.2.1 Síla na straně klece

$$T_{1NpIn} = \frac{g \cdot (1,25 \cdot Q + P) + n_{cr} \cdot q_{cr} \cdot H}{i_k} = 18\,149 \text{ N}$$

2.2.2.2 Síla na straně protiváhy

$$T_{2NpIn} = \frac{g \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + i_z \cdot n_l \cdot q_l \cdot H \right)}{i_z} = 12\,591 \text{ N}$$

2.2.2.3 Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1Np\ln}}{T_{2Np\ln}} \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,629 \quad \frac{T_{1Np\ln}}{T_{2Np\ln}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.2.3 NOUZOVÉ ZASTAVENÍ- Plná klec, směr dolů

2.2.3.1 Síla na straně klece

$$T_{1NZplsd} = \frac{(g + a) \cdot (P + Q + i_k \cdot n_l \cdot q_l \cdot H)}{i_k} = 17\,525 \text{ N}$$

2.2.3.2 Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZplsd} = \frac{(g - a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + n_{cr} \cdot q_{cr} \cdot H \right)}{i_z} = 11\,513 \text{ N}$$

2.2.3.3 Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZplsd}}{T_{2NZplsd}} \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,721 \quad \frac{T_{1NTplsd}}{T_{2NZplsd}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.2.4 NOUZOVÉ ZASTAVENÍ- Plná klec, směr nahoru

2.2.4.1 Síla na straně klece

$$T_{1NZplsn} = \frac{(g - a) \cdot (P + Q + n_{cr} \cdot q_{cr} \cdot H)}{i_k} = 15\,197 \text{ N}$$

2.2.4.2 Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZplsn} = \frac{(g + a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + n_l \cdot q_l \cdot H \right)}{i_z} = 13\,361 \text{ N}$$

2.2.4.3 Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZplsn}}{T_{2NZplsn}} \cdot C_1 \cdot C_2 = 1,286 \quad \frac{T_{1NTplsn}}{T_{2NZplsn}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.2.5 NOUZOVÉ ZASTAVENÍ- Prázdná klec, směr dolů

2.2.5.1 Síla na straně klece

$$T_{1NZprsd} = \frac{(g + a) \cdot (P + i_k \cdot n_l \cdot q_l \cdot H)}{i_k} = 9\,197 \text{ N}$$

2.2.5.2 Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZplsd} = \frac{(g-a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + n_{cr} \cdot q_{cr} \cdot H \right)}{i_z} = 11\,513 \text{ N}$$

2.2.5.3 Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZplsd}}{T_{2NZplsd}} \cdot C_1 \cdot C_2 = 0,903 \quad \frac{T_{1NTplsd}}{T_{2NZplsd}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \text{ VYHOVUJE}$$

2.2.6 NOUZOVÉ ZASTAVENÍ- Prázdná klec, směr nahoru

2.2.6.1 Síla na straně klece

$$T_{1NZprsn} = \frac{(g-a) \cdot (P + n_{cr} \cdot q_{cr} \cdot H)}{i_k} = 7\,829 \text{ N}$$

2.2.6.2 Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZplsn} = \frac{(g+a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + i_z \cdot n_l \cdot q_l \cdot H \right)}{i_z} = 13\,361 \text{ N}$$

2.2.6.3 Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZplsn}}{T_{2NZplsn}} \cdot C_1 \cdot C_2 = 0,662 \quad \frac{T_{1NTplsn}}{T_{2NZplsn}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \text{ VYHOVUJE}$$

2.3 Kontrola tlaku v drážce třecího kotouče

2.3.1 Dovolený tlak v drážce třecího kotouče

$$p_{DOV} = 9,0 \text{ MPa} \quad \text{Hodnoty převzaty z německé normy TRA 003}$$

2.3.2 Tlak v drážce třecího kotouče

Statická síla na straně klece na třecím kotouči, když je klec zatížena 100% nosností v dolní krajní stanici

$$T = \frac{g \cdot (P + Q)}{i_k} + n_l \cdot q_l \cdot H \cdot g = 16\,515 \text{ N}$$

Pro V drážku

$$p_v = \frac{T}{n_l \cdot d_l \cdot D_t} \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = 2,216 \text{ MPa}$$

Pro U drážku

$$p_U = \frac{T}{n_l \cdot d_l \cdot D_t} \cdot \frac{8 \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}{\pi - \beta - \sin(\beta)} = 8,140 \text{ MPa}$$

