

Statický výpočet pro netlakovanou válcovou nádrž s rovné dno vyrobenou z Polystone® P block copolymer (PP-B)

Název projektu:

Název nádrže:

D1700 x 1200

Číslo výkresu:

Pro společnost:

PLEXIPLAST s.r.o.

Číslo objednávky:

Tento statický výpočet vytvořil:

Röchling Industrial Tábor s.r.o.

Igor Mikulčík

Vožická 624

Tábor

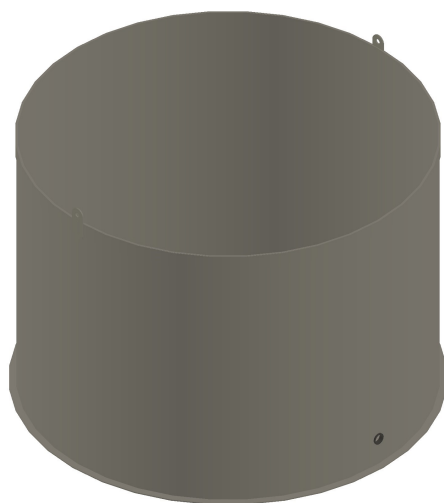
390 02

Czech Republic

Město:

Datum:

Podpis / firemní razítko



Tato nádrž byla vypočítána pomocí softwaru pro výpočet nádrží RITA 5.1 společnosti

Röchling Industrial SE & Co. KG.

RITA 5.1.8678 (05.10.2023)

D1700 x 1200

Obsah

Obsah	2
1 Rozsah	3
2 Konstrukční údaje	4
2.1 Rozměry.....	4
2.2 Tloušťky stěn.....	5
2.3 Hrdla.....	5
3 Bezpečnostní koncept	5
3.1 Dílčí bezpečnostní faktory.....	5
4 Materiál	5
4.1 Charakteristické hodnoty materiálu.....	5
4.2 Hodnoty materiálu závislé na teplotě.....	5
4.3 Redukční faktory.....	6
4.4 Svařovací součinitele.....	6
5 Provozní data	6
5.1 Médium.....	6
5.2 Teplota.....	6
5.3 Vnitřní a vnější tlak.....	6
5.4 Vlastní hmotnost.....	7
5.5 Zatížení sněhem.....	7
5.6 Zatížení větrem.....	7
6 Posouzení válce	8
6.1 Posouzení pevnosti v obvodovém směru.....	8
6.2 Expanze rohového vlákna.....	9
6.3 Posouzení pevnosti v podélném směru.....	9
6.4 Posouzení axiální stability.....	10
6.5 Tlaková stabilita opláštění.....	11
6.6 Interakce axiální stability/tlakové stability opláštění.....	12
7 Posouzení pro hrdla ve válci	12
7.1 Posouzení pevnosti.....	12
7.2 Posouzení axiální stability vedle otvorů.....	13
8 Posouzení desky dna	16
8.1 Výpočet pro případ zatížení plnění.....	16
9 Posouzení kotev	16
9.1 Případ zatížení: Krátkodobý přetlak s teplotou kapaliny T_{MK}	17
9.2 Případ zatížení: Dlouhodobý přetlak s teplotou kapaliny T_M	17
9.3 Případ zatížení: Zatížení větrem.....	17
10 Posouzení zvedacích ok	17
11 Odpovědnost a záruka	19

D1700 x 1200

1 Rozsah

Následující výpočet byl proveden na základě směrnice DVS 2205-2 a doprovodných doplňujících listů pro stojící kruhové netlakované nádrže.

Svařované spoje musejí být vytvořené v souladu se specifikacemi v DVS 2205-2.

Pokud je poměr tloušťky stěny sousedních sekcí větší než 2, provede se napojení dvou sekcí pláště podle směrnice DVS 2205-3 obr. 2.2 a), 2.2 c) nebo 2.2 c1).

Nádrž musí být kompletně umístěná na rovném základu. Statická konstrukce základu není předmětem tohoto statického výpočtu.

Nádrž je nainstalovaná mimo budovu v oblasti nenáchylné k zemětřesením.

Předpokládaná doba životnosti nádrže je 25 Let.

D1700 x 1200

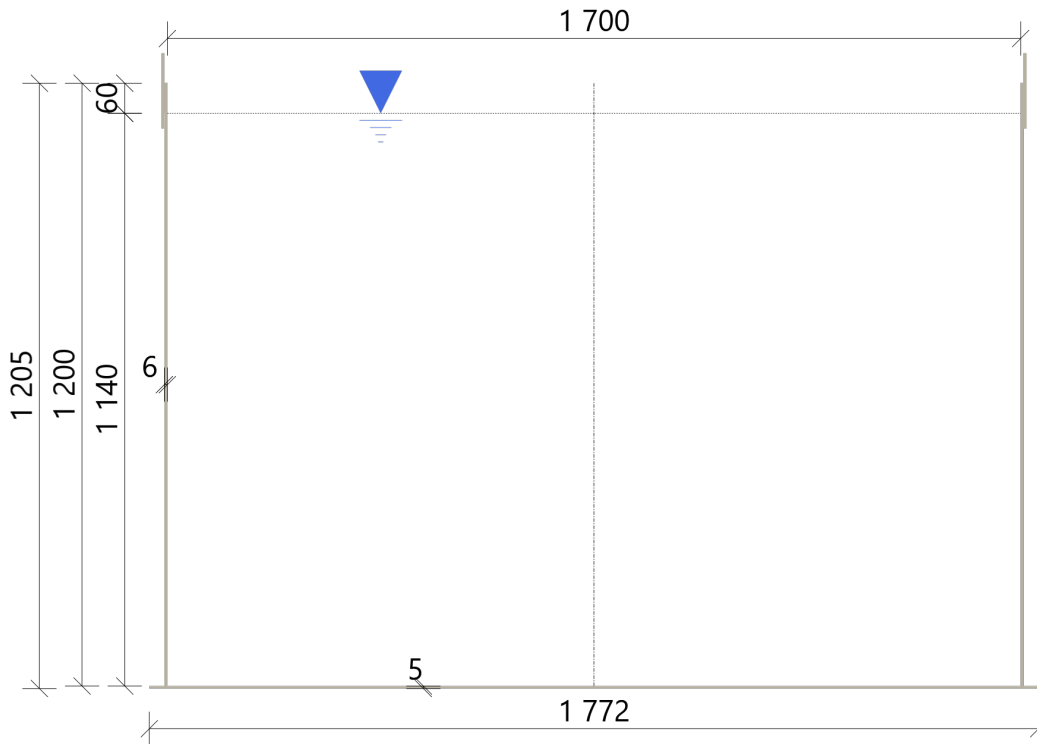
2 Konstrukční údaje

2.1 Rozměry

Rozměry:

Délky [mm]

Úhly [°]



Vnitřní průměr:	d	=	1 700 mm
Celková výška:	h	=	1 205 mm
Instalační výška:	h_M	=	2 143 mm
Válcová výška:	h_Z	=	1 200 mm
Typ dna:	rovné dno		
Průměr dnové desky	d_B	=	1 772 mm
Válcový objem:	V_Z	=	2,72 m ³
Celkový objem:	V	=	2,72 m ³
Maximální efektivní objem:	$V_{95\%}$	=	2,59 m ³
Maximální úroveň plnění:	h_F	=	1 140 mm

D1700 x 1200

2.2 Tloušťky stěn

Sekce i [-]	$s_{z,i}$ [mm]	$h_{z,i}$ [mm]	Poznámky [-]
1	6	1 200	z desek

Tloušťka: $s_{z,i}$
 Výška sekce: $h_{z,i}$
 Tloušťka dna: $s_B = 5 \text{ mm}$

Horní okraj nádrže je vyztužený kruhovou deskou.

