

# **BIURO USŁUG INŻYNIERSKICH**

**Dr inż. Leszek Wysocki**  
**Ul. Bacciarellego 10F/9, 51-649 Wrocław**

---

## **DOKUMENTACJA PROJEKTOWA MODERNIZACJI KOLEKTORA KANALIZACYJNEGO W UL. PIOTRA SKARGI, NADBRZEŻNEJ, ELEKTRYCZNEJ I KROCHMALNEJ W GŁOGOWIE**

**ZLECENIODAWCA:** *Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o.*  
*ul. Łąkowa 52, 67-200 Głogów*

**AUTOR OPRACOWANIA:** *dr inż. Tomasz Abel*

*dr inż. Leszek Wysocki*

**Wrocław, maj 2013**

## **1. Podstawa opracowania**

Podstawę opracowania stanowi zlecenie (pismo TS-Z-5/13) z dnia 23 stycznia 2013 roku z Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Głogowie Sp. z o.o. (ul. Łąkowa 52, 67-200 Głogów) skierowane do Biura Usług Inżynierskich (ul. Bacciarellego 10F/9, 51-649 Wrocław).

## **2. Cel i zakres opracowania**

Celem niniejszego opracowania jest przygotowanie dokumentacji projektowej modernizacji kolektora kanalizacyjnego w ul Piotra Skargi w Głogowie pomiędzy studniami S0 do S4, S18 do S19 oraz S44 do końca (plan sytuacyjny w załączeniu) w następującym zakresie:

- wybór najkorzystniejszej technologii renowacji na podstawie istniejących materiałów,
- obliczenia wykładziny wzmacniającej dla wybranych przekrojów kanału,
- opracowanie opisu technologii wykonania prac na poszczególnych odcinkach,
- opracowanie przedmiarów robót dla poszczególnych odcinków,
- opracowanie kosztorysów inwestorskich dla poszczególnych odcinków,
- opracowanie specyfikacji wykonania i odbioru robót.

## **3. Materiały wykorzystane w opracowaniu**

[3.1] Dokumentacja: "Ocena stanu technicznego głównego kolektora sieci kanalizacyjnej w Głogowie", opracowanie Katedry Budownictwa i Infrastruktury Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z 2009 roku.

[3.2] PN- EN 206 – 1 Beton część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

[3.3] Czarnecki L., Emmons P.: Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. Polski Cement 2003.

[3.4] Informacje uzyskane od Zleceniodawcy, wyniki wizji lokalnej i badań makroskopowych wykonane przez autorów opracowania.

- [3.5] Wytyczne ATV-DVWK – A 127P Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe kanałów i przewodów kanalizacyjnych. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2000.
- [3.6] Materiały pomocnicze ATV-DVWK – A127P Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dla rehabilitacji technicznej przewodów kanalizacyjnych przez wprowadzenie linerów lub metodą montażową. Wydawnictwo Seidel Przywecki, styczeń 2000.
- [3.7] Wóycicki K.: Wodociągi i Kanalizacje, t.II Kanalizacje. Trzaska, Evert i Michalski, Warszawa 1948.
- [3.8] Aktualizacja oceny stanu technicznego kolektora kanalizacyjnego na odcinku od studni S0 do S45 na terenie miasta Głogowa, opracowanie Biura Usług Inżynierskich (ul. Bacciarelliego 10F/9, 51-649 Wrocław).
- [3.9] PN-EN 1542: 2000: Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Pomiar przyczepności przez odrywanie.

#### **4. Wybór technologii realizacji prac remontowych**

##### **4.1. Odcinek przewodu S1 do S4 (konstrukcja betonowa)**

Na podstawie wyników aktualizacji oceny stanu technicznego przewodu [3.9] zdecydowano, że w pierwszej kolejności prace remontowe wykonane zostaną na odcinkach od studni S0 do S4, od S18 do S19 i od S44 do S45 (plan sytuacyjny w załączeniu). Wobec konieczności zachowania w możliwie dużym stopniu dotychczasowych wymiarów kanału za najkorzystniejszą technologię renowacji na tym odcinku uznać należy zastosowanie utwardzanego rękawa z żywicy epoksydowej zbrojonej włóknem szklanym. Aktualnie nośność przewodu jest zachowana (stan techniczny II według wytycznych ATV) i po powstrzymaniu procesów korozyjnych nie będzie ulegał zmianom. Zaleca się więc zgodnie z tymi wytycznymi zastosowanie rękawa przenoszącego tylko obciążenie wodą gruntową. Poziom wody gruntowej, nawet gdy woda zalega poniżej poziomu posadowienia przewodu zgodnie z wytycznymi przyjmować należy 1.5 m ponad dnem kanału. Poziom wody ulega

znacznym wahaniom dlatego do obliczeń przyjęto poziom wody 3.0 m ponad dnem kanału. Do obliczeń przyjęto następujące wymiary wewnętrzne istniejących kanałów:

- odcinek S0 - S2 - 600 x 900 mm,
- odcinek S2 - S4 - 900 x 1200 mm.

