

Obliczenia statyczne dla rur Flowtite

Projekt: Budowa sieci kanalizacji sanitarnej wraz z przyłączami, Mosina, ul. Sowienicka

Właściciel: Biuro projektowo- inżynieryjne AKPRO

Agnieszka Kurowska

Mosina

Opracował: inż B. Miłosz

Obliczenia nr:

02_05-06-2018

Data:

2018-06-04

Firma:

Amiantit Poland Sp. z o.o.

Oprogramowanie jest narzędziem darmowym, które może być używane tylko przez osoby mające wiedzę na temat statyki rur. Oprogramowanie nie może być wykorzystywane przy innych obliczeniach konstrukcyjnych.

Obliczenia są prawidłowe tylko dla produktów produkowanych przez Grupę AMIA

Zawartość

1 Obliczenia wg. ATV-DVWK-A 127, trzecie wydanie: DN200 hmin	3
1.1 Dane wejściowe	3
1.1.1 Współczynniki bezpieczeństwa	3
1.1.2 Grunt	3
1.1.3 Obciążenie	3
1.1.4 Instalacja	3
1.1.5 Rura ze zdefiniowaną sztywnością	4
1.2 Wyniki	5
1.2.1 Pośrednie wyniki rury	5
1.2.1.1 Właściwości materiału	5
1.2.1.2 Współczynniki bezpieczeństwa	5
1.2.1.3 Minimalna szerokość wykopu wg. PN EN 1610	5
1.2.2 Wyniki pośrednie dla przypadku obciążenia	5
1.2.2.1 Teoria silosowa	5
1.2.2.2 Obciążenie	6
1.2.2.3 Moduł odkształcenia gruntu EB	6
1.2.2.4 Sztywność gruntu	7
1.2.2.5 Kąt podparcia, efektywne wyniesienie przekroju i kąt tarcia wewnętrznego	7
1.2.2.6 Parametry materiału rury i sztywność obwodowa	7
1.2.2.7 Stosunek sztywności	8
1.2.2.8 Współczynnik	8
1.2.2.9 Współczynniki koncentracji λ_R i λ_B	8
1.2.2.10 Rozkład ciśnienia po obwodzie rury	9
1.2.3 Siła ścinająca	9
1.2.3.1 Siły wewnętrzne , Krótkoterminowe	9
1.2.3.2 Siły wewnętrzne , Długoterminowe	10
1.2.4 Przypadek obciążeń krótkookresowych	11
1.2.4.1 Warunek wydłużeń	11
1.2.4.2 Sprawdzenie odkształcenia	12
1.2.4.3 Test stateczności (liniowe):	13
1.2.5 Przypadek obciążeń długookresowych	13
1.2.5.1 Warunek wydłużeń	13
1.2.5.2 Sprawdzenie odkształcenia	14
1.2.5.3 Test stateczności (liniowe):	15
1.2.5.4 Sprawdzenie nieliniowej stabilności	15

1 Obliczenia wg. ATV-DVWK-A 127, trzecie wydanie: DN200 hmin

Nazwa obliczanego odcinka: DN200 hmin

Uwagi: obliczenia zostały przeprowadzone na podstawie przesłanego formularza

Podsumowanie: brak

Dodaj szkic (montaż/rura) do wydruku: Tak

1.1 Dane wejściowe

1.1.1 Współczynniki bezpieczeństwa

Klasa bezpieczeństwa:

Dopuszczalne odkształcenie:

Wpływ ciśnienia wewnętrznego:

Warunek bezpieczeństwa na uszkodzenie od obciążeń pulsacyjnych:

Uwzględnienie dyn pvh* według A 127:

Consideration of Type A 'predeformation' in the deformation proof:

A (przypadek normalny)

6% (przypadek typowy)

Całkowita superpozycja z obciążeniem zewnętrznym (ATV-DVWK-A 127)

Nie wymagany

According to standard

Nie

1.1.2 Grunt

E1: Grupa gruntu zasypki:

Obliczenie E1:

Zagęszczenie gruntu wg Proctora E1:

Grupa gruntu opsybka:

Obliczenie E20:

Zagęszczenie gruntu wg Proctora E20:

Grupa gruntu rodzimego:

Obliczenie E3:

Zagęszczenie gruntu wg Proctora E3:

$E4 = 10 \cdot E1$:

Grupa gruntu poniżej dna wykopu:

Obliczenie E4:

Zagęszczenie gruntu wg Proctora E4:

Zastosowanie teorii silosu:

G1

Zagęszczenie gruntu wg. Proctora

DPr,E1 100,0 %

G1

Zagęszczenie gruntu wg. Proctora

DPr,E20 100,0 %

G1

Zagęszczenie gruntu wg. Proctora

DPr,E3 98,0 %

Nie

G1

Zagęszczenie gruntu wg. Proctora

DPr,E4 98,0 %

Automatycznie

1.1.3 Obciążenie

Przykrycie rury:

Minimalny poziom wody gruntowej ponad dnem rury:

Maksymalny poziom wody gruntowej ponad dno rury:

Ciężar właściwy gruntu:

Dodatkowe obciążenie powierzchniowe:

Ciśnienie wewnętrzne, krótkotrwałe:

Ciśnienie wewnętrzne, długotrwałe:

Wypełnienie wodą (np. zbiorniki retencyjne):