Poloha výztužného prstence: Venku
 Poloha dolního okraje nade dnem: $h_{RB} = 1\,134 \text{ mm}$
 Šířka výztužného prstence: $b_{RB} = 60 \text{ mm}$
 Tloušťka výztužného prstence: $s_{RB} = 6 \text{ mm}$

2.3 Hrdla

2.3.1 Hrdla ve válci

Popis hrdla [-]	h_A [mm]	d_A [mm]	s_R [mm]	α_A [°]	SDR [-]
Stutzen Nr. 1:	125	50	4,5	0	SDR11.0

Výška středu hrdla ode dna: h_A
 Vnější průměr: d_A
 Tloušťka podpěrné trubky: s_R
 Obvodový úhel: α_A

3 Bezpečnostní koncept

Statické výpočty se provádí v souladu s DVS 2205-1 podle dílčího bezpečnostního konceptu.

3.1 Dílčí bezpečnostní faktory

$y_{F1} = 1,35$ Vlastní hmotnost, naplnění, sestava
 $y_{F2} = 1,50$ Tlaky, vítr, sníh
 $y_{F3} = 0,90$ Zatížení snižující vlastní hmotnost
 $y_{F4} = 1,00$ Mimořádná kombinace zatížení

4 Materiál

4.1 Charakteristické hodnoty materiálu

Materiál: Polystone® P block copolymer (PP-B)
 Hustota materiálu: $\rho = 0,92 \text{ g/cm}^3$

4.2 Hodnoty materiálu závislé na teplotě

Mez a modul tečení jsou převzaty z DVS 2205-1 a odpovídajících příloh. Hodnoty materiálu závisí na uvažovaných návrhových teplotách. Dále jsou podle DVS 2205-2 rozeznávány tři zatěžovací stavy pro efektivní dobu, jak je uvedeno níže:

D1700 x 1200

Krátkodobě	(K_K, E_K):	6 minuty	=	0,1 Hodiny	(např. zatížení větrem)
Střednědobě	(K_M):	3 měsíce	=	2.190 Hodiny	(např. zatížení sněhem)
Dlouhodobě	(K_L, E_C):	25 Let	=	219 000 Hodiny	(např. vlastní hmotnost)

Charakteristické hodnoty meze tečení jsou vyděleny dílčím součinitelem bezpečnosti γ_M .

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} \qquad K_{M,d}^* = \frac{K_M^*}{\gamma_M} \qquad K_{L,d}^* = \frac{K_L^*}{\gamma_M}$$

4.3 Redukční faktory

Následující redukční faktory se berou v úvahu.

Redukční faktor pro vliv specifické tuhosti: A_1
 Redukční faktor média pro posouzení napětí: $A_2 = 1,00$
 Redukční faktor média pro výpočet stability: $A_{2l} = 1,00$

4.4 Svařovací součinitele

Podle DVS 2205-1 se uplatňují následující svařovací součinitele.

4.4.1 Válec

Svařovací proces pro podélný svar ve střeše je:	Svařování na tupo
Krátkodobý svařovací součinitel:	$f_z = 0,90$
Dlouhodobý svařovací součinitel:	$f_s = 0,80$

5 Provozní data

5.1 Médium

Médium:	Voda H ₂ O
Hustota média:	$\rho_F = 1,00 \text{ g/cm}^3$

5.2 Teplota

Průměrná teplota média:	$T_M = 20,0 \text{ °C}$
Maximální teplota média:	$T_{MK} = 20,0 \text{ °C}$
Průměrná teplota okolního vzduchu:	$T_A = 20,0 \text{ °C}$
Maximální teplota okolního vzduchu:	$T_{AK} = 35,0 \text{ °C}$

5.3 Vnitřní a vnější tlak

Nepůsobí žádné vnitřní nebo vnější tlaky.

Krátkodobý vnitřní tlak:	$p_{üK} = 0,00 \text{ kN/m}^2$
Krátkodobý vnitřní podtlak:	$p_{uK} = 0,00 \text{ kN/m}^2$
Dlouhodobý vnitřní tlak:	$p_{\bar{u}} = 0,00 \text{ kN/m}^2$
Dlouhodobý vnitřní podtlak:	$p_{\bar{u}} = 0,00 \text{ kN/m}^2$
Negativní tlak kvůli sání větru:	$p_{us} = 0,00 \text{ kN/m}^2$

D1700 x 1200

5.4 Vlastní hmotnost

5.4.1 Hmotnost střechy

Nádrž nemá žádnou střechu.

$$G_D = 0,00 \text{ kN}$$

5.4.2 Hmotnost výztužného prstence

$$G_{RB} = \pi \cdot (d_{RB} + s_{RB}) \cdot b_{RB} \cdot s_{RB} \cdot \rho \cdot g$$

$$G_{RB} = \pi \cdot (1712 \text{ mm} + 6,0 \text{ mm}) \cdot 60,0 \text{ mm} \cdot 6,0 \text{ mm} \cdot 0,92 \text{ g/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 0,02 \text{ kN}$$

5.4.3 Hmotnost válce

Hmotnost válce G_Z je součtem hmotností všech sekcí $G_{Z,i}$.

$$G_{Z,i} = \pi \cdot (d + s_{Z,i}) \cdot h_{Z,i} \cdot s_{Z,i} \cdot \rho \cdot g$$

$$G_{Z,1} = \pi \cdot (d + s_{Z,1}) \cdot h_{Z,1} \cdot s_{Z,1} \cdot \rho \cdot g + G_{RB}$$

Sekce i	$s_{Z,i}$	$h_{Z,i}$	$G_{Z,i}$
[-]	[mm]	[mm]	[kN]
1	6	1 200	0,37
Celková hmotnost			0,37

5.4.4 Hmotnost dna

$$G_B = \frac{\pi \cdot d_B^2 \cdot s_B \cdot \rho \cdot g}{4} = \frac{\pi \cdot (1772 \text{ mm})^2 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 0,92 \text{ g/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{4} = 0,11 \text{ kN}$$

5.4.5 Zatížení z příslušenství

Zatížení z příslušenství nepůsobí.

$$G_A = 0,00 \text{ kN}$$

5.4.6 Hmotnost nádrže

$$G_E = G_D + G_Z + G_B + G_A = 0,00 \text{ kN} + 0,37 \text{ kN} + 0,11 \text{ kN} + 0,00 \text{ kN} = 0,48 \text{ kN}$$

5.5 Zatížení sněhem

Pro nádrže s rovnou střechou nebo bez střechy se zatížení sněhem ve výpočtu nezohledňuje. Proto musí být nádrže chráněná proti zatížení sněhem stacionární střechou.

5.6 Zatížení větrem

5.6.1 Rychlostní tlak

Místo instalace:

$$\text{Zatížení větrem (definované uživatelem softwaru): } q_{\max} = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

Maximální rychlostní tlak se uvažuje jako konstantní po celé výšce nádrže.