Zgodnie z wynikami obliczeń statyczno-wytrzymałościowych do renowacji zastosować należy rękawy o grubości nie mniejszej niż:

- odcinek S0 - S2 - 15 mm,
- odcinek S2 - S4 - 19 mm.

Przyjęto założenie, że rękawy wykonane zostaną z materiału o krótkookresowym module sprężystości nie mniejszym od 9000 MPa. Technologię montażu rękawa określi Wykonawca robót. Do dokumentów odbiorowych Wykonawca dołączy następujące dokumenty:

- wyniki badań modułu sprężystości zainstalowanego rękawa wykonane w laboratorium wskazanym przez Zamawiającego,
- wyniki badań przesiąkliwości rękawa wykonane w laboratorium wskazanym przez Zamawiającego,
- dziennik pomiarów temperatury rękawa (a nie czynnika grzewczego !) w trakcie utwardzania,

#### **4.2. Odcinek od studni S18 do S19**

Wykonanie remontu tego odcinka w dostępnych technologiach bezwykopowych jest utrudnione z powodu wyłożenia kinety płytkami klinkierowymi tworzącymi uskok o wysokości około 5 cm. Wykonanie na tym odcinku "rękawa" wzmacniającego wymagałoby w zasadzie pogrubienia górnej części przewodu. Takie pogrubienie w przypadku starannego wyczyszczenia betonu i zbrojenia zapewniłoby odтворzenie otuliny i zabezpieczyłoby trwałość konstrukcji. Zaleca się więc następujące postępowanie:

- wyczyścić dokładnie powierzchnię betonu i usunąć osłabiony i zneutralizowany beton, wskaźnik pH oczyszczonego betonu nie może być niższy od 11,
- oczyścić pręty zbrojeniowe (tylko z luźno przylegającej rdzy),
- odkuć lokalnie beton (najlepiej w miejscu skrzyżowania prętów zbrojeniowych) tak, aby odkucie sięgało minimum 1 cm poniżej zbrojenia, odkucie to jest niezbędne dla stworzenia miejsc zakotwienia nowej warstwy naprawczej, odległość takich miejsc powinna być nie większa od około 75 cm,
- nałożyć na zbrojenie warstwę antykorozyjną z materiału PCC,
- nałożyć warstwę zaprawy PCC o dużej odporności na korozję siarczanową np. Ombran MHP, Topolit Kanalbaumortel o grubości minimum 3 cm ponad prętami zbrojeniowymi, zaleca się nakładanie zaprawy metodą natrysku, w przypadku nakładania zaprawy metodą natrysku nie zaleca się wygładzania powierzchni.

Wykonawca robót dostarczy wyniki pomiarów wytrzymałości na odrywanie (min. 5 pomiarów) na odcinku pomiędzy studniami S18 do S19 wykonane przez instytucję wskazaną przez Zamawiającego.

#### **4.3. Odcinek od studni S44 do końca odcinka**

Prace na tym odcinku ze względu na bardzo zły stan techniczny i lokalizację przewodu pod ważną linią kolejową wymagają zastosowania technologii zapewniającej całkowite przeniesienie wszystkich obciążeń zewnętrznych (obciążenia warstwą gruntu oraz obciążenia komunikacyjne kolejowe i drogowe). Z uwagi na konieczność możliwie małego zmniejszenia przekroju poprzecznego kanału oraz konieczność zapewnienia jak największej przepustowości zaleca się zastosowanie technologii Maxi lining. Technologia ta różni się od omówionej w pkt. 6.3 technologii Trolining tym, że pomiędzy okołkowanym trolinerem a naprawianym kanałem

pozostawia się przestrzeń umożliwiającą wprowadzenie zbrojenia i jej wypełnienie betonem. W ten sposób tworzy się żelbetowa konstrukcja nośna całkowicie przenosząca obciążenia zewnętrzne, grubość betonowej ścianki i rozstaw oraz średnicę prętów wyznacza się obliczeniowo. Troliner tworzy bardzo gładką wykładzinę o wysokiej odporności na korozję (co zapewnia całkowitą ochronę konstrukcji żelbetowej) i bardzo dużej odporności na ścieranie. Podkreślić należy, że stosowany w tej technologii beton samozagęszczalny będzie wypełniał ubytki w konstrukcji oraz częściowo ubytki w spoinach co wpłynie korzystnie na nośność układu stara konstrukcja murowana - nowa konstrukcja żelbetowa. Wykonane obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykazały, że konieczne jest wykonanie konstrukcji o grubości 10 cm zbrojonej prętami obwodowymi o średnicy 10 mm i rozstawie 5 cm oraz prętami podłużnymi o średnicy 10 mm o rozstawie 230 mm.

