

- oczyszczalnie ścieków
- sieci kanalizacyjne
- rozruchy technologiczne
- i badania ścieków

9/3

Zadanie inwestycyjne

**ROZBUDOWA I MODERNIZACJA OCZYSZCZALNI
ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH W MOGIELNICY**

pow. Grójec, woj. mazowieckie

$Q_{dśr} = 1750 \text{ m}^3/\text{d}$, $RLM = 31000$

Lokalizacja inwestycji

MIEJSCOWOŚĆ MOGIELNICA,
dz. nr 1740, 1741, 1742, 1743 i 1744

Tytuł opracowania

**PROJEKT BUDOWLANY – KONSTRUKCJA
REAKTORA BIOLOGICZNY – II STOPIEŃ OCZYSZCZANIA**

Inwestor

**Gmina i Miasto Mogielnica
05-640 Mogielnica**

Przedmiotowy projekt podlega ochronie przewidzianej w ustawie o prawie autorskim i prawach pokrewnych i nie dopuszcza wprowadzania w nim jakichkolwiek zmian bez zgody autora.

Oświadcza się że projekt budowlany sporządzony został zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej

	Nazwisko i imię	Podpis
Opracował:	mgr inż. Dariusz Wójcicki	
Projektował:	inż. Andrzej Grudzień, upr KL 230/90	
Sprawdził:	mgr inż. Małgorzata Grudzień, upr. KL 106/93	

SPIS TREŚCI

I./ OPIS TECHNICZNY

II./ OBLICZENIA STATYCZNE

III./ RYSUNKI

- | | |
|---|-------|
| 1. REAKTOR BIOLOGICZNY – PRZĘKRÓJ POZIOMY, RYSUNEK SZALUNKOWY | 1:100 |
| 2. REAKTOR BIOLOGICZNY – PRZĘKRÓJ A-A, RYSUNEK SZALUNKOWY | 1:50 |

OPIS TECHNICZNY

1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlany Reaktora Biologicznego usytuowanego na terenie oczyszczalni ścieków w miejscowości Mogielnica.

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

- umowa zawarta z Zakładem Projektowo-Usługowym „NOSAN”
- wytyczne branżowe (technologiczne, sanitarne)
- obowiązujące normy i przepisy
- dokumentacja geotechniczna

3. WARUNKI GRUNTOWO - WODNE

Warunki gruntowo – wodne określono na podstawie „Technicznych badań podłoża gruntowego pod rozbudowę oczyszczalni ścieków w miejscowości Mogielnica” opracowanej przez mgr inż. Zygmunta Gawęckiego w lipcu 2005 roku.

Jako miarodajne dane geotechniczne do projektowania przyjęto odwierty nr 3, 4 i nr 5.

Badania podłoża wykonano do głębokości 7.0m ppt. Zalegają tam od wierzchu, pod warstwą namulów organicznych o miąższości do 3,0m , torfy czarno-brązowe o miąższości 1,6m, gliny pylaste, szare oraz szaro-popielate $I_L=0.35$ o miąższości 0,5m, poniżej piaski średnie popielato-szare $I_p=0,40$ do dna odwiertu.

Warstwa wierzchnia, zwana jako grunty organiczne reprezentowana jest przez namuły. Grunty te występują bezpośrednio od powierzchni terenu. Grunty te należy całkowicie usunąć, gdyż są to grunty nie budowlane. Ponadto jako grunty nie budowlane należy uznać warstwy geotechniczne: IIa - pyły, IIIa - gliny plastyczne, IIIb - gliny pylaste. W przypadku natrafienia pod dnem zbiornika na grunty słabo-nośne j.w., należy je w całości usunąć i zastąpić piaskiem grubym

phiukanym zagęszczonym do $I_s=0.95$, do głębokości występowania gruntów nośnych.

W miejscu posadowienia budowli poziom wody gruntowej kształtuje się na wysokości około ~ 0.05 m poniżej istniejącego terenu . Przyjęto do obliczeń statyczno – wytrzymałościowych jako maksymalny poziom wody gruntowej 130.80 m.n.p.m (licząc od spodu płyty dennej reaktora 4.30m).

Grunt nadaje się do bezpośredniego posadowienia obiektu w warstwie geotechnicznej IVa, IVb, V gdzie $I_p=0.4-:0.5$.