Obciążenia komunikacyjne:

h 1,07 m

hW,min 0,00 m

hW,max 0,00 m

γ 20,0 kN/m³

p0 0,0 kN/m²

PI,K 0,00 bar

PI,L 0,00 bar

Nie

SLW 60 (droga)

1.1.4 Instalacja

Sposób instalacji:

Szerokość wykopu na wysokości pachwiny rury:

Mindestgrabenbreite prüfen:

Wykop

b 1,70 m

Tak

Oblicz autoamtycznie grubość podszybki:

Kąt nachylenia skarp:

Warunki zasypki:

Warunki instalacji:

Typ podparcia:

Kąt podparcia:

Oblicze podparcie automatycznie:

Untere Sockelhöhe vorgeben:

Wysokość bazowa:

Tak		
β	70	°
A4		
B1		
Luźne		
120°		
Tak		
Nie		
h_s	0,00	m

1.1.5 Rura ze zdefiniowaną sztywnością

Wybór rury z bazy danych:

Wybór danych:

Opis:

Średnica zewnętrzna:

Grubość ścianki:

Lokalna deformacja:

Nie		
Da - s		
DN200 PN1 SN10000		
d_a	221	mm
t	5,3	mm
$\delta_{v, lokal}$	0,0	%
SN	10 000	N/m ²
PN	1,0	bar
Tak		
f_{Kriech}	2,00	[-]
$A_{1, Temp}$	1,00	[-]
$A_{2, Medium}$	1,00	[-]
$A_{3, dyn}$	1,00	[-]

Ciężar właściwy materiału rury:

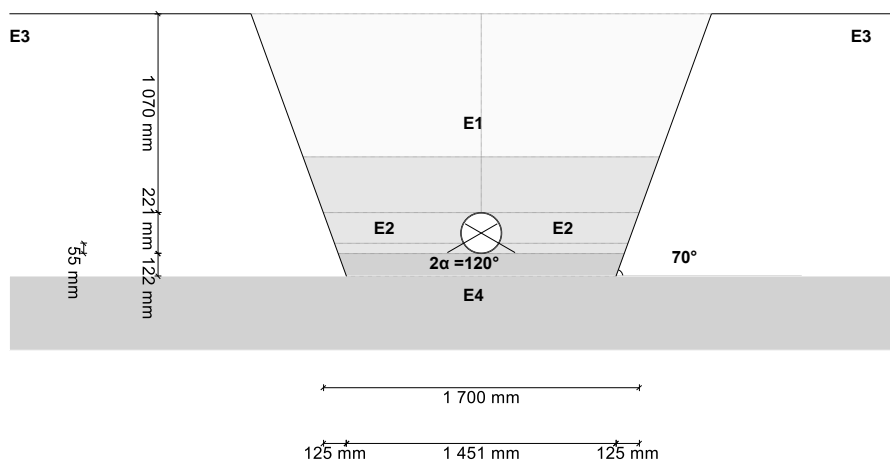
Współczynnik Poisson:

Zakres z $1 \cdot 10^6$ testów jest znany.:

Zakres z $1 \cdot 10^8$ testów jest znany.:

γ_R	18,00	kN/m ³
ν	0,30	[-]
Nie		
Nie		

Obciążenia komunikacyjne: SLW 60 (droga)



1.2 Wyniki

1.2.1 Pośrednie wyniki rury

Średnica wewnętrzna:	d_i	209,9	mm
Średnica zewnętrzna:	d_a	220,5	mm
Promień średnicy w osi symetrii ścianki rury:	r_m	107,60	mm
Grubość ścianki:	s	5,30	mm
Stosunek promienia do grubości ścianki:	r_m/s	20,302	[-]

$$\alpha_{ki} = 1 + \frac{s}{3 \cdot r_m} \quad A\ 127\ (8.14a)$$

Współczynnik poprawkowy wewnętrznej krzywizny:	α_{ki}	1,016	[-]
--	---------------	-------	-----

$$\alpha_{ka} = 1 - \frac{s}{3 \cdot r_m} \quad A\ 127\ (8.14b)$$

Współczynnik poprawkowy zewnętrznej krzywizny:	α_{ka}	0,984	[-]
--	---------------	-------	-----

Wstępne odkształcenie lokalne:	δ_{vl}	0,00	%
--------------------------------	---------------	------	---

Wstępne odkształcenie (owalizacja przed obciążeniem):	δ_{vg}	1,00	%
---	---------------	------	---

Radialna powierzchnia profilu:	A_{rad}	5,30	mm ² /mm
Ramię bezwładności:	e	2,65	mm
Moment bezwładności:	I	12,41	mm ⁴ /mm
Zewnętrzny moment oporowy:	W_a	4,68	mm ³ /mm
Wewnętrzny moment oporowy:	W_i	4,68	mm ³ /mm
Stosunek powierzchni:	K_Q	1,2	[-]

1.2.1.1 Właściwości materiału

		krótkookresowy	długookresowy	
Ciężar właściwy materiału rury	γ_R	18,0	18,0	kN/m ³
Współczynnik Poisson	ν	0,30	0,30	[-]
Obliczona wielkość modułu sprężystości w kierunku obwodowym	E_R	8 033,0	4 016,5	N/mm ²

Obliczona wielkość relatywnej deformacji	$\Delta d_{Bruch}/d_m$	15,0	9,0	%
--	------------------------	------	-----	---