#### **4.4. Wymiana stopni złazowych**

Na całym odcinku przewodu od studni S0 do studni S45 wymienić należy stopnie żeliwne na klamry złazowe pokryte PE w jaskrawym kolorze (zaleca się kolor żółty). Do osadzania klamer stosować należy zaprawę PCC o wysokiej odporności na siarczany np. Ombran MHP, Topolit Kanalbaumortel lub inną o analogicznych właściwościach w zakresie siarczanoodporności, szczelności i skurczu.

**ZAŁĄCZNIK**  
**obliczenia statyczno-wytrzymałościowe**

# 1. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe murowanego kolektora kanalizacyjnego - 2250 x 2050 mm.

Obliczenia przeprowadzone na podstawie wytycznych ATV A127

Obliczenia wykonane dla kąta podparcia kolektora 120 deg

## Warunki gruntowe.

Grunt G2 we wszystkich strefach posadowienia rurociągu.

Poziom wodu gruntowej przyjęto poniżej poziomu posadowienia kolektora.

Zagęszczenie według wskaźnika Proctora - 0,95.

## Obciążenie taborem komunikacyjnym.

### 1. Pojazd samochodowy.

SLW60 wg wytycznych ATV A127 - ciężar pojazdu normowego 600kN.

### 2. Tabor kolejowy.

UIC 71 wg wytycznych ATV A127 - ciężar 4 x 250 kN, przyjęto obciążenie - 52 kN/m<sup>2</sup>

## Parametry wytrzymałościowe ośrodka gruntowego.

$G_g := 2$  grunt z grupy G2

$K_1 := 0.5$  współczynnik parcia gruntu

$\phi' := 30\text{deg}$  kąt tarcia wewnętrznego

$D_{Pr} := 95$  wskaźnik zagęszczenia w %

$\gamma_B := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$  ciężar objętościowy gruntu

$\gamma_{B'} := 10.19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$  ciężar objętościowy gruntu pod wodą

$\gamma_W := 9.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$  ciężar wody

$E_B := \left( \frac{40}{G_g} \right) \cdot e^{-0.188 \cdot (100 - D_{Pr})} \cdot \text{MPa}$   $E_B = 7.81 \cdot \text{MPa}$  moduł odkształcenia gruntu dla poszczególnych stref obszaru posadowienia



### Parametry kolektora i wykopu teoretycznego.

Kolektor murowany o przekroju owalnym 2250 x 2050. Przyjęto średnicę zastępczą kolektora równą 2250 mm.

Przyjęto  $E_R := 23\text{GPa}$

Średnica wewnętrzna  $d_i := 2250\text{mm}$

Średnica zewnętrzna  $d_a := 2750\text{mm}$

Grubość ścianki rury  $s_r := 250\text{mm}$  przyjęto jak dla jednej warstwy cegieł

Głębokość przekrycia  $h := 1.0\text{m}$  przyjęto wartość 1,0m jako wartość maksymalną dla niekorzystnych warunków

Szerokość dna wykopu  $b := 3.75\text{m}$

Wysokość zewnętrzna przewodu  $h_a := 2.75\text{m}$

Wysokość wewnętrzna przewodu  $h_i := 2.25\text{m}$

Warunki zasypywania wykopu A1

Warunki posadowienia przewodu B1

### Wyznaczenie obciążeń działających na kolektor.

- kąt tarcia o ściany  $\delta'$

$$\delta' := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot \phi' \quad \delta' = 20 \cdot \text{deg} \quad \beta := 45 \text{deg}$$

- wysokość przewodu w osi

$$d_m := \frac{(h_i + h_a)}{2} \quad d_m = 2.5 \text{ m}$$

- maksymalny współczynnik koncentracji obciążeń  $\max \lambda$

$$\kappa := \frac{\left[ 1 - e^{\left[ -2 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{h}{b}\right) \cdot \tan(\delta') \right] \right]}{2 \cdot K_1 \cdot \left(\frac{h}{b}\right) \cdot \tan(\delta')} \quad \kappa = 0.95$$

$$\kappa_o := e$$

$$\kappa_\beta := 1 - \left(\frac{\beta}{90 \cdot \text{deg}}\right) + \kappa \cdot \left(\frac{\beta}{90 \text{deg}}\right) \quad \kappa_\beta = 0.98$$

$$\kappa_{o\beta} := 1 - \left(\frac{\beta}{90 \text{deg}}\right) + \kappa_o \cdot \left(\frac{\beta}{90 \text{deg}}\right) \quad \kappa_{o\beta} = 1.86$$

$\alpha_B := 0.65$  współczynnik zmniejszający

moduły podatności ośrodka gruntowego wokół rurociągu  
- dla każdej stęfy przyjęto takie same wartości modułu.