4. ROBOTY ZIEMNE

Rzędna spodu najniższej części fundamentu znajduje się ~ 430 cm poniżej poziomu terenu istniejącego. Ze względu na wysoki poziom wód gruntowych (w zakresie 130.80 m.n.p.m), zakłada się potrzebę obniżenia ich poziomu, na czas przeprowadzania prac budowlanych, przy pomocy studni depresyjnych lub igłofiltrów. Obniżanie poziomu lustra wody gruntowej należy wykonywać zgodnie z oddzielnym opracowaniem projektowym.Prace obniżające lustro wody należy prowadzić przez cały okres wykonywania robót budowlanych.

W trakcie wykonywania robót ziemnych niezbędny jest nadzór geologiczny prowadzony przez uprawnionego geologa.

Koryto zewnętrzne – żelbetowe, monolityczne, długości 21.15m, szerokości 0.4m. Płyta denna grubości 20 i 15cm, ściany 15cm i 20cm. Zbrojenie płyty dennej i ścian górą i dołem prętami $\phi 10$ co 15 cm (stal A-IIIN) w kierunku poprzecznym i $\phi 10$ co 15 cm (stal A-IIIN) w kierunku dłużym. Koryto przykryte kratami pomostowymi.

Pomosty – żelbetowe, monolityczne, szerokości 1.2m, gr. 15cm, biegnące wzdłuż górnego zwieńczenia ścian . Pomosty zbrojone górą prętami $\phi 12$ co 15 cm (stal A-IIIN) w kierunku poprzecznym i $\phi 8$ (stal A-IIIN) w kierunku dłuższym.

Schody zewnętrzne– żelbetowe, monolityczne, z betonu B20, W2, F50, szerokości 0.9m. Płyta gr. 12cm. Schody zbrojone prętami $\phi 8$ (stal A-IIIN) w kierunku poprzecznym i $\phi 12$ (stal A-IIIN) w kierunku dłuższym.

6.0 WYTYCZNE BETONOWANIA

Zaprojektowano beton o następujących właściwościach wytrzymałościowych: B37, wodoodporność W10, mrozoodporność F150

Beton ma być zaprojektowany w laboratorium. Ma wykazywać się jak najmniej skurczem , oraz założonymi parametrami wodoodporności i mrozoodporności.

Wytyczne co do wykonania betonu spełniającego wymogi są określone w normach np. DIN 1045. Wg tej normy wskaźnik w/c max powinien być $\leq 0,55$, min $\leq 0,45$, gdzie max głębokość wnikania wody ≤ 50 mm. Docelowo w fazie wykonawstwa wartość wskaźnika w/c powinna być mniejsza od maksymalnej dopuszczalnej wartości normowej o co najmniej 0,05.

Beton powinien być wykonywany na bazie cementu hutniczego o niskim cieple hydratacji(CEM III/B 32,5 NW , CEM III/A 32,5R)

Klasyfikacja i określenie środowisk agresywności na oczyszczalni należy uwzględnić w projektowanym betonie zgodnie z PN-B-03264:2002 – klasa ekspozycji XA3

Obowiązuje ogólna zasada doboru max średnicy ziaren kruszywa zależnie od grubości elementu budowlanego i odległości między prętami zbrojeniowymi. Max wielkość ziaren kruszywa nie powinna przekraczać 1/5 grubości wykonywanego elementu i dodatkowo musi być mniejsza od odległości między zbrojeniem i między zbrojeniem a szalunkiem.

Ze względu na mrozoodporność kruszywo użyte do betonu ma mieć porowatość nie większą niż 4% w konstrukcjach zagłębionych w ziemi i 2% w konstrukcjach nadziemnych i częściowo zagłębionych.

Zabronione jest używanie kruszywa wapiennego.

Beton ma być układany w szalunkach inwentaryzowanych. Niedopuszczalne są raki i wszelkiego rodzaju porowatości.

W przypadku stwierdzenia przecieków lub pocenia się należy usunąć wadę poprzez iniekcję środkami do tego przeznaczonymi pod kontrolą przedstawicieli producentów.

Powierzchnia betonu ma być gładka bez odprysków, zagłębień , raków. W przypadku stwierdzenia po rozszalowaniu takich usterek należy postępować w sposób opracowany w naprawach betonów firmy Deiterman, Optiroc, itp.

Beton należy pielegnować po wykonaniu w sposób zależny od warunków atmosferycznych zgodnie z warunkami technicznymi odbioru robót budowlanych.