Wskaźnik pełzania:	f_{creep}	2,00	[-]
--------------------	-------------	------	-----

Obliczona wielkość graniczna krawędzi włókna na rozciąganie	ϵ_R	1,581	0,949	%
---	--------------	-------	-------	---

Tabela 3 z ATV DVWK-A 127, notatka 34:
 <i>Określony przez wartość chwilową i wskaźnik pełzania (2) z charakterystycznymi wartościami dla 2 lat dla opisu długoterminowego zachowania. Dopuszczalne też dla długoterminowego zachowania do 50 lat. Badanie przeprowadza się wg PN EN 1228 (krótkotrwałe) oraz PN-EN 1225 (długotrwałe).

$$\epsilon_R = 4,28 \cdot s/d_m \cdot \Delta d_{Bruch}/d_m$$

Pierścieniowa wytrzymałość na rozciąganie	σ_{RZ}	8,1	4,1	N/mm ²
---	---------------	-----	-----	-------------------

1.2.1.2 Współczynniki bezpieczeństwa

Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, erf γ_{RBZ} uszkodzenie przez rozerwanie		2,00	2,00	[-]
---	--	------	------	-----

Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, erf γ_{RBD} uszkodzenie przy ściskaniu		2,00	2,00	[-]
---	--	------	------	-----

Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, utrata stateczności	erf γ_{stab}	2,00	2,00	[-]
--	---------------------	------	------	-----

1.2.1.3 Minimalna szerokość wykopu wg. PN EN 1610

Die Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610 / DWA-A 139 wird nicht überprüft.

1.2.2 Wyniki pośrednie dla przypadku obciążenia

1.2.2.1 Teoria silosowa

Współczynnik obciążenia wykopu κ (teoria silosowa):

κ 1,000 [-]

$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$$

Współczynnik κ_0 dla obciążenia powierzchniowego (teoria silosowa):

κ_0 1,000 [-]

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$$

κ_0 i κ przyjmują wartość 1, ponieważ E_1 jest większe niż E_3

1.2.2.2 Obciążenie

Maksymalny poziom wody gruntowej powyżej sklepienia rury:

$h_{w,Scheitel}$ 0,00 m

$$P_{Erd} = \kappa \cdot h \cdot \gamma \quad (5.01)$$

Pionowe ciśnienie gruntu od samego gruntu:

P_{Erd} 21,40 kN/m²

$$P_E = P_{Erd} + \kappa_0 \cdot P_0 \quad (5.02/5.03)$$

Pionowe ciśnienie gruntu od samego gruntu i obciążeń powierzchniowych.:

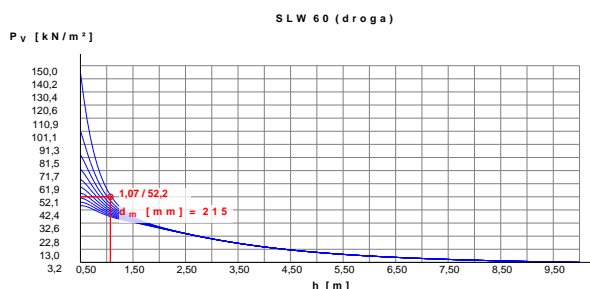
P_E 21,40 kN/m²

Naprężenia od obciążeń komunikacyjnych:

P_V 52,15 kN/m²

Zawarty współczynnik dynamiczny:

ϕ 1,20 [-]



1.2.2.3 Moduł odkształcenia gruntu EB

$$E_1 = \frac{40}{1} \cdot e^{-0,188(100 - D_{Pr,E1})} \quad 3.01$$

E-Moduł odkształcenia zasypki pod obciążeniem:

$E_{1,\sigma}$ 40,00 N/mm²

$$E_2 = \frac{40}{1} \cdot e^{-0,188(100 - D_{Pr,E20})} \quad 3.01$$

Moduł odkształcenia E podsypki pod obciążeniem:

$E_{20,\sigma}$ 40,00 N/mm²

Współczynnik redukcyjny ze względu na pełzanie:

f_1 1,000 [-]

Zagęszczenie gruntu wg Proctora E_{20} :

D_{pr} 100,0 %

Współczynnik redukujący E_{20} (wody gruntowe):

f_2 1,000 [-]

Współczynnik zmniejszający E_{20} (wąski wykop):

α_B 1,000 [-]

Moduł E podsypki (zredukowany):

$E_{2,\sigma}$ 40,00 N/mm²

$$E_3 = \frac{40}{1} \cdot e^{-0,188(100 - D_{Pr,E3})} \quad 3.01$$

Moduł odkształcenia E gruntu rodzimego:

$E_{3,\sigma}$ 27,46 N/mm²

$$E_4 = \frac{40}{1} \cdot e^{-0,188(100 - D_{Pr,E4})} \quad 3.01$$

Moduł odkształcenia E gruntu poniżej rury: $E_{4,\sigma}$ 27,46 N/mm²

1.2.2.4 Sztywność gruntu

Współczynnik korekcyjny dla poziomej sztywności podsypki: ζ 1,000 [-]

$$\zeta = \frac{1,667}{\Delta_f + (1,667 - \Delta_f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$$

$$\Delta_f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1\right)} \leq 1,667 \quad \text{Korekcja (6.18)}$$

Wartość pomocnicza dla poziomej sztywności podsypki:

Jeśli nachylenie ścian wykopu <90°, to szerokość wykopu w najszerszym miejscu rury, musi tu być użyta zamiast szerokości wykopu w sklepieniu.