$p = 8,140 \text{ MPa} \quad p \leq p_{DOV} \quad \text{VYHOVUJE}$

3. Kontrola lan

3.1 Vstupní parametry

$n_l =$	6	Počet lan
$d_l =$	10 mm	Průměr lana
$q_l =$	0,385 kg/m	Hmotnost 1 metru lana
$\sigma_j =$	x N	Jmenovitá nosnost lana
$\sigma_z =$	57 600 N	Zaručená nosnost lana
$D_t =$	480 mm	Průměr třecího kotouče
$D_p =$	400 mm	Střední průměr všech kladek
$K_{DOV} =$	12	Dovolený součinitel bezpečnosti lan (EN 81-1, 9.2.2)
$N_{ps} =$	1	Počet kladek s ohybem ve stejném smyslu
$N_{pr} =$	0	Počet kladek se střídavým ohybem

3.2 Stanovení součinitele bezpečnosti nosných lan

$$K_l = \frac{\sigma_z \cdot n_l}{\frac{g \cdot (P + Q)}{i_k} + n_l \cdot q_l \cdot H \cdot g} = 20,93 \quad K_l \geq K_{DOV} \quad \text{VYHOVUJE}$$

3.3 Stanovení minimálního součinitele bezpečnosti lan

3.3.1 Ekvivalentní počet hnacích kotoučů

$N_{equiv(t)} = 15,2$ Ekvivalentní počet hnacích kotoučů
Dle ČSN EN 81-50, str. 47, tabulka 2

3.3.2 Ekvivalentní počet lanových kladek

Poměr průměrů třecího kotouče a kladky

$$K_p = \left(\frac{D_t}{D_p} \right)^4 = 2,0736 \quad \text{Pokud nejsou odkláněcí kladky tak } D_p = D_t$$

$N_{equiv(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) = 2,0736$ Ekvivalentní počet lanových kladek

3.3.3 Ekvivalentní počet odkláněcích kladek

$$N_{\text{equiv}} = N_{\text{equiv}(t)} + N_{\text{equiv}(p)} = 17,2736$$

3.3.4 Minimální součinitel bezpečnosti lan

$$K_{\min} = \left[2,6834 - \frac{\log \left(\frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{\text{equiv}}}{\left(\frac{D_t}{d_l} \right)^{8,567}} \right)}{\log \left(77,09 \cdot \left(\frac{D_t}{d_l} \right)^{-2,894} \right)} \right] = 17,06$$

$K_{\min} \leq K_l$ **VYHOVUJE**

4. Výpočet nárazníku klece

4.1 Vstupní parametry

	D2	Typ pryžového nárazníku klece
$v =$	1 m/s	Jmenovitá rychlost výtahu
$n_{nk} =$	2	Počet pryží nárazníků klece
$n_k =$	2	Počet stojin nárazníků klece
$H_{nk} =$	80 mm	Výška nárazníku
$D_{nk} =$	100 mm	Průměr nárazníku
$m_{\min} =$	330 kg	Minimální zatížení dle rychlosti
$m_{\max} =$	1 250 kg	Maximální zatížení dle rychlosti
$F_{mk} =$	139 000 N	Zatížení pro mezní stlačení nárazníku
$x_{mk} =$	63,5 mm	Mezní stlačení nárazníku

4.2 Kontrola nárazníku klece

4.2.1 Statická síla působící na jeden nárazník

$$F_{\text{snk}} = \frac{(P + Q + n_l \cdot q_l \cdot H) \cdot g}{n_{nk}} = 8\,257,3 \text{ N} \Rightarrow 841,7 \text{ kg}$$

4.2.2 Kontrola účinnosti nárazníku

$$m_{\min} \leq F_{\text{snk}} \leq m_{\max} \quad \text{VYHOVUJE}$$

4.2.3 Skutečné stlačení nárazníku

$$x_k = 23 \text{ mm} \quad x_k < x_{mk} \quad \text{VYHOVUJE}$$

5. Výpočet nárazníku protiváhy

5.1 Vstupní parametry

	D2	Typ pryžového nárazníku protiváhy
$v =$	1 m/s	Jmenovitá rychlost výtahu
$n_{np} =$	2	Počet pryží nárazníků protiváhy
$n_p =$	1	Počet stojín nárazníků protiváhy
$H_{np} =$	80 mm	Výška nárazníku
$D_{np} =$	100 mm	Průměr nárazníku
$m_{min} =$	330 kg	Minimální zatížení dle rychlosti
$m_{max} =$	1 250 kg	Maximální zatížení dle rychlosti
$F_{mp} =$	139 000 N	Zatížení pro mezní stlačení nárazníku
$x_{mp} =$	63,5 mm	Mezní stlačení nárazníku

5.2 Kontrola nárazníku protiváhy

5.2.1 Statická síla působící na jeden nárazník

$$F_{snp} = \frac{\left(P + \frac{Q}{2} + n_l \cdot q_l \cdot H \right) \cdot g}{n_{np}} = 6\,295,3 \text{ N} \Rightarrow 641,7 \text{ kg}$$

