

# OBLICZENIE GRUBOŚCI ŚCIANKI RĘKAWA UTWARDZANEGO (CIPP)

Ø 500

Ocena stopnia uszkodzeń kanału

kanał całkowicie uszkodzony

średnica wewnętrzna	500 [mm]
minimalna średnica rury	480 [mm]
schemat obliczeń dla rury	całkowicie zniszczona
zewnątrzny słup wody ( $H_w$ ) ponad szczytem rury	0,50 [m]
zewnątrzny słup wody ponad dnem rury	1,00 [m]
miąższość warstwy gruntu ( $H_s$ )	4,00 [m]
miąższość warstwy gruntu ponad dnem rury	4,50 [m]
rodzaj gruntu	piasek, żwir, glina
moduł reakcji gruntu	7 [MPa]
moduł sprężystości rękawa CIPP	2100 [MPa]
wytrzymałość na ściskanie przy zginaniu rękawa CIPP	35 [MPa]
moduł sprężystości przy zginaniu rękawa CIPP	1100 [MPa]
pomniejszony o poprawkę na oddziaływania długotrwałe zagęszczane obciążenia eksploatacyjne	7200 kg

1. Analiza stateczności na wyboczenie wg. równania AWWA

$$t = 0.721 \times D \times \left[ \frac{\left( \frac{N \times q_t}{C} \right)^2}{E_L \times R_w \times B' \times E'_s} \right]^{\frac{1}{3}}$$

a) obliczenie obciążenia

$$q_t = 9,81 \times 10^{-3} \times H_w + 9,81 \times 10^{-3} \times w \times H_s \times R_w + W_s$$

$$R_w = 1 - 0,33 \times H_w / H_s$$

$$R_w = 0,96$$

$$w = 1,90 \quad [\text{g/cm}^3]$$

$$W_s = W_{sc} = 0,0107 \times (C_s \times P \times F / D)$$

$$C_s = 0,037$$

$$F = 1,0$$

$$W_{sc} = 5,701 \times 10^{-3} \quad [\text{MPa}]$$

$$q_t = 0,082 \quad [\text{MPa}]$$

b) obliczenie współczynnika podparcia sprężystego

$$B' = 1 / (1 + 4e^{-0.213 \times H_s})$$

$$B' = 0,370$$

c) obliczenie współczynnika odstępstwa od przekroju kołowego

$$q = 100 \times (D - D_{\min}) / D$$

$$q = 4,0$$

$$C = 0,7$$

d) wyznaczenie minimalnej grubości ścianki rękawa (CIPP) z warunku na wyboczenie

$$N = 2$$

$$t = 0.721 \times D \times \left[ \frac{\left( \frac{N \times q_t}{C} \right)^2}{E_L \times R_w \times B' \times E'_s} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$t = 9,80 \text{ mm}$$

e) obliczenie sztywności

$$S = \frac{E}{12 \times (DR)^3} \geq 1,00 \times 10^{-3}$$

Dla spełnienia warunku minimalnej sztywności wynoszącej  $1 \times 10^{-3}$  MPa zawartej w polskiej normy PN-EN 13566-1 minimalna grubość rękawa wynosi

$$t_{\min} = 8,97 \text{ mm}$$

$$DR = D/t$$

$$DR = 55,74$$

$$S = 1,01 \text{ kN/m}^2 \geq 1 \text{ kN/m}^2$$

Sztywność rękawa o grubości

$$t = 9,8 \text{ mm}$$

spełniającej warunek na wyboczenie oraz warunek minimalnej sztywności wynosi:

$$DR = D/t$$

$$DR = 51,02$$

$$S = 1,32 \text{ kN/m}^2 \geq 1 \text{ kN/m}^2$$

Rękaw spełnia warunek sztywności zgodnie z wartością ustaloną przez Komitet C950 Stowarzyszenia AWWA oraz warunek minimalnej sztywności zawarty w polskiej normy PN-EN 13566-1 i wynoszący  $1 \times 10^{-3}$  MPa

2. Ugięcie (wzór Spanglera)

$$K = 0,083$$

$$L = 1,25$$

$$\frac{Y}{D} = \frac{K \times (L \times W + W_s)}{E} \times 100 \%$$

$$1,5 \times (DR - 1)^3 + 0,061 \times E_s$$

a) obliczenie obciążenia

$$W = 9,81 \times 10^{-3} \times C \times w \times B_d$$

$$B_d = 1,20 \text{ m}$$

$$C = [1 - e^{(-2ku'H/B_d)}] / 2ku'$$

$$ku' = 0,165$$

$$C = 2,022$$

$$W = 0,045 \text{ [MPa]}$$

$$W_s = 0,0057 \text{ [MPa]}$$

b) obliczenie ugięcia

$$Y/D = 1,17\% < 5\%$$

3. Wyboczenie spowodowane przez ciśnienie wody z zewnątrz

a) obliczenie obciążenia

$$P = 1 \text{ m ponad dnem rury}$$

czyli, 0,01 MPa

b) obliczenia grubości

$$t = \frac{D}{\left[ \frac{2 \times K \times E_L \times C}{P \times N \times (1 - \nu^2)} \right]^{\frac{1}{3}} + 1}$$

K – współczynnik wpływu usztywnienia

$$K = 7$$

N – współczynnik bezpieczeństwa

$$N = 2$$

$$t = 5,88 \text{ mm}$$

4. Ograniczenie ciśnienia w związku z naprężeniami

$$1,5 \times (q/100) \times (1 + q/100) \times DR^2 - 0,5 \times (1 + q/100) \times DR = \sigma / PN$$

$$q = 4,0\%$$

$$\sigma = P \times N \times (1,5 \times (q/100) \times (1 + q/100) \times DR^2 - 0,5 \times (1 + q/100) \times DR)$$

$$\sigma = 2,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma < 35 \text{ MPa}$$

warunek spełniony

**Na podstawie powyższego minimalna grubość rękawa po utwardzeniu wynosi**

$$t = 10 \text{ mm}$$

**mgr inż. ARKADIUSZ MERCHEL**  
Uprawnienia budowlane do projektowania  
bez ograniczeń w specjalności  
konstrukcyjno-budowlanej,  
nr ewidencyjny 157/01/OL