5.6.2 Radiálně symetrické ekvivalentní zatížení jako výsledek tlaku větru

Tlakové zatížení vytvářené foukáním větru na válcové opláštění se určí použitím ekvivalentního zatížení p_{eu} .

$$p_{eu} = \delta \cdot q_{\max}$$

s

$$\delta = 0,46 \cdot \left(1 + 0,1 \cdot \sqrt{C^* \cdot \frac{d}{2 \cdot h_Z} \cdot \sqrt{\frac{d}{2 \cdot s_Z}}} \right) \leq 0,60$$

D1700 x 1200

$$\delta = 0,46 \cdot \left(1 + 0,1 \cdot \sqrt{C^* \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{2 \cdot 1200 \text{ mm}} \cdot \sqrt{\frac{1700 \text{ mm}}{2 \cdot 6 \text{ mm}}}} \right) = 0,56$$

$C^* = 1,0$ (pro nádrže s pevnou střechou)

$C^* = 0,6$ (pro nádrže bez střechy)

$$p_{eu} = 0,56 \cdot 0,65 \text{ kN/m}^2 = 0,37 \text{ kN/m}^2$$

5.6.3 Ohybové momenty jako výsledek zatížení větrem

Od přesného výpočtu aerodynamického koeficientu lze upustit, uplatní-li se následující koeficienty:

Nádrž	$c_{f1} = 0,8$	Válec a střecha
Plošina	$c_{f2} = 1,2$	Stupně a plošiny se 40 % plochou vystavenou větru
Rozšíření	$c_{f3} = 1,2$	

Ohybový moment ve výšce x nade dnem nádoby se vypočítá na upnuté rezervní tyči následovně:

$$M_{W,i}(x) = c_{f1} \cdot q_{max} \cdot (d + 2 \cdot s_{Z,i}) \cdot \frac{(h-x)^2}{2} + c_{f2/3} \cdot q_{max} \cdot \Sigma(A_j \cdot (h-x+a_j))$$

Na plošině/rozšířeních není žádná plocha vystavená větru.

$$A_j = 0,0 \text{ cm}^2$$

Následující tabulka ukazuje ohybové momenty větru $M_{W,i}$ u dolních okrajů válcových sekcí ve výšce x nade dnem.

Sekce i [-]	$s_{Z,i}$ [mm]	$h_{z,i}$ [mm]	x [mm]	$M_{W,i}(x)$ [kNm]
1	6	1 200	0	0,65

6 Posouzení válce

6.1 Posouzení pevnosti v obvodovém směru

Pro každou sekci válce se provádí posouzení, že umí dolní okraj odolat kruhovému tahovému napětí vyplývajícím s hydrostatického tlaku nebo přetlaku.

Během výpočtu se uvažují následující teploty.

Dlouhodobá teplota média: $T_M = 20,0^\circ\text{C} \rightarrow A_1 = 1,00$

Krátkodobá teplota média: $T_{MK} = 20,0^\circ\text{C} \rightarrow A_1 = 1,00$

$$K_{L,d}^* = \frac{K_L^*}{\gamma_M} = \frac{9,02 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 6,94 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} = \frac{17,87 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 13,74 \text{ N/mm}^2$$

Dvojitě posouzení se provádí s:

$$K_{L,d,i}^{vorh} = \frac{(\gamma_{F1} \cdot p_{stat,i} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}}) \cdot d \cdot A_1 \cdot A_2}{2 \cdot f_s \cdot s_{Z,i}}$$

$$K_{K,d,i}^{vorh} = \frac{(\gamma_{F1} \cdot p_{stat,i} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}K}) \cdot d \cdot A_1 \cdot A_2}{2 \cdot f_z \cdot s_{Z,i}}$$

$$p_{stat,i} = \rho \cdot g \cdot h_{F,i}$$

Pro každou sekci musí být splněny následující podmínky:

$$\eta_{L,i} = \frac{K_{L,d,i}^{vorh}}{K_{L,d}^*} \leq 1,00$$

D1700 x 1200

$$\eta_{K,i} = \frac{K_{K,d,i}^{vorh}}{K_{K,d}^*} \leq 1,00$$

Výsledky se zobrazují v následující tabulce.

Sekce i	$h_{Z,i}$	$s_{Z,i}$	$h_{F,i}$	$p_{stat,i}$	$K_{L,d,i}^{vorh}$	$K_{K,d,i}^{vorh}$	$\eta_{L,i}$	$\eta_{K,i}$
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]
1	1 200	6	1 140	11,18	2,67	2,38	0,39	0,17

Požadavky jsou splněny.

6.2 Expanze rohového vlákna

Zbytková napětí z ohybu desek lze ignorovat, nejsou-li překročeny extrémní expanze vlákna.

Akceptovatelná hodnota extrémní expanze vlákna: $\varepsilon_{max} = 0,75\%$ (PP-B)

Extrémní expanze vlákna se vypočítá následovně:

$$\varepsilon_i = \frac{s_{Z,i}}{d} \cdot 100\%$$

Sekce i	$s_{Z,i}$	ε_i	Poznámky
[-]	[mm]	[%]	[-]
1	6	0,35	z desek

Požadavky jsou splněny.

6.3 Posouzení pevnosti v podélném směru

Musí se ověřit největší tahová napětí. Pouze 90 % konstantních napětí v tlaku uvolňujících tahová napětí zde lze brát v potaz. Pro analýzu napětí v podélném směru se zkouší pouze nejspodnější sekce u přechodu k základně. Vyskytují se zde napětí z rušivého ohybového momentu a superponovaná podélnými napětími z vlastní hmotnosti, tlaků a v případě venkovní instalace větru.

Během výpočtu se uvažují následující teploty:

Dlouhodobá teplota média: $T_M = 20,0^\circ\text{C} \rightarrow A_1 = 1,00$

Krátkodobá teplota média: $T_{MK} = 20,0^\circ\text{C} \rightarrow A_1 = 1,00$

$$K_{L,d}^* = \frac{K_L^*}{\gamma_M} = \frac{9,02 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 6,94 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} = \frac{17,87 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 13,74 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{L,d}^{vorh} = \left[C \cdot (\gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}}) \cdot \frac{d}{2} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}} \cdot \frac{d}{4} - \frac{\gamma_{F3} \cdot (G_E - G_B)}{d \cdot \pi} \right] \cdot \frac{A_1 \cdot A_2}{s_{ZF}}$$

s

$$p_{stat} = \rho \cdot g \cdot h_F = 1,00 \text{ g/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1140 \text{ mm} = 11,18 \text{ kN/m}^2$$

A

Faktor C podle tabulky 3 v DVS 2205-2: $C = 1,20$

$$K_{L,d}^{vorh} = \left[1,20 \cdot (1,35 \cdot 11,18 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2) \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{2} + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{4} - \frac{0,90 \cdot (0,48 \text{ kN} - 0,11 \text{ kN})}{1700 \text{ mm} \cdot \pi} \right] \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00}{6 \text{ mm}}$$

$$K_{L,d}^{vorh} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{M,d}^{vorh} = 0$$

$$K_{K,d}^{vorh,1} = \left[C \cdot (\gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}}) \cdot \frac{d}{2} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}} \cdot \frac{d}{4} + \frac{\gamma_{F2} \cdot 4 \cdot M_W}{\pi \cdot d^2} - \frac{\gamma_{F3} \cdot (G_E - G_B)}{d \cdot \pi} \right] \cdot \frac{A_1 \cdot A_2}{s_{ZF}}$$

D1700 x 1200

Zde není plošné zatížení g_A zahrnuté v G_E .