$$E_2 := E_B \cdot \alpha_B \quad E_2 = 5.08 \cdot \text{MPa}$$

$$E_3 := E_2 \quad a := 1$$

$$E_1 := E_2$$

$$E_4 := E_2$$

$$a' := a \cdot \left( \frac{E_1}{E_2} \right) \quad a' = 1$$

$$\max \lambda_1 := \frac{\left( \frac{h}{h_a} \right)}{\left( \frac{3.5}{a'} \right) + \left[ \frac{2.2}{\left[ \left( \frac{E_4}{E_1} \right) \cdot (a' - 0.25) \right]} \right] + \left( \frac{h}{h_a} \right) \cdot \left[ \left( \frac{0.62}{a'} \right) + \frac{1.6}{\left[ \left( \frac{E_4}{E_1} \right) \cdot (a' - 0.25) \right]} \right]} \quad \max \lambda_1 = 0.05$$

$$\max \lambda := \max \lambda_1 + 1 \quad \max \lambda = 1.05$$

- sztywność obwodowa kolektora

$$S_R := \frac{\left( E_R \cdot 1 \cdot m \cdot s_r^3 \right)}{12 \cdot 1 \cdot m \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)^3} \quad S_R = 15.33 \cdot \text{MPa}$$

- sztywność gruntu obsypki w kierunku pionowym

$$S_{Bv} := \frac{E_2}{a} \quad S_{Bv} = 5.08 \cdot \text{MPa}$$

- sztywność gruntu obsypki w kierunku poziomym

$$\Delta f := \frac{\left[ \left( \frac{b}{h_a} \right) - 1 \right]}{1.154 + 0.444 \cdot \left[ \left( \frac{b}{h_a} \right) - 1 \right]} \quad \Delta f = 0.28$$

$$\xi := \frac{1.44}{\left[ \Delta f + (1.44 - \Delta f) \cdot \left( \frac{E_2}{E_3} \right) \right]} \quad \xi = 1$$

$$S_{Bh} := 0.6 \cdot \xi \cdot E_2 \quad S_{Bh} = 3.05 \cdot \text{MPa}$$

### Obliczenia dla kąta ułożenia 120 deg.

Przyjęto wartość kąta ułożenia dla bardzo dobrych warunków posadowienia z uwagi na okres jaki upłynął od ułożenia rury.

Dla kąta ułożenia 120 deg  $c_v := -0.0893$  współczynnik deformacji

- współczynnik sztywności układu (rura-grunt),  
bez uwzględniania poziomych parć od reakcji posadowienia.

$$V_S := \frac{S_R}{|c_v| \cdot S_{Bv}} \quad V_S = 33.81$$

- sztywność układu (grunt-rura).

$$V_{RB} := \frac{S_R}{S_{Bh}} \quad V_{RB} = 5.03$$

- współczynnik parcia gruntu  $K_2 := 0.5$

- współczynnik koncentracji obciążeń  $\lambda_R, \lambda_{RG}, \lambda_B$ .

$$V_{s1} := \frac{(1 - K_2)}{1 - \left(\frac{1}{4 \cdot a'}\right)} \quad V_{s1} = 0.67 \quad \lambda_o := \frac{(4 \cdot K_2)}{3 + K_2} \quad \lambda_o = 0.57$$

$$\lambda_R := \frac{\left[ (\max \lambda \cdot V_S) + \left[ \frac{V_{s1}}{(1 - \lambda_o)} \right] \cdot [\lambda_o \cdot (\max \lambda - 1)] \right]}{\left[ V_S + \left[ \left[ \frac{V_{s1}}{(1 - \lambda_o)} \right] \cdot (\max \lambda - 1) \right] \right]} \quad \lambda_R = 1.05$$

$$\lambda_{RG} := \left[ \frac{(\lambda_R - 1)}{3} \right] \cdot \left( \frac{b}{h_a} \right) + \left[ \frac{(4 - \lambda_R)}{3} \right] \quad \lambda_{RG} = 1.01$$

$$\lambda_B := \frac{(4 - \lambda_R)}{3} \quad \lambda_B = 0.98$$

### Obciążenia pionowe kolektora.

$$F_A := 100 \text{ kN}$$

$$F_E := 500 \text{ kN}$$

$$r_A := 0.25 \text{ m}$$

$$r_E := 1.82 \text{ m}$$

$$a_f := 1 - \frac{0.9}{0.9 + \frac{\left[ 4 \cdot \left( \frac{h}{m} \right)^2 + \left( \frac{h}{m} \right)^6 \right]^{\frac{2}{3}}}{1.1 \cdot \left( \frac{d_m}{m} \right)^3}} \quad a_f = 0.73$$

$$p_F := \left( \frac{F_A}{r_A^2 \cdot \pi} \right) \cdot \left[ 1 - \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{r_A}{h} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \right] + \left[ \frac{(F_E \cdot 3)}{h^2 \cdot 2 \cdot \pi} \right] \cdot \left[ \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{r_E}{h} \right)^2 \right]^{\frac{5}{2}}} \right] \quad p_F = 50.45 \cdot \text{kPa}$$

$$p := a_f \cdot p_F \quad p = 36.97 \cdot \text{kPa}$$

$$\phi := 1.2 \quad \text{współczynnik dynamiczny}$$

$$p_v := \phi \cdot p \quad p_v = 44.36 \cdot \text{kPa}$$

Całkowite obliczeniowe obciążenie pionowe od taboru samochodowego.