Podczas wykonywania robót betonowych oraz przy wszelkiego rodzaju sprawdzeniach obowiązują zasady określone w WARUNKACH TECHNICZNYCH WYKONYWANIA I ODBIORU ZBIORNIKÓW BETONOWYCH OCZYSZCZALNI WODY I ŚCIEKÓW – wydawnictwo Instalator Polski 1998r oraz wydania późniejsze.

Szczególną uwagę należy zwrócić na dokładne usytuowanie i zabetonowanie taśm dylatacyjnych SIKA w przerwach roboczych.

Zbrojenie elementów żelbetowych stalą A-IIIN i stalą A-I.

Zbrojenie należy wykonywać z dużą starannością zapewniając zachowanie właściwych - podanych na rysunkach - otulin prętów zbrojeniowych (stosować podkładki z tworzywa sztucznego).

Do szalowania elementów konstrukcyjnych obiektu stosować inventoryzowane deskowanie stalowe, aby uzyskać gładką powierzchnię zewnętrzną betonu. Do łączenia deskowań stosować patentowe łączniki zapewniające szczelność elementu po stwardnieniu betonu. Ewentualne pęcherze powietrzne lub raki pozostałe po rozszalowaniu, na ścianach wystających ponad poziom terenu projektowanego przeznaczonych pod tynki, wyrównywać (szpachlować) zestawem „CX-15”.

Zbrojenie układać z zachowaniem grubości otuliny podanej na rysunkach.

Przed betonowaniem umieścić w odpowiednich miejscach wszystkie wskazane w projekcie marki stalowe, kotwy, przejścia szczelne rurociągów oraz szalunki otworów technologicznych. Przy rozmieszczaniu tych elementów rozpatrywać łącznie projekt technologiczny i konstrukcyjny.

Do betonowania stosować mieszankę uprzednio zaprojektowaną i kontrolowaną laboratoryjnie. W czasie betonowania należy kontrolować zachowanie się deskowań, a szybkość betonowania powinna być limitowana zdolnością szalunków do przenoszenia parcia świeżo ukladanej mieszanki. Mieszanka betonowa powinna być dostarczana w sposób ciągły i układana równomiernie w warstwach 30-;40cm bez tworzenia „kopców” przyczyniających się do rozsegregowania mieszanki. Wysokość zrzucania mieszanki nie może przekraczać 150cm.

Zagęszczenie mieszanki wykonywać przy użyciu wibratorów wgnębnych. Niedopuszczalne jest opieranie urządzenia wibrującego o pręty zbrojenia konstrukcji. Górnej powierzchni poszczególnych warstw nie powinno się wygładzać (za wyjątkiem warstwy wierzchniej).

Świeży beton należy chronić przed nadmiernym wysuszeniem i deszczem. Do zraszania betonu przystąpić po 24h od chwili ułożenia. Powierzchnię betonu osłonić folią z tworzyw sztucznych w celu zatrzymania wilgoci na dłuższy czas. Przy temperaturze poniżej 5°C betonu nie należy polewać, a jedynie osłonić matami przed nadmiernym ochłodzeniem. Utrzymywanie świeżego betonu w stałej wilgotności jest niezbędne przez co najmniej 7 dni przy stosowaniu cementu portlandzkiego i co najmniej 14 dni przy użyciu cementu hutniczego.

Wszystkie przerwy robocze pokazano na rysunkach.

7.0 PROBA SZCZELNOŚCI

Przed wykonaniem izolacji i obsypaniem obiektu należy przeprowadzić próbę szczelności zbiornika zgodnie

PN-88/B-10702.

Ubytki wody oraz ewentualne wystąpienie przecieków obserwować co najmniej 3 dni. W przypadku negatywnej próby szczelności należy podjąć decyzję, co do metody i środków uszczelnienia obiektu.

8.0 IZOLACJE I ZABEZPIECZENIE ANTYKOROZYJNE ZBIORNIKA

- Pod płytą dna na wyrównanym podłożu z 10cm warstwy betonu B10 po zagruntowaniu „Eurolanem 3K” (rozcieńczonym z wodą w stosunku objętościowym 1:10), ułożyć izolację z dwóch warstw papy asfaltowej S-500 sklejonych „Eurolanem 3K” (nie rozcieńczonym z wodą).
- Izolację osłonić od góry warstwą betonu B10 gr. 5cm.
- Izolacja ścian zewnętrznych w gruncie - 2 x Eurolan 3K w postaci nierozcieńczonej (firmy Deiterman)