5.2.2 Kontrola účinnosti nárazníku

$$m_{min} \leq F_{snp} \leq m_{max} \quad \text{VYHOVUJE}$$

5.2.3 Skutečné stlačení nárazníku

$$x_p = 16 \text{ mm} \quad x_p < x_{mp} \quad \text{VYHOVUJE}$$

6. Výpočet vodítek protiváhy

6.1 Zatížení a síly

Svislá síla způsobená protiváhou

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g \cdot Z}{n_v} + (Mgp \cdot g) = 712 \text{ N}$$

Síla F_p zanedbána vzhledem k menší výšce šachty než 40 m, ČSN EN 81-20, 5.7.2.3.5

$$k_1 = 0 \text{ dle ČSN EN 81-20, 5.7.2.3.5}$$

6.2 Namáhání v ohybu

a) namáhání na ohyb k ose Y vodička silami ve vodičích čelistech

$$F_{xjp} = \frac{k_2 \cdot g \cdot Z \cdot x_{ZP}}{n_v \cdot h} = 420 \text{ N}$$

$$M_{yjp} = \frac{3 \cdot F_{xjp} \cdot l}{16} = 157\,661 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{yjp} = \frac{M_{yjp}}{W_{yp}} = 29,47 \text{ MPa}$$

b) namáhání na ohyb k ose X vodička silami ve vodičích čelistech

$$F_{yjp} = \frac{k_2 \cdot g \cdot Z \cdot x_{YP}}{n_v \cdot h} = 31 \text{ N}$$

$$M_{xjp} = \frac{3 \cdot F_{yjp} \cdot l}{16} = 11\,613 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{xjp} = \frac{M_{xjp}}{W_{xp}} = 1,26 \text{ MPa}$$

6.3 Kombinované namáhání

$$\sigma_{mjp} = \sigma_{xjp} + \sigma_{yjp} = 30,73 \text{ MPa} \quad \sigma_{mj} \leq \sigma_{DOV} \quad \text{VYHOVUJE}$$

6.4 Ohyb příruby vodička

Charakteristika vodičích čelisti protiváhy

$$\begin{array}{ll} h_1 = & 50 \text{ mm} \\ b = & 8,5 \text{ mm} \end{array} \quad \begin{array}{ll} f = & 5 \text{ mm} \\ l \text{ čelisti} = & 78 \text{ mm} \end{array}$$

$$\sigma_{Fpj} = \frac{F_{jpx} \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot (l + 2(h_1 - f))} = 21,92 \text{ MPa} \quad \sigma_{Fj} \leq \sigma_{DOV} \quad \text{VYHOVUJE}$$

6.5 Průhyb vodička

Průhyb v ose X

$$\delta_{xjp} = 0,7 \cdot \frac{F_{xjp} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_{yp}} = 1,25 \text{ mm} \quad \delta_{xj} \leq \delta_{DOV} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Průhyb v ose Y

$$\delta_{yjp} = 0,7 \cdot \frac{F_{yjp} \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_{xp}} = 0,04 \text{ mm} \quad \delta_{yj} \leq \delta_{DOV} \quad \text{VYHOVUJE}$$

7. Síly působící na stavební konstrukci

Síla působící na vodítko klece v ose X - působení zachycovačů

$$F_x = 546 \text{ N}$$

Síla působící na vodítko klece v ose Y - působení zachycovačů

$$F_y = 686 \text{ N}$$

Síla působící na vodítko klece v ose X - normální provoz - jízda

$$F_{xj} = 327 \text{ N}$$

Síla působící na vodítko klece v ose Y - normální provoz - jízda

$$F_{yj} = 411 \text{ N}$$

Síla působící na vodítko protiváhy v ose X - normální provoz - jízda

$$F_{xp} = 420 \text{ N}$$

Síla působící na vodítko protiváhy v ose Y - normální provoz - jízda

$$F_{yp} = 31 \text{ N}$$

Síla působící na motor výtahu na straně klece

$$R_a = 16\,515 \text{ N}$$

Síla působící na motor výtahu na straně protiváhy

$$R_b = 12\,591 \text{ N}$$

Síla působící pod závěsem lan klece

$$R_c = 0 \text{ N}$$

Síla působící pod závěsem lan protiváhy

$$R_d = 0 \text{ N}$$

Hmotnost stroje

$$m_s = 1\,619 \text{ N}$$

Hmotnost roštu stroje

$$m_r = 2\,943 \text{ N}$$

Síla pod vodítkem klece na dno prohlubně při vybavení zachycovačů

$$R_2 = 20\,824 \text{ N}$$

Síla pod vodítkem protiváhy na dno prohlubně

$$R_3 = 712 \text{ N}$$

Síla na dno prohlubně při dosednutí klece na nárazníky (s dynamickým součinitelem $k_d = 4$)

$$R_4 = 33\,029 \text{ N}$$

Síla na dno prohlubně při dosednutí protiváhy na nárazníky (s dynamickým součinitelem $k_d = 4$)

$$R_5 = 50\,363 \text{ N}$$