Pozioma sztywność posadowienia:

Δ_f 1,667 [-]
 S_{Bh} 24,000 N/mm²

$$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (6.16)$$

Pionowa sztywność posadowienia:

S_{Bv} 40,000 N/mm²

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} \quad (6.12)$$

1.2.2.5 Kąt podparcia, efektywne wyniesienie przekroju i kąt tarcia wewnętrznego

Kąt podparcia, efektywne wyniesienie przekroju i kąt tarcia: 2α 120 °

$$t_r = r_a - \cos(2\alpha/2) \cdot r_a$$

Wysokość podparcia:

h_{su} 0,000 m

Wysokość podparcia:

t_r 0,055 m

Obliczony przekrój:

a 1,00 [-]

Zwiększenie przekroju na wskutek rozluźnienia gruntu:

a_s 1,00 [-]

Wyniesienie przekroju:

a' 1,000 [-]

$$a' = a \cdot \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$$

Kąt tarcia wewnętrznego:

φ' 35,000 °

Kąt tarcia o ścianę wykopu:

δ 35,000 °

Krótkotermino we Wszystkie obciążenia.	Długotermino we Obciążenia od gruntu Obciążenia komunikacyjn e	Długotermino we inne Obciążenia
---	--	--

1.2.2.6 Parametry materiału rury i sztywność obwodowa

Sztywność rury S_R 80 000 68 362 40 000 N/m²

$$S_0 = \frac{p_e \cdot S_{0L} + p_v \cdot S_{0K}}{p_e + p_v} \quad (6.10d)$$

$$S_R = 8 \cdot S_0$$

Obliczona wielkość graniczna krawędzi włókna na rozciąganie	ε_R	1,581	1,397	0,949	%
Obliczona wielkość modułu sprężystości w kierunku obwodowym	E_R	8 033,0	6 864,4	4 016,5	N/mm ²

1.2.2.7 Stosunek sztywności

Sztywność systemu	V_{RB}	0,0033	0,0028	0,0017	[-]
$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$					

Stosunek sztywności	V_S	0,2934	0,2742	---	[-]
$V_S = \frac{S_R}{ c_v^* \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$					

Współczynnik dla reakcji posadowienia	c_v^*	-0,007	-0,006	---	[-]
---------------------------------------	---------	--------	--------	-----	-----

1.2.2.8 Współczynnik

Współczynnik ciśnienia gruntu (podłoże)	K_2	0,400	0,400	---	[-]
Współczynnik dla reakcji posadowienia	K^*	1,289	1,298	---	[-]

$$K^* = \frac{c'_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Wynikowy współczynnik odkształcenia	$c'_{h,qv}$	0,0891	0,0891	---	[-]
Wynikowy współczynnik odkształcenia	c'_{h,qh^*}	-0,0658	-0,0658	---	[-]
Współczynnik dla reakcji posadowienia	c_v^*	-0,007	-0,006	---	[-]

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.9 Współczynniki koncentracji λ_R i λ_B

Maksymalny współczynnik koncentracji	$\max \lambda$	1,188	1,188	---	[-]
--------------------------------------	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Współczynnik dla maksymalnego współczynnika koncentracji	K'	0,907	0,905	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = \frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} \cdot c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Stosunek:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$	0,00020	[-]
Stosunek $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$:	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_Q$	0,00024	[-]
Eine Anpassung der Verformungsbeiwerte für Biegemomente nach ATV-DVWK-A 127 Tabelle 10a unterbleibt, da Gl. (6.19a) und Gl. (6.19b) < 0,001			

Współczynnik odkształcenia dla momentu zginającego	c_v	-0,0893	0,0833	0,0640	[-]
--	-------	---------	--------	--------	-----

Współczynnik koncentracji powyżej rury, wartość początkowa	λ_R	0,818	0,805	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_S + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}}{V_S + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Współczynnik koncentracji ponad rurą, wpływ poniżej wykopu	λ_{RG}	0,818	0,805	---	[-]
$\lambda_{RG} = \lambda_R = \text{const.}$ (6.21b)					
Współczynnik koncentracji powyżej rury, górna wartość graniczna	λ_{fo}	3,840	3,840	---	[-]
Współczynnik koncentracji powyżej rury, dolna wartość graniczna	λ_{fu}	0,284	0,284	---	[-]
Współczynnik koncentracji ponad rurą, wartość ostateczna	λ_{RG}	0,818	0,805	---	[-]
Współczynnik koncentracji gruntu	λ_B	1,061	1,065	---	[-]
$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3}$ (6.07)					

1.2.2.10 Rozkład ciśnienia po obwodzie rury

		Krótkoterminowe Wszystkie obciążenia.	Długoterminowe Obciążenia od gruntu Obciążenia komunikacyjne	Długoterminowe inne Obciążenia	
$q_v = \lambda_{RG} \cdot P_E + P_V$ (6.24)					
Całkowite obciążenie pionowe	q_v	69,66	69,38	---	kN/m ²
$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot P_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right)$ (7.01)					
Boczne parcie	q_h	9,96	10,00	---	kN/m ²
$q^*_{*h} = \frac{C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - C_{h,qh}^*}$ (7.02a)					
Reakcja posadowienia (obciążenia od gruntu)	q^*_{*h}	77,78	77,91	---	kN/m ²
$q^*_{*hw} = \frac{C_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - C_{h,qh}^*}$ (7.02b)					
Reakcja posadowienia (wypełnienie wodą)	q^*_{*hw}	0,00	0,00	---	kN/m ²