- Zabezpieczenie powierzchni górnej - powłoka „Polymet Beschichtung 1000N
- Izolacja wewnętrznej powierzchni płyty dennej – powłoka „Polymet Nivello Grund” + „Polymet Nivello”
- Izolacja ścian wewnętrznych, przegród (środowisko wodne) – powłoka „Polymet Rollbeschichtung TE”
- Izolacja ścian wewnętrznych, (środowisko powietrzno-wodne)- powłoka „Polymet Plasdur LM6” (od 0,5m poniżej minimalnego poziomu ścieków do korony ścian).
- Izolacja przewr technologicznych – uszczelnić taśmą SIKA lub PCV nr “0”. Jako dodatkowe uszczelnienie dylatacji zaprojektowano od strony wewnętrznej Dichthand-2000S (firmy Schomburg)

9.0 ZABEZPIECZENIE ANTYKOROZYJNE

Stal profilową zwykłą (St3SX), jeżeli nie jest opisana że ma być nierdzewną, zabezpieczać antykorozyjnie zgodnie z systemem POLIFARB CIESZYN CARBOLINE - zestawy dla oczyszczalni ścieków. Systemy od 1-7 należy stosować w zależności od sytuacji w jakich warunkach pracuje dana konstrukcja stalowa. Sposób przygotowania powierzchni oraz nałożenia powłok jest opisany w kartach katalogowych, które dystrybutor farb dostarcza przy ich zakupie.

10.0 WYPOSAŻENIE DODATKOWE

Na wyposażenie dodatkowe składają się:

- ♦ Balustrady na pomostach - zaprojektowano ze stali nierdzewnej OH18N9 , w kolorze żółtym.
- ♦ Przykrycia komór zbiornika kratkami pomostowymi z antypoślizgową powierzchnią roboczą, wg systemu "Trokotex" wys.4cm, w kolorze żółtym.

11.0 UWAGI KOŃCOWE

- Wszystkie materiały stosowane do wykonania obiektu należy zastosować zgodnie z technologią podaną przez producenta. W razie jakiegokolwiek wątpliwości należy skontaktować się z producentem danego wyrobu.
- Projekt należy rozpatrywać wraz z projektami innych branż.
- W przypadku stwierdzenia innych niż przyjętych do projektowania warunków gruntowych w miejscu lokalizacji obiektu, należy bezwzględnie powiadomić o tym projektanta niniejszego opracowania.
- Roboty wykonywać zgodnie z warunkami technicznymi odbioru robót budowlano-montażowych, przepisami prawa budowlanego, przepisami BHP i P-poż.

PODPIS:



PORÓWNANIE BARDZIEJ NIEKORZYSTNYCH OBCIĄŻEŃ

OBLICZENIA STATYCZNE - parcie gruntu + parcie wody gruntu.

dane obliczeniowe : $H_g := 5.50 \cdot \text{m}$ - wys. zalegania gruntu

parcie gruntu

- kąt tarcia wewnętrznego $\theta := 30.0 \cdot \text{deg}$

$$k := \tan\left(45 \cdot \text{deg} - \frac{\theta}{2}\right)^2 \quad k = 0.3333$$

- ciężar gruntu $\gamma := 22.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

obciążenie charakterystyczne

$$Q_{cha1} := (\gamma \cdot H_g \cdot k) \quad Q_{cha1} = 40.333 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

obciążenie obliczeniowe

$$Q_{oa1} := (\gamma \cdot H_g \cdot k) \cdot 1.1 \quad Q_{oa1} = 44.367 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

dane obliczeniowe

$$q := 10 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad H_w := 3.80 \cdot \text{m} \cdot 1.05 \quad H_w = 3.99 \text{ m} \quad - \text{ wys. wody gruntowej}$$

obciążenie charakterystyczne

$$Q_{cha2} := q \cdot H_w \quad Q_{cha2} = 39.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

obciążenie obliczeniowe

$$Q_{oa2} := q \cdot H_w \cdot 1.1 \quad Q_{oa2} = 43.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Razem:

obciążenie charakterystyczne

$$Q_{cha_g} := Q_{cha1} + Q_{cha2} \quad Q_{cha_g} = 80.233 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

obciążenie obliczeniowe

$$Q_{oa_g} := Q_{oa1} + Q_{oa2} \quad Q_{oa_g} = 88.257 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