$$K_{K,d}^{vorh,1} = \left[1,20 \cdot (1,35 \cdot 11,18 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2) \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{2} + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{4} + \frac{1,50 \cdot 4 \cdot 0,65 \text{ kNm}}{\pi \cdot (1700 \text{ mm})^2} - \frac{0,90 \cdot (0,48 \text{ kN} - 0,11 \text{ kN})}{1700 \text{ mm} \cdot \pi} \right] \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00}{6 \text{ mm}}$$

$$K_{K,d}^{vorh,1} = 2,63 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{K,d}^{vorh,2} = \left[C \cdot (\gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}K}) \cdot \frac{d}{2} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}K} \cdot \frac{d}{4} - \frac{\gamma_{F3} \cdot (G_E - G_B)}{d \cdot \pi} \right] \cdot \frac{A_1 \cdot A_2}{s_{ZF}}$$

$$K_{K,d}^{vorh,2} = \left[1,20 \cdot (1,35 \cdot 11,18 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2) \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{2} + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{4} - \frac{0,90 \cdot (0,48 \text{ kN} - 0,11 \text{ kN})}{1700 \text{ mm} \cdot \pi} \right] \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00}{6 \text{ mm}}$$

$$K_{K,d}^{vorh,2} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{K,d}^{vorh} = \max(K_{K,d}^{vorh,1}; K_{K,d}^{vorh,2})$$

$$K_{K,d}^{vorh} = \max(2,63 \text{ N/mm}^2; 2,56 \text{ N/mm}^2) = 2,63 \text{ N/mm}^2$$

Musí být splněna následující podmínka:

$$\eta_L = \frac{K_{L,d}^{vorh}}{K_{L,d}^*} = \frac{2,56 \text{ N/mm}^2}{6,94 \text{ N/mm}^2} = 0,37 \leq 1,00$$

$$\eta_K = \frac{K_{K,d}^{vorh}}{K_{K,d}^*} = \frac{2,63 \text{ N/mm}^2}{13,74 \text{ N/mm}^2} = 0,19 \leq 1,00$$

Požadavky jsou splněny.

6.4 Posouzení axiální stability

Pro každou sekci se zjišťuje axiální napětí v tlaku z vlastní hmotnosti, negativních tlaků p_u , p_{uK} , p_{us} , v případě venkovní instalace zatížení sněhem a větrem na dolním okraji v nejnepříznivější kombinaci v každém případě a ověřuje se se vzpěrným napětím $\sigma_{k,i,d}$.

Vlastní hmotnost:

$$\sigma_{G,i} = \frac{G_D + \Sigma G_{z,i}}{\pi \cdot d \cdot s_{z,i}}$$

Krátkodobý podtlak:

$$\sigma_{p_{uK},i} = \frac{p_{uK} \cdot d}{4 \cdot s_{z,i}}$$

Dlouhodobý podtlak:

$$\sigma_{p_u,i} = \frac{p_u \cdot d}{4 \cdot s_{z,i}}$$

Negativní tlak kvůli sání větru:

$$\sigma_{p_{us},i} = \frac{p_{us} \cdot d}{4 \cdot s_{z,i}}$$

Zatížení střechy sněhem:

$$\sigma_{S,i} = \frac{p_S \cdot d}{4 \cdot s_{z,i}}$$

Zatížení větrem:

$$\sigma_{W,i} = \frac{4 \cdot M_W}{\pi \cdot d^2 \cdot s_{z,i}}$$

Sekce i	$s_{z,i}$	$\sigma_{G,i}$	$\sigma_{p_{uK},i}$	$\sigma_{p_u,i}$	$\sigma_{p_{us},i}$	$\sigma_{S,i}$	$\sigma_{W,i}$
[-]	[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1	6	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05

Pro venkovní instalaci platí:

Zimní kombinace:

$$\sigma_{i,d}^{vorh} = \gamma_{F1} \cdot \sigma_G + \gamma_{F2} \cdot \max \left[\max(\sigma_{p_u}; \sigma_{p_{us}}) + 0,70 \cdot \sigma_S + \frac{\sigma_W}{1,20}; \sigma_{p_{uK}} + \sigma_S \right]$$

Letní kombinace:

$$\sigma_{i,d}^{vorh} = \gamma_{F1} \cdot \sigma_G + \gamma_{F2} \cdot \left[\max(\sigma_{p_u}; \sigma_{p_{us}}) + \frac{\sigma_W}{1,20} \right]$$

Vzpěrné napětí se určí použitím následujícího vzorce:

$$\sigma_{k,i,d} = \alpha_i \cdot 0,62 \cdot f_{a,i} \cdot \frac{E_K^{T^{\circ}C}}{r} \gamma_M \cdot \frac{s_{z,i}}{r} \leq K_{K,d}^*$$

D1700 x 1200

s

$$\alpha_i = \frac{0,70}{\sqrt{\frac{E_K^{20,0^\circ C}}{E_L^{20,0^\circ C}} \cdot \left(1 + \frac{r}{100 \cdot s_{z,i}}\right)}} = \frac{0,70}{\sqrt{\frac{1000 \text{ N/mm}^2}{275 \text{ N/mm}^2} \cdot \left(1 + \frac{850 \text{ mm}}{100 \cdot s_{z,i}}\right)}}$$

A

$$f_{\alpha,i} = 1,50 - \frac{e_i}{s_{z,i}}$$

Pro venkovní instalaci v zimě platí:

$$T_Z = \frac{T_{MK}}{2} = \frac{20,0^\circ C}{2} = 10,0^\circ C$$

Krátkodobý modul pružnosti je:

$$E_K^{T^\circ C} = 1200 \text{ N/mm}^2$$

Pro venkovní instalaci v létě platí:

$$T_Z = \frac{\max(T_{MK}; T_{AK}) + T_{AK} - 5}{2} = \frac{\max(20,0^\circ C; 35,0^\circ C) + 35,0^\circ C - 5}{2} = 32,5^\circ C$$

Krátkodobý modul pružnosti je:

$$E_K^{T^\circ C} = 750 \text{ N/mm}^2$$

Pro každou sekci musí být splněna následující podmínka:

$$\eta_{A,i} = \frac{A_{2I} \cdot \sigma_{i,d}^{vorh}}{\sigma_{k,i,d}} \leq 1,00$$

Výpočet axiální stability venkovní instalace válce pro případ zimního zatížení:

Sekce i	$s_{z,i}$	α_i	$f_{\alpha,i}$	$\sigma_{k,i,d}$	$\sigma_{i,d}^{vorh}$	$\eta_{A,i}$
[-]	[mm]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]
1	6	0,24	1,00	0,95	0,07	0,08

Výpočet axiální stability venkovní instalace válce pro případ letního zatížení:

Sekce i	$s_{z,i}$	α_i	$f_{\alpha,i}$	$\sigma_{k,i,d}$	$\sigma_{i,d}^{vorh}$	$\eta_{A,i}$
[-]	[mm]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]
1	6	0,24	1,00	0,60	0,07	0,13

Požadavky jsou splněny.

6.5 Tlaková stabilita opláštění

Významný negativní tlak z nejnepříznivější kombinace negativního tlaku se ověřuje kritickým tlakem v plášti $p_{k,M,d}$. Platí následující:

$$p_d = \gamma_{F2} \cdot \max(p_u + p_{eu}; p_{us} + p_{eu}; p_{uK})$$

$$p_d = 1,50 \cdot \max(0,00 \text{ kN/m}^2 + 0,37 \text{ kN/m}^2; 0,00 \text{ kN/m}^2 + 0,37 \text{ kN/m}^2; 0,00 \text{ kN/m}^2) = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

Efektivní teplota je:

$$T_Z = \frac{\max(T_{MK}; T_{AK}) + T_{AK} - 5}{2} = \frac{\max(20,0^\circ C; 35,0^\circ C) + 35,0^\circ C - 5}{2} = 32,5^\circ C$$

Krátkodobý modul pružnosti je:

$$E_K^{T^\circ C} = 750 \text{ N/mm}^2$$

Kritický tlak válce s konstantní tloušťkou stěny se vypočítává s:

$$p_{k,M,d} = 0,67 \cdot C^* \cdot \frac{E_K^{T^\circ C}}{\gamma_M} \cdot \frac{r}{h_z} \cdot \left(\frac{s_z}{r}\right)^{2,5}$$

$$p_{k,M,d} = 0,67 \cdot 0,60 \cdot \frac{750 \text{ N/mm}^2}{1,30} \cdot \frac{850 \text{ mm}}{1200 \text{ mm}} \cdot \left(\frac{6 \text{ mm}}{850 \text{ mm}}\right)^{2,50} = 0,69 \text{ kN/m}^2$$

s

D1700 x 1200

$$C^* = 0,60$$

Musí být splněna následující podmínka:

$$\eta_M = \frac{A_{2I} \cdot p_d}{p_{k,M,d}} = \frac{1,00 \cdot 0,55 \text{ kN/m}^2}{0,69 \text{ kN/m}^2} = 0,80 \leq 1,00$$

Požadavky jsou splněny.