$$q_{vsam} := \lambda_{RG} \cdot (\kappa \cdot \gamma_B \cdot h) + p_v \quad q_{vsam} = 63.53 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Całkowite obliczeniowe obciążenie pionowe od taboru kolejowego

$$q_{vkol1} := 52 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{vkol} := q_{vkol1} \cdot 1.1 \quad q_{vkol} = 57.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Całkowite obciążenie pionowe.

$$q_v := (q_{vkol} + q_{vsam}) \cdot 2.0 \quad q_v = 241.47 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Całkowite rzeczywiste obciążenie poziome.

dla  $h = 1,00 \text{ m}$

$$q_{h1} := \left[ K_2 \cdot \lambda_B \cdot (\kappa \cdot \gamma_B \cdot h) \right] \quad q_{h1} = 9.38 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

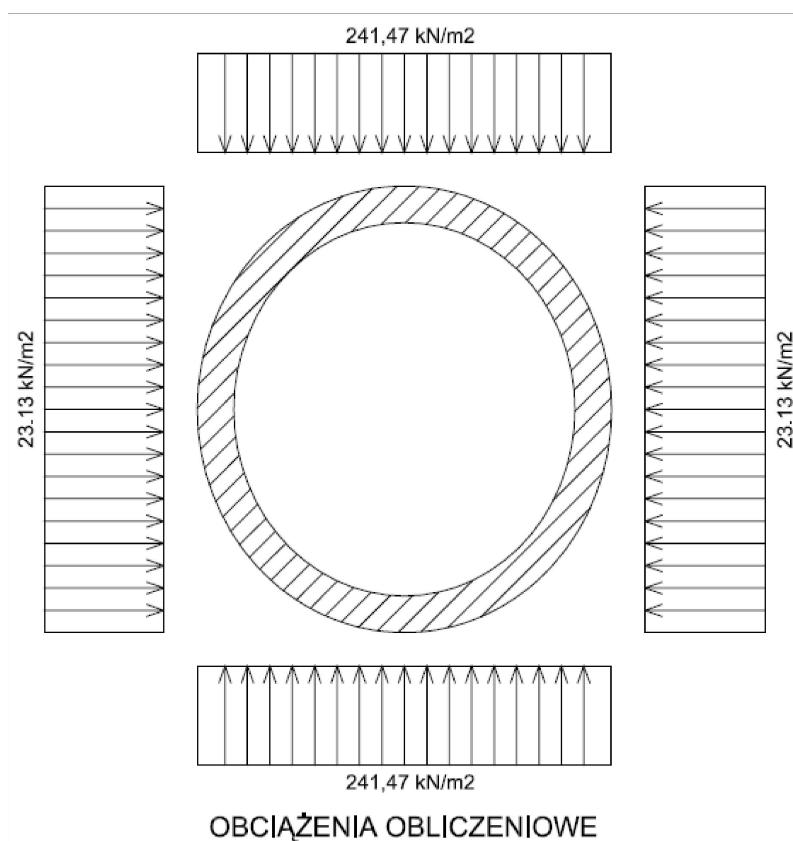
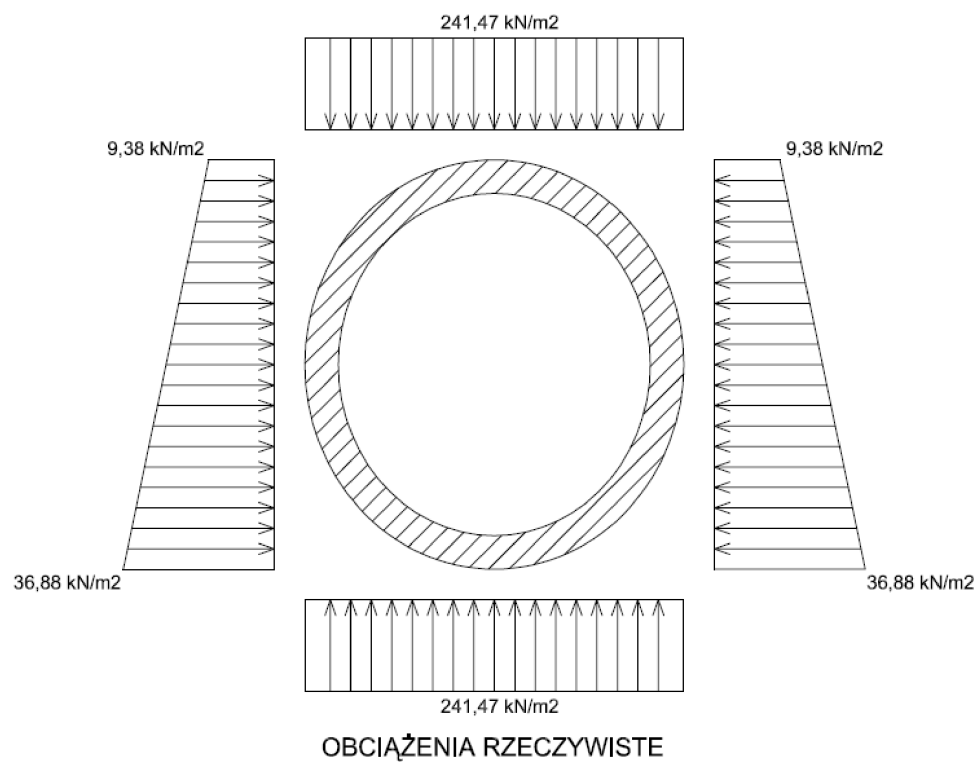
dla  $h = 3,75 \text{ m}$