1.2.3 Siła ścinająca

1.2.3.1 Siły wewnętrzne, Krótkoterminowe

		sklepienie	Oś symetrii	niweleta	
Moment od całkowitego obciążenia pionowego	m_{qv}	0,261	-0,265	0,275	[-]
	M_{qv}	0,211	-0,214	0,222	kNm/m
	m_{qh}	-0,250	0,250	-0,250	[-]
Moment od bocznego ciśnienia	M_{qh}	-0,029	0,029	-0,029	kNm/m
	m_{qh}^*	-0,181	0,208	-0,181	[-]
Moment od poziomej reakcji posadowienia	M^*_{qh}	-0,163	0,187	-0,163	kNm/m
Moment od poziomej reakcji posadowienia (wypełnienie wodą)	M^*_{qw}	0,000	0,000	0,000	kNm/m
Moment od ciężaru własnego	m_g	0,381	-0,440	0,520	[-]
	M_g	0,000	0,000	0,001	kNm/m
	m_w	0,190	-0,220	0,260	[-]
Moment od wypełnienia wodą	M_w	0,000	0,000	0,000	kNm/m
	m_{pw}	0,000	0,000	0,000	[-]
Moment od naporu wody	M_{pw}	0,000	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Suma momentów	ΣM	0,019	0,002	0,031	kNm/m
$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$					
Suma momentów od obciążenia gruntem i obciążeń komunikacyjnych	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,019	0,002	0,030	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Suma momentów pozostałych obciążeń	ΣM_{sonst}	0,000	0,000	0,001	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$					
Suma momentów bez wypełnienia wodą i ciśnienia	$\Sigma M'$	0,019	0,002	0,031	kNm/m
<div> <div></div> <div>sklepienie</div> <div>Oś symetrii</div> <div>niweleta</div> </div>					
Siła normalna od całkowitych obciążeń pionowych	n_{pv}	0,027	-1,000	-0,027	[-]
	N_{qv}	0,202	-7,496	-0,202	kN/m
Siła normalna od parcia poziomego	n_{qh}	-1,000	0,000	-1,000	[-]
	N_{qh}	-1,072	0,000	-1,072	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Siła normalna od poziomej reakcji posadowienia	N^*_{qh}	-4,829	0,000	-4,829	kN/m
	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
Siła normalna od poziomej reakcji posadowienia (wypełnienie wodą)	N^*_{qw}	0,000	0,000	0,000	kN/m
	n_g	0,250	-1,571	-0,250	[-]
Siła normalna od ciężaru własnego	N_g	0,003	-0,016	-0,003	kN/m
	n_w	0,625	0,215	1,375	[-]
Siła normalna od wypełnienia wodą	N_w	0,000	0,000	0,000	kN/m
Siła normalna od ciśnienia wody	N_{pw}	0,000	0,000	0,000	kN/m
Suma sił normalnych	ΣN	-5,696	-7,512	-6,106	kN/m
Suma sił normalnych od obciążeń gruntem i obciążeń komunikacyjnych	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-5,698	-7,496	-6,103	kN/m
Suma sił normalnych dla innych obciążeń	ΣN_{sonst}	0,003	-0,016	-0,003	kN/m
Suma bez wypełnienia wodą i ciśnienia	$\Sigma N'$	-5,696	-7,512	-6,106	kN/m

1.2.3.2 Siły wewnętrzne - Długoterminowe

<div> <div></div> <div>sklepienie</div> <div>Oś symetrii</div> <div>niweleta</div> </div>					
Moment od całkowitego obciążenia pionowego	m_{qv}	0,261	-0,265	0,275	[-]
	M_{qv}	0,210	-0,213	0,221	kNm/m
Moment od bocznego ciśnienia	m_{qh}	-0,250	0,250	-0,250	[-]
	M_{qh}	-0,029	0,029	-0,029	kNm/m
	m_{qh}^*	-0,181	0,208	-0,181	[-]
Moment od poziomej reakcji posadowienia	M^*_{qh}	-0,163	0,188	-0,163	kNm/m
Moment od poziomej reakcji posadowienia (wypełnienie wodą)	M^*_{qw}	0,000	0,000	0,000	kNm/m
Moment od ciężaru własnego	m_g	0,381	-0,440	0,520	[-]
	M_g	0,000	0,000	0,001	kNm/m
Moment od wypełnienia wodą	m_w	0,190	-0,220	0,260	[-]
	M_w	0,000	0,000	0,000	kNm/m
Moment od naporu wody	m_{pw}	0,000	0,000	0,000	[-]
	M_{pw}	0,000	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$					
Suma momentów	ΣM	0,018	0,003	0,029	kNm/m