6.6 Interakce axiální stability/tlakové stability opláštění

Interakce axiální stability a tlakové stability opláštění se analyzuje pro každou sekci.

Pro $\eta_{A,i}$ pro interakci se nesmějí zohledňovat podélná napětí způsobená negativním tlakem.

Pro venkovní instalaci platí:

Zimní kombinace:

$$\sigma_{i,d}^{vorh} = \gamma_{F1} \cdot \sigma_G + \gamma_{F2} \cdot \max \left[0,70 \cdot \sigma_S + \frac{\sigma_W}{1,20}, \sigma_S \right]$$

Letní kombinace:

$$\sigma_{i,d}^{vorh} = \gamma_{F1} \cdot \sigma_G + \gamma_{F2} \cdot \frac{\sigma_W}{1,20}$$

Zimní kombinace:

$$\eta_{A,i}^{1,25} + \eta_M^{1,25} \leq 1,00$$

Výsledky pro interakci pro případ zimního zatížení

Sekce i	$s_{Z,i}$ [mm]	$\sigma_{k,i,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{i,d}^{vorh}$ [N/mm ²]	$\eta_{A,i}$ [-]	η_M [-]	$\eta_{l,i}$ [-]
1	6	0,95	0,07	0,08	0,80	0,80

Výsledky pro interakci pro případ letního zatížení

Sekce i	$s_{Z,i}$ [mm]	$\sigma_{k,i,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{i,d}^{vorh}$ [N/mm ²]	$\eta_{A,i}$ [-]	η_M [-]	$\eta_{l,i}$ [-]
1	6	0,60	0,07	0,13	0,80	0,83

Požadavky jsou splněny.

7 Posouzení pro hrdla ve válci

7.1 Posouzení pevnosti

Během výpočtu se uvažují následující teploty:

$$\text{Dlouhodobá teplota média: } T_M = 20,0^\circ\text{C} \rightarrow A_1 = 1,00$$

$$\text{Krátkodobá teplota média: } T_{MK} = 20,0^\circ\text{C} \rightarrow A_1 = 1,00$$

$$K_{L,d}^* = \frac{K_L^*}{\gamma_M} = \frac{9,02 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 6,94 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} = \frac{17,87 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 13,74 \text{ N/mm}^2$$

Pro hrdla ve válci se ověřuje, zda lze absorbovat napětí ve válci vedle otvorů v důsledku koncentrace napětí.

Napětí v nerušené části válce se zvyšuje vydělením faktorem zeslabení v_A .

Protože se neuvažují žádné svařovací součinitele, hrdla se nesmějí umístit v oblasti svarů.

D1700 x 1200

Faktor zeslabení se vypočítá jednou z následujících rovnic.

V případě, že se podpěrná trubka rovná SDR11 nebo je silnější:

$$\nu_A = \frac{0,75}{1 + \frac{d_A}{2 \cdot \sqrt{(d+s_{z,i}) \cdot s_{z,i}}}}$$

V případě, že je tloušťka podpěrné trubky vybraná volně:

$$\nu_A = \frac{\frac{s_R}{s_{z,i}} \cdot 0,75}{\frac{s_R}{s_{z,i}} + \frac{d_A}{2 \cdot \sqrt{(d+s_{z,i}) \cdot s_{z,i}}}}$$

Kde $\frac{s_R}{s_{z,i}} \geq 0,6$

Popis hrdla [-]	d_A [mm]	s_R [mm]	$s_{z,i}$ [mm]	ν_A [-]
Stutzen Nr. 1:	50	4,5	6	0,60

Tloušťka stěny válce ve výšce hrdel v sekci i: $s_{z,i}$

S p_{stat} coby hydrostatickým tlakem u dolního okraje hrdel platí pro napětí ve válci u dolního okraje otvoru následující:

$$K_{L,d}^{vorh} = \frac{(\gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}}) \cdot d \cdot A_1 \cdot A_2}{2 \cdot s_{z,i} \cdot \nu_A}$$

$$K_{K,d}^{vorh} = \frac{(\gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}K}) \cdot d \cdot A_1 \cdot A_2}{2 \cdot s_{z,i} \cdot \nu_A}$$

$$p_{stat,i} = \rho \cdot g \cdot \left(h_F - h_A + \frac{d_A}{2} \right)$$

Pro každé hrdlo musí být splněny následující podmínky:

$$\eta_L = \frac{K_{L,d}^{vorh}}{K_{L,d}^*} \leq 1,00$$

$$\eta_K = \frac{K_{K,d}^{vorh}}{K_{K,d}^*} \leq 1,00$$

Popis hrdla [-]	h_A [mm]	p_{stat} [kN/m ²]	$K_{L,d}^{vorh}$ [N/mm ²]	$K_{K,d}^{vorh}$ [N/mm ²]	η_L [-]	η_K [-]
Stutzen Nr. 1:	125	10,20	3,24	3,24	0,47	0,24

Požadavky jsou splněny.

7.2 Posouzení axiální stability vedle otvorů

Pro okraje každého hrdla se provede výpočet axiální stability. Se zohledněním polohy hrdel se vypočítá normální síla $N_{A,d}$ a v případě venkovní instalace moment od zatížení větrem.

Se zohledněním hodnot zbývající plochy průřezu (bez vyztužení okraje) pro oblast A_R , modulu sekce W_R a vzdálenosti mezi osou nádrže a těžištěm zbývajícího průřezu z_s se vypočítá působící napětí v tlaku vedle otvoru použitím následujícího vzorce:

Pro modul průřezu platí následující:

$$W_R = \frac{\left[\frac{(d_m)^2}{4} \cdot s_{z,i} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2 \cdot \varphi}{4} \right) - A_R \cdot z_s^2 \right]}{z_s + \frac{d_m}{2} \cdot \cos \varphi}$$

s

$$d_{m,i} = (d + s_{z,i})$$

A

D1700 x 1200

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{d_A}{d_{m,i}}}{\sqrt{1 - \frac{d_A}{d_{m,i}}}} \right)$$

A

$$A_R = d_{m,i} \cdot s_{Z,i} \cdot (\pi - \varphi)$$

A

$$z_S = \frac{d_{m,i} \cdot \sin(2 \cdot \varphi)}{2 \cdot \pi - \varphi}$$

Popis hrdla [-]	$s_{Z,i}$ [mm]	d_A [mm]	W_R [mm ³]	A_R [mm ²]	z_S [mm]
Stutzen Nr. 1:	6	50,0	13 336 969	31 857,3	8,03

Pro venkovní instalaci platí:

Zimní kombinace:

$$N_{d,1}^{vorh} = \left[(\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot (p_{uK} + p_s)) \cdot \frac{d}{4} + \gamma_{F1} \cdot \left(\frac{\Sigma G_{Z,i} - G_{Z,i,A-} + G_A \cdot k_f}{\pi \cdot d} \right) \right] \cdot \pi \cdot d$$

s

$$G_{Z,i,A} = \pi \cdot d_{m,i} \cdot s_{Z,i} \cdot \rho \cdot g \cdot \left(h_A - \sum_{j=i+1}^n h_{Z,j} \right)$$

$$\sigma_{d,1}^{vorh} = \frac{z_S \cdot N_{i,d,1}^{vorh}}{1,2 \cdot W_R} + \frac{N_{i,d,1}^{vorh}}{A_R}$$

$$N_{d,2}^{vorh} = \left[(\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot (\max(p_u; p_{us}) + 0,7 \cdot p_s)) \cdot \frac{d}{4} + \gamma_{F1} \cdot \left(\frac{\Sigma G_{Z,i} - G_{Z,i,A-} + G_A \cdot k_f}{\pi \cdot d} \right) \right] \cdot \pi \cdot d$$

$$\sigma_{d,2}^{vorh} = \frac{z_S \cdot N_{d,2}^{vorh} + \gamma_{F2} \cdot M_{W,A}(h_A)}{1,2 \cdot W_R} + \frac{N_{d,2}^{vorh}}{A_R}$$

s

$$M_{W,A}(h_A) = c_{f1} \cdot q_{max} \cdot (d + 2 \cdot s_{Z,i}) \cdot \frac{(h - h_A)^2}{2} + c_{f4} \cdot q_{max} \cdot \Sigma(A_j \cdot (h - h_A + a_j))$$

$$N_{d,3}^{vorh} = \left[(\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot p_{uK}) \cdot \frac{d}{4} + \gamma_{F1} \cdot \left(\frac{\Sigma G_{Z,i} - G_{Z,i,A-} + G_A \cdot k_f}{\pi \cdot d} \right) + \gamma_{F2} \cdot \frac{P_V \cdot k_f}{\pi \cdot d} \right] \cdot \pi \cdot d$$

$$\sigma_{d,3}^{vorh} = \frac{z_S \cdot N_{d,3}^{vorh}}{1,2 \cdot W_R} + \frac{N_{d,3}^{vorh}}{A_R}$$

$$\sigma_d^{vorh} = \max(\sigma_{d,1}^{vorh}; \sigma_{d,2}^{vorh}; \sigma_{d,3}^{vorh})$$

Popis hrdla [-]	$\Sigma G_{Z,i}$ [kN]	$G_{Z,i,A-}$ [kN]	$N_{d,1}^{vorh}$ [kN]	$N_{d,2}^{vorh}$ [kN]	$N_{d,3}^{vorh}$ [kN]
Stutzen Nr. 1:	0,37	0,04	0,44	0,44	0,44

Popis hrdla [-]	$\sigma_{d,1}^{vorh}$ [N/mm ²]	$\sigma_{d,2}^{vorh}$ [N/mm ²]	$\sigma_{d,3}^{vorh}$ [N/mm ²]	σ_d^{vorh} [N/mm ²]
Stutzen Nr. 1:	0,01	0,06	0,01	0,06

Letní kombinace:

$$N_{d,1}^{vorh} = \left[(\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot p_{uK}) \cdot \frac{d}{4} + \gamma_{F1} \cdot \left(\frac{\Sigma G_{Z,i} - G_{Z,i,A-} + G_A \cdot k_f}{\pi \cdot d} \right) + \gamma_{F2} \cdot \frac{P_V \cdot k_f}{\pi \cdot d} \right] \cdot \pi \cdot d$$

D1700 x 1200

$$\sigma_{d,1}^{vorh} = \frac{z_S \cdot N_{d,1}^{vorh}}{1,2 \cdot W_R} + \frac{N_{d,1}^{vorh}}{A_R}$$

$$N_{d,2}^{vorh} = \left[(\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot \max(p_u; p_{us})) \cdot \frac{d}{4} + \gamma_{F1} \cdot \left(\frac{\Sigma G_{Z,i} - G_{Z,i,A-} + G_A \cdot k_f}{\pi \cdot d} \right) \right] \cdot \pi \cdot d$$

$$\sigma_{d,2}^{vorh} = \frac{z_S \cdot N_{d,2}^{vorh} + \gamma_{F2} \cdot M_{W,A}(h_A)}{1,2 \cdot W_R} + \frac{N_{d,2}^{vorh}}{A_R}$$

$$\sigma_d^{vorh} = \max(\sigma_{d,1}^{vorh}; \sigma_{d,2}^{vorh})$$

Popis hrdla	$N_{d,1}^{vorh}$	$N_{d,2}^{vorh}$	$\sigma_{d,1}^{vorh}$	$\sigma_{d,2}^{vorh}$	σ_d^{vorh}
[-]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Stutzen Nr. 1:	0,44	0,44	0,01	0,06	0,06

Vzpěrné napětí se určí použitím následujícího vzorce:

$$\sigma_{k,d} = \sigma_R \cdot 0,62 \cdot \frac{E_K^{T^{\circ}C}}{\gamma_M} \cdot \frac{s_{z,i}}{r}$$

s

$$\alpha_R = \frac{0,65}{\sqrt{\frac{E_K^{20,0^{\circ}C}}{E_L^{20,0^{\circ}C}} \cdot \left(1 + \frac{r}{100 \cdot s_{z,i}}\right)}} \text{ pro } \frac{d_A}{\sqrt{r \cdot s_{z,i}}} \leq 3,5$$

A

$$\alpha_R = \frac{0,45}{\sqrt{\frac{E_K^{20,0^{\circ}C}}{E_L^{20,0^{\circ}C}} \cdot \left(1 + \frac{r}{100 \cdot s_{z,i}}\right)}} \text{ pro } \frac{d_A}{\sqrt{r \cdot s_{z,i}}} > 3,5$$

Pro venkovní instalaci v zimě platí:

$$T_Z = \frac{T_{MK}}{2} = \frac{20,0^{\circ}C}{2} = 10,0^{\circ}C$$

Krátkodobý modul pružnosti je: $E_K^{T^{\circ}C} = 1200 \text{ N/mm}^2$

Pro venkovní instalaci v létě platí:

$$T_Z = \frac{\max(T_{MK}; T_{AK}) + T_{AK} - 5}{2} = \frac{\max(20,0^{\circ}C; 35,0^{\circ}C) + 35,0^{\circ}C - 5}{2} = 32,5^{\circ}C$$

Krátkodobý modul pružnosti je: $E_K^{T^{\circ}C} = 750 \text{ N/mm}^2$

Pro každé hrdlo musí být splněna následující podmínka:

$$\eta_A = \frac{A_{2I} \cdot \sigma_d^{vorh}}{\sigma_{k,d}} \leq 1,00$$

Výpočet axiální stability venkovní instalace válce pro případ zimního zatížení:

Popis hrdla	$s_{z,i}$	α_R	$\sigma_{k,d}$	σ_d^{vorh}	η_A
[-]	[mm]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]
Stutzen Nr. 1:	6	0,24	0,06	0,06	0,07

Výpočet axiální stability venkovní instalace válce pro případ letního zatížení:

Popis hrdla	$s_{z,i}$	α_R	$\sigma_{k,d}$	σ_d^{vorh}	η_A
[-]	[mm]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]
Stutzen Nr. 1:	6	0,24	0,06	0,06	0,11

Požadavky jsou splněny.