$$q_{h2} := \left[ K_2 \cdot \lambda_B \cdot (\kappa \cdot \gamma_B \cdot h) \right] + K_2 \cdot \gamma_B \cdot h_a \quad q_{h2} = 36.88 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Całkowite średnie obliczeniowe obciążenie poziome.

$$q_{hc} := \left[ \frac{(q_{h1} + q_{h2})}{2} \right]$$

$$q_{hc} = 23.13 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



## Wymiarowanie nowej konstrukcji - przyjęto technologię maxi-lining

Wartość sił obciążających istniejącą konstrukcję.

$$q_v := 241.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{hc} := 23.13 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad d_m := 2.50\text{m}$$

Wartości sił wewnętrznych w sklepieniu kanału.

Od parcia pionowego gruntu.

$$m_{qv1} := 0.261 \quad n_{qv1} := 0.027$$

$$M_{sv} := m_{qv1} \cdot q_v \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)^2 \quad M_{sv} = 98.474 \cdot \text{kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{sv} := n_{qv1} \cdot q_v \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right) \quad N_{sv} = 8.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Od parcia poziomego gruntu.

$$m_{qh1} := -0.250 \quad n_{qh1} := -1.000$$

$$M_{sh} := m_{qh1} \cdot q_{hc} \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)^2 \quad M_{sh} = -9.035 \cdot \text{kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{sh} := n_{qh1} \cdot q_{hc} \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right) \quad N_{sh} = -28.913 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Wartości sił wewnętrznych w pachwinach kanału.

Od parcia pionowego gruntu.

$$m_{qv2} := -0.265 \quad n_{qv2} := -1.000$$

$$M_{pv} := m_{qv2} \cdot q_v \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)^2 \quad M_{pv} = -99.984 \cdot \text{kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{pv} := n_{qv2} \cdot q_v \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right) \quad N_{pv} = -301.837 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Od parcia poziomego gruntu.

$$m_{qh2} := 0.250 \quad n_{qh2} := 0$$

$$M_{ph} := m_{qh2} \cdot q_{hc} \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)^2$$

$$M_{ph} = 9.035 \cdot \text{kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{ph} := n_{qh2} \cdot q_{hc} \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)$$

$$N_{ph} = 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Wartości sił wewnętrznych w kinecie kanału.

Od parcia pionowego gruntu.

$$m_{qv3} := 0.275 \quad n_{qv3} := -0.027$$

$$M_{kv} := m_{qv3} \cdot q_v \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)^2$$

$$M_{kv} = 103.757 \cdot \text{kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{kv} := n_{qv3} \cdot q_v \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)$$

$$N_{kv} = -8.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Od parcia poziomego gruntu.