$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^*$					
Suma momentów od obciążenia gruntem i obciążeń komunikacyjnych	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,017	0,004	0,029	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$					
Suma momentów pozostałych obciążeń	ΣM_{sonst}	0,000	0,000	0,001	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$					
Suma momentów bez wypełnienia wodą i ciśnienia	$\Sigma M'$	0,018	0,003	0,029	kNm/m
Siła normalna od całkowitych obciążeń pionowych	n_{pv}	sklepienie 0,027	Oś symetrii -1,000	niweleta -0,027	[-]
	N_{qv}	0,202	-7,465	-0,202	kN/m
Siła normalna od parcia poziomego	n_{qh}	-1,000	0,000	-1,000	[-]
	N_{qh}	-1,076	0,000	-1,076	kN/m
Siła normalna od poziomej reakcji posadowienia	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
	N_{qh}^*	-4,837	0,000	-4,837	kN/m
Siła normalna od poziomej reakcji posadowienia (wypełnienie wodą)	n_{qh}^*	-0,577	0,000	-0,577	[-]
	N_{qw}^*	0,000	0,000	0,000	kN/m
Siła normalna od ciężaru własnego	n_g	0,250	-1,571	-0,250	[-]
	N_g	0,003	-0,016	-0,003	kN/m
Siła normalna od wypełnienia wodą	n_w	0,625	0,215	1,375	[-]
	N_w	0,000	0,000	0,000	kN/m
Siła normalna od ciśnienia wody	N_{pw}	0,000	0,000	0,000	kN/m
Suma sił normalnych	ΣN	-5,709	-7,481	-6,117	kN/m
Suma sił normalnych od obciążeń gruntem i obciążeń komunikacyjnych	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-5,712	-7,465	-6,115	kN/m
Suma sił normalnych dla innych obciążeń	ΣN_{sonst}	0,003	-0,016	-0,003	kN/m
Suma bez wypełnienia wodą i ciśnienia	$\Sigma N'$	-5,709	-7,481	-6,117	kN/m

1.2.4 Przypadek obciążeń krótkookresowych

1.2.4.1 Warunek wydłużeń

$$\varepsilon_{R,res} = \frac{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}| \cdot \bar{\varepsilon}_R + |\varepsilon_{sonst}| \cdot \varepsilon_{R,L}}{|\varepsilon_{qv,qh,qh^*}| + |\varepsilon_{sonst}|} \quad (9.01d)$$

Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, uszkodzenie przez rozerwanie: erf γ_{RBZ} 2,00 [-]

Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, uszkodzenie przy ściskaniu: erf γ_{RBD} 2,00 [-]

Wytrzymałość na rozciąganie zostanie rozpatrzona $\sigma_{RBZ,res}$ --- --- --- N/mm²

Wytrzymałość na ściskanie zostanie rozpatrzona $\sigma_{RBD,res}$ --- --- --- N/mm²

wewnątrz

Współczynnik poprawkowy wewnętrznej krzywizny: α_{ki} 1,016 [-]

sklepienie Oś symetrii niweleta

$$\varepsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \Sigma N_{qv,qh,qh^*}}{6} + \Sigma M_{qv,qh,qh^*} \cdot \alpha_{ki} \right) \quad (8.15)$$

Wydłużenia od obciążeń gruntem i komunikacyjnych ϵ_{qv,qh,qh^*} 0,037 -0,011 0,067 %

$$\epsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \sum N_{sonst}}{6} + \sum M_{sonst} \cdot \alpha_{ki} \right) \quad (8.15)$$

Wydłużenie od innych obciążeń ϵ_{sonst} 0,001 -0,001 0,002 %

$$\epsilon = \epsilon_{sonst} + \epsilon_{qv,qh,qh^*}$$

Sumaryczne wydłużenie ϵ 0,038 -0,012 0,068 %

Ostateczne naprężenie zewnętrznych włókien zostanie rozpatrzone $\epsilon_{R,res}$ 1,58 1,58 1,58 %

Współczynnik bezpieczeństwa na rozciąganie: γ_{BZ} 41,340 --- 23,178 [-]
Współczynnik bezpieczeństwa na ściskanie: γ_{BD} --- 126,978 --- [-]

na zewnątrz

Współczynnik poprawkowy zewnętrznej krzywizny: α_{ka} 0,984 [-]

sklepienie Oś symetrii niweleta

$$\epsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \sum N_{qv,qh,qh^*}}{6} - \sum M_{qv,qh,qh^*} \cdot \alpha_{ka} \right) \quad (8.15)$$

Wydłużenia od obciążeń gruntem i komunikacyjnych ϵ_{qv,qh,qh^*} -0,062 -0,024 -0,093 %

$$\epsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \sum N_{sonst}}{6} - \sum M_{sonst} \cdot \alpha_{ka} \right) \quad (8.15)$$

Wydłużenie od innych obciążeń ϵ_{sonst} -0,001 0,001 -0,002 %

$$\epsilon = \epsilon_{sonst} + \epsilon_{qv,qh,qh^*}$$

Sumaryczne wydłużenie ϵ -0,063 -0,023 -0,094 %

Ostateczne naprężenie zewnętrznych włókien zostanie rozpatrzone $\epsilon_{R,res}$ 1,58 1,58 1,58 %

Współczynnik bezpieczeństwa na rozciąganie: γ_{BZ} --- --- --- [-]
Współczynnik bezpieczeństwa na ściskanie: γ_{BD} 24,964 69,754 16,779 [-]

Wszystkie obliczone współczynniki bezpieczeństwa dla warunku wydłużeń są wystarczające

1.2.4.2 Sprawdzenie odkształcenia

Metoda obliczeń:

Stosunek:

Stosunek $I/(A \cdot r_m^2) \cdot \kappa_Q$:

Eine Anpassung der Verformungsbeiwerte für Biegemomente nach ATV-DVWK-A 127 Tabelle 10a unterbleibt, da Gl. (6.19a) und Gl. (6.19b) $< 0,001$

liniowy

$I/(A \cdot r_m^2)$

0,00020 [-]

$I/(A \cdot r_m^2) \cdot \kappa_Q$

0,00024 [-]

Współczynnik odkształcenia dla momentu c_v q_v -0,0893 q_h 0,0833 q_{h^*} 0,0640 [-]
zginającego

Wynikowy współczynnik odkształcenia c'_v -0,0893 0,0833 0,0640 [-]

Wynikowy współczynnik odkształcenia $c'_{h,qv}$ 0,0891 -0,0833 -0,0658 [-]

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8S_0} \cdot (c_{v,qv} \cdot q_v + c_{v,qh} \cdot q_h + c_{v,qh^*} \cdot q_{h^*}) \quad (8.16a)$$

$$\Delta d_h = \frac{2 \cdot r_m}{8S_0} \cdot (C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h + C_{h,qh^*} \cdot q_h^*) \quad (8.16b)$$

Pionowa zmiana średnicy: Δd_v 1,11 mm
 Pozioma zmiana średnicy: Δd_h 0,70 mm

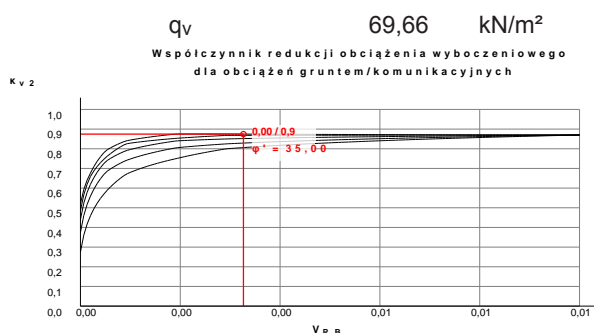
$$\bar{\delta}_{v,B} = \frac{\Delta d_v}{2 \cdot r_m} \cdot 100 \text{ in } \% \quad (8.17)$$

Względne odkształcenie pionowe: $\bar{\delta}_{v,B}$ 0,52 %
 Dopuszczalne odkształcenie: zul $\bar{\delta}_v$ 6,00 %

Wyznaczone odkształcenie jest mniejsze niż dopuszczalne

1.2.4.3 Test stateczności (liniowe):

Całkowite obciążenie pionowe:



Współczynnik redukcji obciążenia wybojeniowego dla obciążeń gruntem/komunikacyjnych: K_{v2} 0,87 [-]
 Krytyczne sumaryczne obciążenie pionowe: $krit\ q_v$ 2 423,7 kN/m²

$$krit\ q_v = 2 \cdot K_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5} \quad (9.06a)$$

Sprawdzenie wybożenia dla ciśnienia wody nie ma zastosowania, ponieważ nie występuje woda gruntowa ani podciśnienie.

Współczynnik bezpieczeństwa stabilności: γ 34,79 [-]
 Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, utrata stateczności: erf γ_{stab} 2,00 [-]

Wyznaczone współczynniki bezpieczeństwa dla stabilności są wystarczające

1.2.5 Przypadek obciążeń długookresowych

1.2.5.1 Warunek wydłużeń

$$\epsilon_{R,res} = \frac{|\epsilon_{qv,qh,qh^*}| \cdot \bar{\epsilon}_R + |\epsilon_{sonst}| \cdot \epsilon_{R,L}}{|\epsilon_{qv,qh,qh^*}| + |\epsilon_{sonst}|} \quad (9.01d)$$

Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, uszkodzenie przez rozerwanie: erf γ_{RBZ} 2,00 [-]

Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, pęknięcie, uszkodzenie przy ściskaniu: erf γ_{RBD} 2,00 [-]

Wytrzymałość na rozciąganie zostanie rozpatrzona $\sigma_{RBZ,res}$ --- N/mm²
 Wytrzymałość na ściskanie zostanie rozpatrzona $\sigma_{RBD,res}$ --- N/mm²

wewnątrz

Współczynnik poprawkowy wewnętrznej krzywizny: α_{ki} 1,016 [-]

sklepienie Oś symetrii niweleta

$$\varepsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \sum N_{qv,qh,qh^*}}{6} + \sum M_{qv,qh,qh^*} \alpha_{ki} \right) \quad (8.15)$$

Wydłużenia od obciążeń gruntem i komunikacyjnych ε_{qv,qh,qh^*} 0,039 -0,009 0,074 %

$$\varepsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \sum N_{sonst}}{6} + \sum M_{sonst} \alpha_{ki} \right) \quad (8.15)$$

Wydłużenie od innych obciążeń ε_{sonst} 0,002 -0,003 0,003 %

$$\varepsilon = \varepsilon_{sonst} + \varepsilon_{qv,qh,qh^*}$$

Sumaryczne wydłużenie ε 0,042 -0,011 0,077 %

Ostateczne napężenie zewnętrznych włókien $\varepsilon_{R,res}$ zostanie rozpatrzone 1,38 1,33 1,39 %