D1700 x 1200

8 Posouzení desky dna

8.1 Výpočet pro případ zatížení plnění

Během výpočtu se uvažují následující teploty:

Dlouhodobá teplota média: $T_M = 20,0^\circ\text{C} \rightarrow A_1 = 1,00$

Krátkodobá teplota média: $T_{MK} = 20,0^\circ\text{C} \rightarrow A_1 = 1,00$

$$K_{L,d}^* = \frac{K_L^*}{\gamma_M} = \frac{9,02 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 6,94 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} = \frac{17,87 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 13,74 \text{ N/mm}^2$$

Dno a válec jsou spojené rohovými svary. Potřebná tloušťka dna se vypočítá následovně:

$$s_{ZF,L}^* = \left[C \cdot (\gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}}) \cdot \frac{d}{2} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}} \cdot \frac{d}{4} - \frac{\gamma_{F3} \cdot (G_E - G_B)}{d \cdot \pi} \right] \cdot \frac{A_1 \cdot A_2}{K_{L,d}^*}$$

$$s_{ZF,L}^* = \left[C \cdot p_{DL,d} \cdot \frac{d}{2} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}} \cdot \frac{d}{4} - \frac{\gamma_{F3} \cdot (G_E - G_B)}{d \cdot \pi} \right] \cdot \frac{A_1 \cdot A_2}{K_{L,d}^*}$$

$$p_{DL,d} = \gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}} = 1,35 \cdot 11,18 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2 = 15,10 \text{ kN/m}^2$$

Zde není plošné zatížení g_A zahrnuté v G_E .

$$s_{ZF,L}^* = \left[1,20 \cdot 15,10 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{2} + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{4} - \frac{0,90 \cdot (0,48 \text{ kN} - 0,11 \text{ kN})}{1700 \text{ mm} \cdot \pi} \right] \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00}{6,94 \text{ N/mm}^2}$$

$$s_{ZF,L}^* = 2,2 \text{ mm}$$

$$s_{ZF,K}^* = \left[C \cdot (\gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}K}) \cdot \frac{d}{2} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}K} \cdot \frac{d}{4} - \frac{\gamma_{F3} \cdot (G_E - G_B)}{d \cdot \pi} \right] \cdot \frac{A_1 \cdot A_2}{K_{K,d}^*}$$

$$s_{ZF,K}^* = \left[C \cdot p_{DK,d} \cdot \frac{d}{2} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}K} \cdot \frac{d}{4} - \frac{\gamma_{F3} \cdot (G_E - G_B)}{d \cdot \pi} \right] \cdot \frac{A_1 \cdot A_2}{K_{K,d}^*}$$

$$p_{DK,d} = \gamma_{F1} \cdot p_{stat} + \gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}K} = 1,35 \cdot 11,18 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2 = 15,10 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{ZF,K}^* = \left[1,20 \cdot 15,10 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{2} + 1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{1700 \text{ mm}}{4} - \frac{0,90 \cdot (0,48 \text{ kN} - 0,11 \text{ kN})}{1700 \text{ mm} \cdot \pi} \right] \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00}{13,74 \text{ N/mm}^2}$$

$$s_{ZF,K}^* = 1,1 \text{ mm}$$

$$s_{ZF}^* = \max(s_{ZF,L}^*; s_{ZF,K}^*) = \max(2,2 \text{ mm}; 1,1 \text{ mm}) = 2,2 \text{ mm}$$

S δ_B převzatou z DVS 2205-2 obrázek 7 platí pro tloušťku dna s_B následující:

$$\delta_B \cdot s_{ZF}^* \leq s_B = 5 \text{ mm}$$

$$s \quad \delta_B = 0,80 \quad \text{pro} \quad \frac{d}{s_{ZF}^*} = \frac{1700 \text{ mm}}{2,2 \text{ mm}} = 768,71$$

$$\delta_B \cdot s_{ZF}^* = 0,80 \cdot 2,2 \text{ mm} = 1,8 \text{ mm} \leq s_B = 5 \text{ mm}$$

$$s_{ZF} = 6 \text{ mm} \geq s_B = 5 \text{ mm}$$

Požadavky jsou splněny.

Od explicitního posouzení zatížení ve svaru mezi dnem a skořepinou válce lze upustit, je-li vyhověno následujícím podmínkám:

$$\text{Tloušťka svaru:} \quad a \geq 0,7 \cdot s_B = 0,7 \cdot 5 \text{ mm} = 3,5 \text{ mm}$$

$$\text{Dlouhodobý svařovací součinitel:} \quad f_s \geq 0,6$$

9 Posouzení kotev

$$\text{Množství kotev:} \quad z = 4$$

D1700 x 1200

$$\begin{aligned} \text{Šířka ozubu:} & & b_{Pr} & = & 70 \text{ mm} \\ \text{Šířka distanční desky:} & & b_{Dp} & = & 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kotvy jsou rozloženy rovnoměrně po obvodu dnové desky.

9.1 Příklad zatížení: Krátkodobý přetlak s teplotou kapaliny T_{MK}

Nepůsobí-li žádný krátkodobý přetlak, nejsou pro tento případ zatížení potřebné žádné kotvy.

9.2 Příklad zatížení: Dlouhodobý přetlak s teplotou kapaliny T_M

Nepůsobí-li žádný dlouhodobý tlak, nejsou pro tento případ zatížení potřebné žádné kotvy.

9.3 Příklad zatížení: Zatížení větrem

Síla oka, která má vzniknout, se vypočítá následovně:

$$P_d = \left(\frac{4 \cdot \gamma_{F2} \cdot M_W}{d} + \frac{\gamma_{F2} \cdot p_{\ddot{u}} \cdot \pi \cdot d^2}{4} - \gamma_{F3} \cdot (G_E - G_B) \right) \cdot \frac{1}{z}$$

$$P_d = \left(\frac{4 \cdot 1,50 \cdot 0,65 \text{ kNm}}{1700 \text{ mm}} + \frac{1,50 \cdot 0,00 \text{ kN/m}^2 \cdot \pi \cdot (1700 \text{ mm})^2}{4} - 0,90 \cdot (0,48 \text{ kN} - 0,11 \text{ kN}) \right) \cdot \frac{1}{4} = 0,49 \text{ kN}$$

Efektivní teplota je:

$$T_{Pr} = \frac{\max(T_{MK}; T_{AK}) + T_{AK} - 5,0^\circ\text{C}}{2} - 10,0^\circ\text{C} = \frac{\max(20,0^\circ\text{C}; 35,0^\circ\text{C}) + 35,0^\circ\text{C} - 5,0^\circ\text{C}}{2} - 10,0^\circ\text{C} = 22,5^\circ\text{C}$$

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} = \frac{9,02 \text{ N/mm}^2}{1,30} = 6,94 \text{ N/mm}^2$$

Pro akceptovatelnou sílu oka platí následující:

$$P_R = (b_{Pr} + s_B) \cdot s_B \cdot \frac{K_{K,d}^*}{2 \cdot A_1} = (70 \text{ mm} + 5 \text{ mm}) \cdot 5 \text{ mm} \cdot \frac{6,94 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 1,00} = 2,49 \text{ kN}$$

Musí být splněna následující podmínka:

$$\eta = \frac{P_d}{P_R} = \frac{0,49 \text{ kN}}{2,49 \text{ kN}} = 0,20 \leq 1,00$$

Požadavky jsou splněny.

Posouzení kotevních šroubů beroucích v úvahu rameno páky vyplývající ze sestavy a rovněž posouzení pro indukci těchto sil do základu se provádějí samostatně.

Maximální síla ozubu, která bude přenášena na hmoždinku, již zahrnuje dílčí bezpečnostní faktor.

Použité ozuby musejí být dimenzované tak, aby vyhovovaly požadované pevnosti v ohybu.