$$m_{qh3} := -0.250 \quad n_{qh3} := -1.000$$

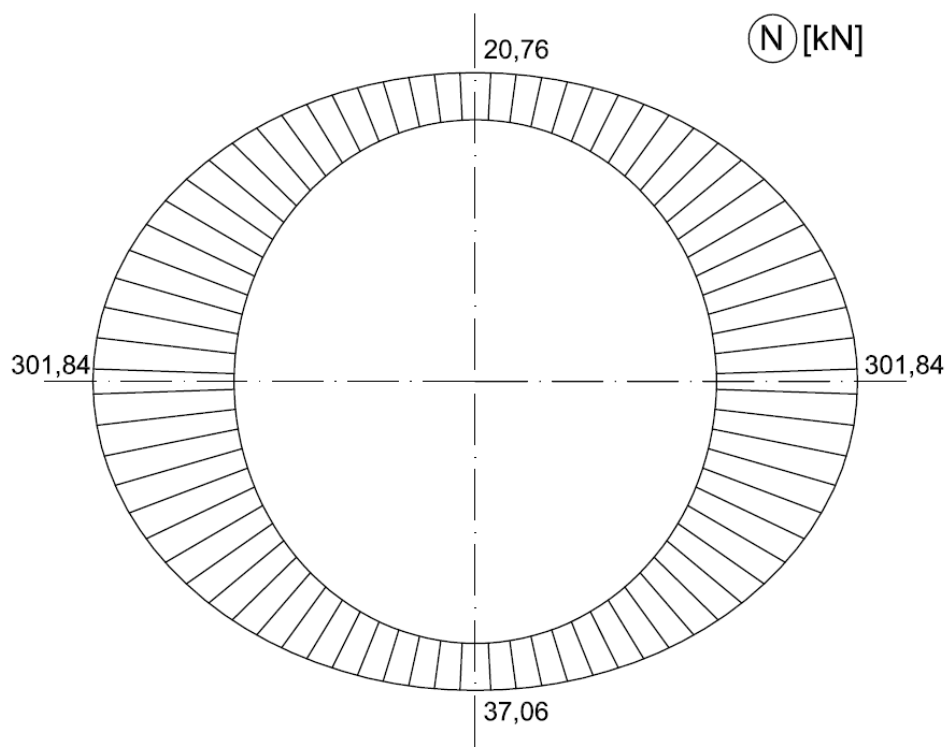
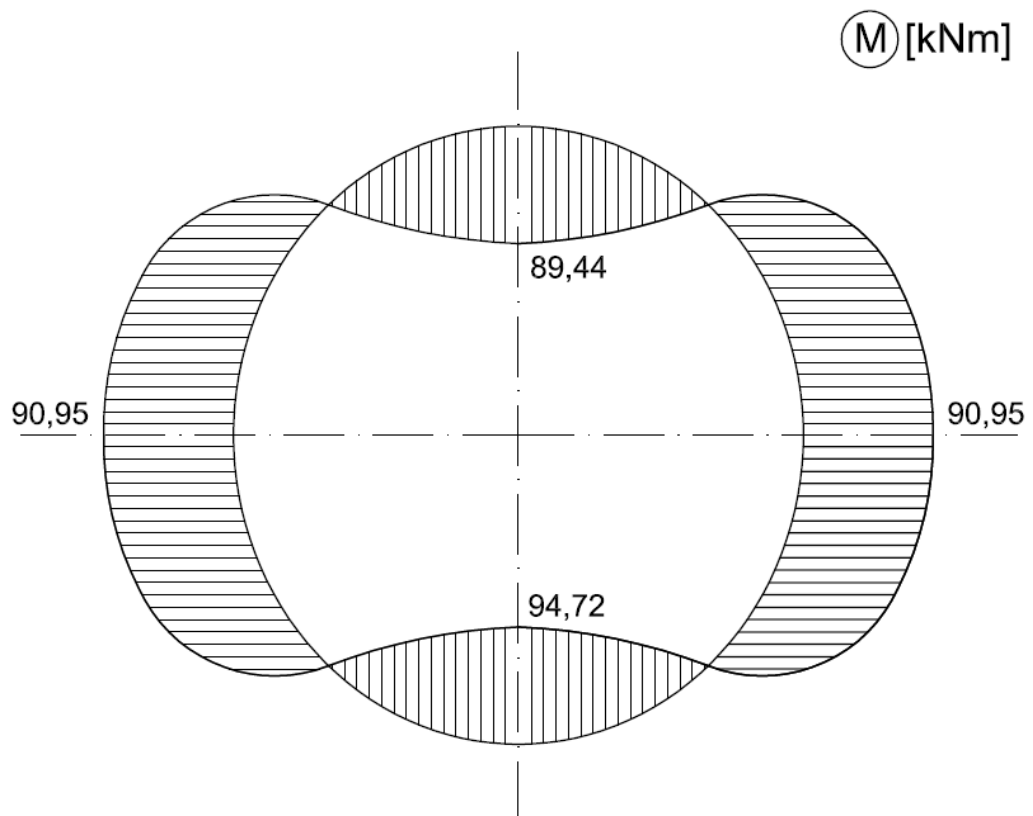
$$M_{kh} := m_{qh3} \cdot q_{hc} \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)^2$$

$$M_{kh} = -9.035 \cdot \text{kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{kh} := n_{qh3} \cdot q_{hc} \cdot \left( \frac{d_m}{2} \right)$$

$$N_{kh} = -28.913 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

	Siły wewnętrzne w kluczu	Siły wewnętrzne w pachwinach	Siły wewnętrzne w kinecie
Od parcia poziomego Moment zginający	-9,035	9,035	-9,035
Od parcia pionowego Moment zginający	98,474	-99,984	103,757
Od parcia poziomego Siła osiowa	-28,913	0	-28,913
Od parcia pionowego Siła osiowa	8,15	-301,837	-8,15
Suma - moment zginający	89,439	-90,949	94,722
Suma - siła osiowa	-20,763	-301,837	-37,063





### Obliczenie zbrojenia przekroju.

$$b_1 := 1\text{m} \quad d_o := 7.5\text{cm} \quad a_1 := 2.25\text{cm} \quad a_1' := 2.25\text{cm} \quad h_1 := 10\text{cm} \quad \alpha := 0.85$$

$$e_s := \left| \frac{(M_{kv} + M_{kh})}{(N_{pv} + N_{ph})} \right| \quad e_s = 0.314\text{m}$$