Współczynnik bezpieczeństwa na rozciąganie: γ_{BZ} 33,139 --- 18,010 [-]
Współczynnik bezpieczeństwa na ściskanie: γ_{BD} --- 115,742 --- [-]

na zewnątrz

Współczynnik poprawkowy zewnętrznej krzywizny: α_{ka} 0,984 [-]

sklepienie Oś symetrii niweleta

$$\varepsilon_{qv,qh,qh^*} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \sum N_{qv,qh,qh^*}}{6} - \sum M_{qv,qh,qh^*} \alpha_{ka} \right) \quad (8.15)$$

Wydłużenia od obciążeń gruntem i komunikacyjnych ε_{qv,qh,qh^*} -0,069 -0,032 -0,105 %

$$\varepsilon_{sonst} = \frac{\sigma_{sonst}}{E_R} = \frac{s}{2r_m^3 \cdot 8S_0} \cdot \left(\frac{s \cdot \sum N_{sonst}}{6} - \sum M_{sonst} \alpha_{ka} \right) \quad (8.15)$$

Wydłużenie od innych obciążeń ε_{sonst} -0,002 0,002 -0,003 %

$$\varepsilon = \varepsilon_{sonst} + \varepsilon_{qv,qh,qh^*}$$

Sumaryczne wydłużenie ε -0,071 -0,029 -0,108 %

Ostateczne napężenie zewnętrznych włókien $\varepsilon_{R,res}$ zostanie rozpatrzone 1,39 1,38 1,39 %

Współczynnik bezpieczeństwa na rozciąganie: γ_{BZ} --- --- --- [-]
Współczynnik bezpieczeństwa na ściskanie: γ_{BD} 19,498 46,837 12,917 [-]

Wszystkie obliczone współczynniki bezpieczeństwa dla warunku wydłużeń są wystarczające

1.2.5.2 Sprawdzenie odkształcenia

Metoda obliczeń:

Stosunek:

Stosunek $I/(A \cdot r_m^2) \cdot \kappa_Q$:

Eine Anpassung der Verformungsbeiwerte für Biegemomente nach ATV-DVWK-A 127 Tabelle 10a unterbleibt, da Gl. (6.19a) und Gl. (6.19b) $< 0,001$

liniowy

$I/(A \cdot r_m^2)$

0,00020 [-]

$I/(A \cdot r_m^2) \cdot \kappa_Q$

0,00024 [-]

Współczynnik odkształcenia dla momentu C_v q_v -0,0893 q_h 0,0833 q_{h^*} 0,0640 [-]
zginającego

Wynikowy współczynnik odkształcenia C'_v -0,0893 0,0833 0,0640 [-]

Wynikowy współczynnik odkształcenia $C'_{h,qv}$ 0,0891 -0,0833 -0,0658 [-]

$$\Delta d_v = \frac{2 \cdot r_m}{8S_0} \cdot (C_{v,qv} \cdot q_v + C_{v,qh} \cdot q_h + C_{v,qh^*} \cdot q_h^*) \quad (8.16a)$$

$$\Delta d_h = \frac{2 \cdot r_m}{8S_0} \cdot (C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h + C_{h,qh^*} \cdot q_h^*) \quad (8.16b)$$

Pionowa zmiana średnicy:

 Δd_v 1,18 mm

Pozioma zmiana średnicy:

 Δd_h 0,70 mm

$$\bar{\delta}_{v,B} = \frac{\Delta d_v}{2 \cdot r_m} \cdot 100 \text{ in } \% \quad (8.17)$$

Względne odkształcenie pionowe:

 $\bar{\delta}_{v,B}$ 0,55 %

Dopuszczalne odkształcenie:

zul $\bar{\delta}_v$ 6,00 %

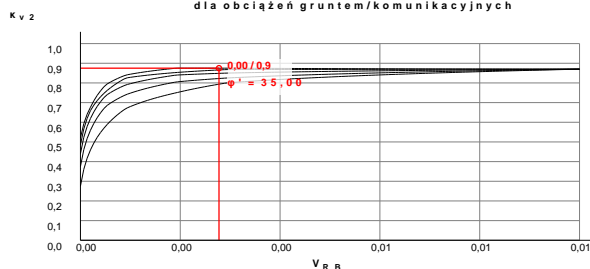
Wyznaczone odkształcenie jest mniejsze niż dopuszczalne

1.2.5.3 Test stateczności (liniowe):

Całkowite obciążenie pionowe:

 q_v 69,38 kN/m²

Współczynnik redukcji obciążenia wybocheniowego
dla obciążeń gruntem/komunikacyjnych



Współczynnik redukcji obciążenia wybocheniowego dla obciążeń gruntem/komunikacyjnych:

 K_{v2} 0,88 [-]

Krytyczne sumaryczne obciążenie pionowe:

kryt q_v 2 241,6 kN/m²

$$\text{kryt } q_v = 2 \cdot K_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5} \quad (9.06a)$$

Sprawdzenie wybożenia dla ciśnienia wody nie ma zastosowania, ponieważ nie występuje woda gruntowa ani podciśnienie.

Współczynnik bezpieczeństwa stabilności:

 γ 32,31 [-]

Wymagany globalny współczynnik bezpieczeństwa, utrata stateczności:

erf γ_{stab} 2,00 [-]

Wyznaczone współczynniki bezpieczeństwa dla stabilności są wystarczające

1.2.5.4 Sprawdzenie nieliniowej stabilności

Nieliniowy warunek stabilności jest niepotrzebny, ponieważ $VRB > 1.0$ (sztywna rura) lub relatywne odkształcenie $< 6\%$.

Wszystkie konieczne warunki są spełnione.