OBLICZENIA STATYCZNE - parcie ścieków

dane obliczeniowe

$$q := 10 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad H_s := 4.5 \cdot \text{m} \cdot 1.05 \quad H_s = 4.725 \text{ m}$$

obciążenie charakterystyczne poziom awaryjny

$$Q_{cha_s} := q \cdot H_s \quad Q_{cha_s} = 47.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

obciążenie obliczeniowe poziom awaryjny

mom. obl.:

$$x_4 := \frac{|M_{xp2_{oa}}| \cdot \frac{lx}{2}}{|M_{xp2_{oa}}| + |M_{x1_{oa}}|}$$

$$M_{xp2_{oa1}} := \frac{M_{xp2_{oa}} \cdot (x_4 - a)}{x_4}$$

$$x_4 = 2.186 \text{ m}$$

$$M_{xp2_{oa1}} = -75.308 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

MOMENT Mxp2 NA WYSOKOŚCI

$$a := 1.7 \text{ m} \quad \text{OD DNA}$$

mom. char.:

$$x_3 := \frac{|M_{xp2_{cha}}| \cdot \frac{lx}{2}}{|M_{xp2_{cha}}| + |M_{x1_{cha}}|}$$

$$M_{xp2_{cha2}} := \frac{M_{xp2_{cha}} \cdot (x_3 - a)}{x_3}$$

$$x_3 = 2.186 \text{ m}$$

$$M_{xp2_{cha2}} = -20.992 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

mom. obl.:

$$x_4 := \frac{|M_{xp2_{oa}}| \cdot \frac{lx}{2}}{|M_{xp2_{oa}}| + |M_{x1_{oa}}|}$$

$$M_{xp2_{oa2}} := \frac{M_{xp2_{oa}} \cdot (x_4 - a)}{x_4}$$

$$x_4 = 2.186 \text{ m}$$

$$M_{xp2_{oa2}} = -23.092 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

ZBROJENIE PRZEKROJÓW

Dane obliczeniowe

Beton B37 $f_{cd} := 20.0 \cdot \text{MPa}$ $f_{ctd} := 1.33 \cdot \text{MPa}$ $f_{ctk} := 2.0 \cdot \text{MPa}$ $E_{cm} := 33.0 \cdot \text{GPa}$

Stal AIIIIN $f_{yd} := 420 \cdot \text{MPa}$ $E_s := 200 \cdot \text{GPa}$ $\alpha := 0.85$

ŚCIANA "1" - PRZYJĘTO GRUBOŚĆ ŚCIANY RÓWNA 40 cm

zbrojenie pionowe

obciążenie obliczeniowe przy dnie

$$M_{k_d} := |M_{xp2_{cha}}| \quad M_{k_d} = 94.354 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad b := 1 \cdot \text{m} \quad h := 40 \cdot \text{cm}$$

$$M_{o_a} := |M_{xp2_{oa}}| \quad M_{o_a} = 103.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zbrojenie na zginanie

Przyjęto zbrojenie prętami $\phi := 16 \cdot \text{mm}$ $a := 5 \cdot \text{cm}$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 34.2 \text{ cm}$

$$S_c := \frac{M_{o_a}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.052 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.054 \quad \zeta := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \zeta = 0.973$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 7.425 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 5.13 \text{ cm}^2$$

przyjęto zbrojenie $\phi 16$ co 20 cm $A_s := 10.05 \cdot \text{cm}^2$ $A_{sc} := 10.05 \cdot \text{cm}^2$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$W_{fp} := \left[0.292 + \frac{1.5 \cdot n \cdot (A_s + 0.1 \cdot A_{sc})}{b \cdot h} \right] \cdot b \cdot h^2 \quad W_{fp} = 0.051 \text{ m}^3$$

spr. warunku

$$M_{fp} := W_{fp} \cdot f_{ctk} \quad M_{fp} = 97.96 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{k_d} = 20.992 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{zbrojenie poziome} \quad |M_{y_{po_{oa}}}| = 36.442 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad |M_{y_{pl_{oa}}}| = 77.958 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

obciążenie obliczeniowe na górze ściany, podporowe

$$M_{k_d} := |M_{y_{pl_{cha}}}| \quad M_{k_d} = 70.871 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad b := 1 \cdot \text{m} \quad h := 40 \cdot \text{cm}$$

$$M_{o_a} := |M_{y_{pl_{oa}}}| \quad M_{o_a} = 77.958 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zbrojenie na zginaniePrzyjęto zbrojenie prętami $\phi := 12 \cdot \text{mm}$ $a := 5 \cdot \text{cm}$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 34.4 \text{ cm}$