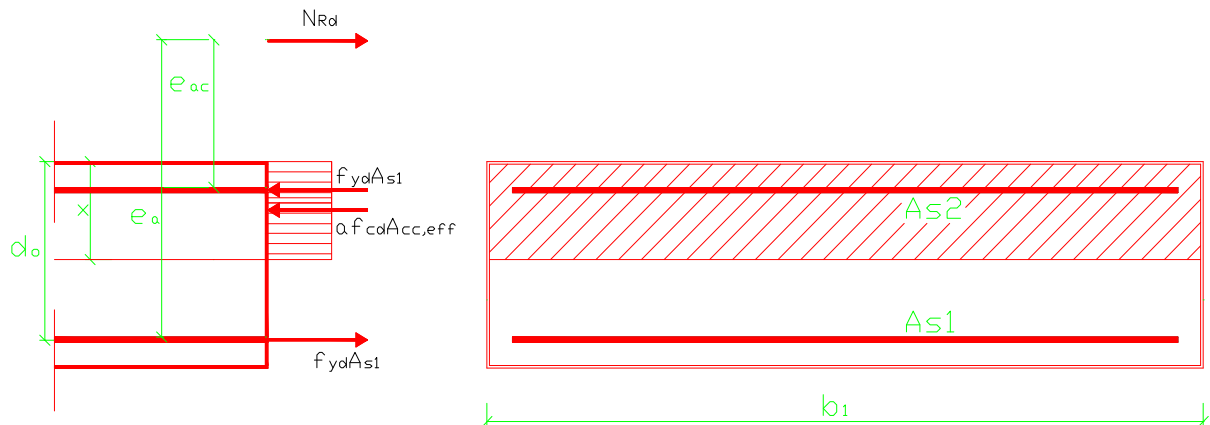
dla betonu C25/30 i stali BSt 500S

$$f_{cd} := 20\text{MPa} \quad f_{yd} := 310\text{MPa}$$

Sprawdzenie warunków nośności przekroju

$$e_a := e_s + \left( \frac{h_1}{2} \right) - a_1 \quad e_a = 34.132\text{cm}$$

$$e_{ac} := e_s - \left( \frac{h_1}{2} \right) + a_1' \quad e_{ac} = 28.632\text{cm}$$



Do obliczenia wartości  $x_{eff}$  przyjęto w strefie sciskanej  $A_{s2} = 0$ . Wartość  $x_{eff}$  obliczono z równania:

$$M_{sd} = \alpha \cdot f_{cd} \cdot b_1 \cdot x_{eff} \cdot (d_o - 0.5 \cdot x_{eff}) + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot (d_o - a_1) \quad \text{gdzie} \quad A_{s2} := 0\text{cm}^2$$

$$8.5 \cdot x_{eff}^2 - 1.683 \cdot x_{eff} + 0.018359 = 0$$

$$x_{eff1} := 0.0116\text{m} \quad x_{eff2} := 0.186\text{m}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $x_{eff1} = 0.0116\text{m}$

$$\xi_{eff1} := \frac{x_{eff1}}{d_o} \quad \xi_{eff1} = 0.155$$

$$A_{s2'} := \frac{\left[ e_a \cdot (N_{pv} + N_{ph}) \cdot m - \alpha \cdot f_{cd} \cdot b_l \cdot d_o^2 \cdot \xi_{eff1} \cdot (1 - 0.5 \cdot \xi_{eff1}) \right]}{f_{yd} \cdot (d_o - a_1)} \quad A_{s2'} = -71.686 \cdot \text{cm}^2$$

Zbrojenie w strefie ściskanej, jak wynika z obliczeń, jest zbędne  
a więc przy obliczaniu zbrojenia w strefie rozciąganej ( $A_{s1}$ )  
zostanie założone zbrojenie w strefie ściskanej ( $A_{s2}$ ) = 0.

$$A_{s1} := \frac{\left[ \alpha \cdot f_{cd} \cdot b_l \cdot d_o \cdot \xi_{eff1} - (N_{pv} + N_{ph}) \cdot m \right]}{f_{yd}} \quad A_{s1} = 16.098 \cdot \text{cm}^2$$

**Ostatecznie przyjęto zbrojenie  $\phi 10$  co 5,0 cm w strefie rozciąganej i ściskanej.**

$$A_{s1'} := 11.30 \text{ cm}^2 \quad A_{s2''} := A_{s1'}$$

Zbrojenie rozdzielcze.

Przyjęto  $\phi 10$  co 230 mm po obwodzie.

#### **Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys.**

Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys nie jest konieczne z uwagi na to, że zewnętrzną powierzchnię konstrukcji stanowić będzie okółkowana płyta polietylenowe o grubości 5mm połączona z betonem kołkami kotwiącymi.