Vodorovná síla ze zatížení větrem může být přenášena na kotevní kování přes ocelové výplňové desky umístěné pod kotevními oky. Kotevní kování by mělo být dimenzované pro tuto vodorovnou sílu.

$$H_{W,k} = c_{F1} \cdot q_{max} \cdot d \cdot h_G + c_{F3} \cdot q_{max} \cdot a_l \cdot h_G + \Sigma(c_{F2/4} \cdot q_{max} \cdot A_j)$$

$$H_{W,k} = 0,80 \cdot 0,65 \text{ kN/m}^2 \cdot 1700 \text{ mm} \cdot 1205 \text{ mm} + 1,60 \cdot 0,65 \text{ kN/m}^2 \cdot 1700 \text{ mm} \cdot 1205 \text{ mm} + \Sigma(1,20 \cdot 0,65 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,0 \text{ cm}^2) = 1,07 \text{ kN}$$

$$H_{D,d} = \frac{\gamma_{F2} \cdot 4 \cdot H_{W,k}}{z} = \frac{1,50 \cdot 4 \cdot 1,07 \text{ kN}}{4} = 1,61 \text{ kN}$$

Využití z posouzení stlačení mezi deskou dna a distanční deskou je:

$$\eta_H = \frac{H_{D,d}}{b_{Dp} \cdot s_B \cdot \frac{1,5 \cdot K_{K,d}^*}{A_1}} = \frac{1,61 \text{ kN}}{70 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \cdot \frac{1,5 \cdot 6,94 \text{ N/mm}^2}{1,00}} = 0,23 \leq 1,00$$

Požadavky jsou splněny.

10 Posouzení zvedacích ok

D1700 x 1200

Šířka zvedacích ok:	$b_{\ddot{O}}$	=	60 mm
Tloušťka zvedacích ok:	$s_{\ddot{O}}$	=	6 mm
Hodnota a svaru $[0,7 \cdot s_{Z,1}]$:	$a_{Schw,\ddot{O}}$	=	4,2 mm
Minimální délka svaru $[2 \cdot b_{\ddot{O}}]$:	$l_{Schw,\ddot{O}}$	=	120 mm

Musí se ověřit, zda může krátkodobě vzniknout 1,5násobek zatížení (faktor dopadu) při 20°C.

Efektivní teplota je: $T = 20,0^\circ C \rightarrow A_1 = 1,00$

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} = \frac{17,87 N/mm^2}{1,30} = 13,74 N/mm^2$$

Jeden z možných tvarů zvedacího oka je zobrazený na obrázku 10 v DVS 2205-2. Předpokladem pro použití těchto zvedacích ok je, že se použijí pouze dvě zvedací oka na nádrž a paralelní zvedák.

Aby bylo možné se obejít bez posouzení zavedení zatížení do horní sekce, musí být zajištěno, aby zvedací oko nebylo silnější než trojnásobek tloušťky stěny horní sekce. Průměr otvoru (d_L) se musí hodit pro průměr závěsu (d_{Sch}).

Pro průměr otvoru platí následující:

$$d_L = d_{Sch} + 2mm = 20mm + 2mm = 22mm$$

Potřebná tloušťka stěny ($s_{\ddot{O}}$) zvedacího oka vyplývá ze posouzení čela otvoru.

$$s_{\ddot{O}min} = \frac{1,5 \cdot \gamma_{F1} \cdot \frac{G_E - G_A + G_{AHch}}{2} \cdot A_1}{d_{Sch} \cdot 2 \cdot K_{K,d}^*} = \frac{1,5 \cdot 1,35 \cdot \frac{0,48 kN - 0,00 kN + 0,00 kN}{2} \cdot 1,00}{20mm \cdot 2 \cdot 13,74 N/mm^2} = 0,9mm$$

$$s_{\ddot{O}} = 6mm \geq s_{\ddot{O}min} = 0,9mm$$

$$s_{\ddot{O}} = 6mm \geq s_{Z,1} = 6mm$$

$$s_{\ddot{O}} = 6mm \leq 3 \cdot s_{Z,1} = 18mm$$

Maximálně dvě následující posouzení jsou rozhodující pro šířku zvedacího oka ($b_{\ddot{O}}$).

$$b_{\ddot{O}1} = \frac{1,5 \cdot \gamma_{F1} \cdot \frac{G_E - G_A + G_{AHch}}{4} \cdot A_1}{0,7 \cdot s_{Z,1} \cdot \frac{K_{K,d}^*}{2}} = \frac{1,51,35 \cdot \frac{0,48 kN - 0,00 kN + 0,00 kN}{4} \cdot 1,00}{0,7 \cdot 6mm \cdot \frac{13,74 N/mm^2}{2}} = 8,4mm$$

$$b_{\ddot{O}2} = \frac{1,5 \cdot \gamma_{F1} \cdot \frac{G_E - G_A + G_{AHch}}{2} \cdot A_1}{s_{\ddot{O}} \cdot K_{K,d}^*} + \frac{7}{3} \cdot d_L$$

$$b_{\ddot{O}2} = \frac{1,5 \cdot 1,35 \cdot \frac{0,48 kN - 0,00 kN + 0,00 kN}{2} \cdot 1,00}{6mm \cdot 13,74 N/mm^2} + \frac{7}{3} \cdot 22mm = 57,2mm$$

V případě, že je velikost $b_{\ddot{O}1}$ a $b_{\ddot{O}2}$ menší než čtyřnásobek tloušťky zvedacích ok, šířka zvedacích ok se zvětší na tloušťku krát čtyři.

$$b_{\ddot{O}} = \max(b_{\ddot{O}1}; b_{\ddot{O}2}; 4 \cdot s_{\ddot{O}}) = \max(8,4mm; 57,2mm; 4 \cdot 6mm) = 57,2mm$$

$$b_{\ddot{O}} = 60mm \geq b_{\ddot{O}min} = 57,2mm$$

Požadavky jsou splněny.

11 Odpovědnost a záruka

Kupující si je vědom toho, že podle dosavadního stavu techniky není možné vytvořit program, který by byl zcela bez chyb. Vzhledem k velkému počtu možností, které jsou v tomto programu k dispozici, poskytovatel licence nepřebírá žádnou záruku a/nebo odpovědnost za provedené výpočty. Poskytovatel licence dále neodpovídá za správnost základních předpisů a extrapolaci hodnot předpisů nad rámec jejich působnosti. Držitel licence nebo uživatel musí zkontrolovat výpočet a údaje sám nebo je nechat zkontrolovat odbornou expertízou, zda příslušný výpočet splňuje konkrétní podmínky a/nebo je vhodný a přípustný pro použití. Držitel licence nebo uživatel tohoto programu musí vždy zkontrolovat, do jaké míry se obsah příslušné směrnice vztahuje na daný případ a zda je existující verze programu stále platná. Vhodnost a odolnost zvoleného materiálu musí v každém případě zkontrolovat samotný držitel licence a uživatel nebo odborná expertíza. Kromě toho jakákoli statika vypočítaná pomocí tohoto programu může být považována pouze za návrh, který musí být zkontrolován uživatelem licence nebo uživatelem nebo odborníkem, zda je správný.

V každém případě platí, že poskytovatelka licence odpovídá za jakýkoli druh porušení povinnosti (předsmluvně, smluvně a mimosmluvně) týkající se náhrady škod a náhrady výdajů a dodatečného plnění pouze z hrubé nedbalosti a úmyslu, které uhradí poskytovatelka licence nebo její pomocné síly. Odpovědnost je omezena na typický smluvní škody. Odpovědnost podle zákona o ručení za výrobek a úmyslné porušení smlouvy, jakož i v případě újmy na životě osoby zůstává nedotčena.

Dále platí všeobecné obchodních a licenčních podmínek pro trvalé postoupení softwaru RITA 5.1. Ty jsou k dispozici a lze je vytisknout na internetové adrese www.roechling.com/RITA.