$$S_c := \frac{M_{o_a}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.039 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.04 \quad \xi := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \xi = 0.98$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 5.505 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 5.16 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto zbrojenie } \phi 12 \text{ co } 20 \text{ cm} \quad A_s := 5.65 \text{ cm}^2 \quad A_{sc} := 5.65 \text{ cm}^2$$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$W_{fp} := \left[0.292 + \frac{1.5 \cdot n \cdot (A_s + 0.1 \cdot A_{sc})}{b \cdot h} \right] \cdot b \cdot h^2 \quad W_{fp} = 0.049 \text{ m}^3$$

spr. warunku

$$M_{fp} := W_{fp} \cdot f_{ctk} \quad M_{fp} = 97.96 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{k_d} = 70.871 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{zbrojenie poziome} \quad |M_{y_{po_{oa}}}| = 31.031 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad |M_{y_{pl_{oa}}}| = 39.186 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

obciążenie obliczeniowe w stanie awaryjnym, przęsłowe:

$$M_{k_d} := |M_{y_{pl_{cha}}}| \quad M_{k_d} = 35.624 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad b := 1 \cdot \text{m} \quad h := 40 \cdot \text{cm}$$

$$M_{o_a} := |M_{y_{pl_{oa}}}| \quad M_{o_a} = 39.186 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zbrojenie na zginaniePrzyjęto zbrojenie prętami $\phi := 12 \cdot \text{mm}$ $a := 5 \cdot \text{cm}$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 34.4 \text{ cm}$

$$S_c := \frac{M_{o_a}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.019 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.02 \quad \xi := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \xi = 0.99$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 2.739 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 5.16 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto zbrojenie } \phi 12 \text{ co } 20 \text{ cm} \quad A_s := 5.65 \text{ cm}^2 \quad A_{sc} := 5.65 \text{ cm}^2$$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$x_3 = 2.488 \text{ m}$$

$$M_{xp2_{cha2}} = -70.954 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

mom. obl.:

$$x_4 := \frac{|M_{xp2_{oa}}| \cdot \frac{I_x}{2}}{|M_{xp2_{oa}}| + |M_{x1_{oa}}|}$$

$$M_{xp2_{oa2}} := \frac{M_{xp2_{oa}} \cdot (x_4 - a)}{x_4}$$

$$x_4 = 2.488 \text{ m}$$

$$M_{xp2_{oa2}} = -78.049 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

ZBROJENIE PRZEKROJÓW

ŚCIANA "2" - PRZYJĘTO GRUBOŚĆ ŚCIANY RÓWNA 40 cm + 40cm skos

zbrojenie pionowe

obciążenie obliczeniowe przy dnie

$$M_{k_d} := |M_{xp2_{cha}}| \quad M_{k_d} = 210.743 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad b := 1 \cdot \text{m} \quad h := 80 \cdot \text{cm}$$

$$M_{o_a} := |M_{xp2_{oa}}| \quad M_{o_a} = 231.817 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zbrojenie na zginanie

Przyjęto zbrojenie prętami $\phi := 16 \text{ mm}$ $a := 5 \cdot \text{cm}$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 74.2 \text{ cm}$

$$S_c := \frac{M_{o_a}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.025 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.025 \quad \xi := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \xi = 0.987$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 7.533 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 11.13 \text{ cm}^2$$

przyjęto zbrojenie $\phi 16$ co 20 cm $A_s := 10.05 \cdot \text{cm}^2$ $A_{sc} := 10.05 \cdot \text{cm}^2$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$w_{fp} := \left[0.292 + \frac{1.5 \cdot n \cdot (A_s + 0.1 \cdot A_{sc})}{b \cdot h} \right] \cdot b \cdot h^2 \quad w_{fp} = 0.195 \text{ m}^3$$

spr. warunku

$$M_{fp} := w_{fp} \cdot f_{ctk} \quad M_{fp} = 389.84 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{k_d} = 210.743 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

obciążenie obliczeniowe w stanie awaryjnym na wys. 1.3m:

$$M_{k_d} := |M_{xp2_{cha1}}| \quad M_{k_d} = 100.606 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad b := 1 \cdot \text{m} \quad h := 40 \cdot \text{cm}$$

$$M_{o_a} := |M_{xp2_{oa1}}| \quad M_{o_a} = 110.667 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zbrojenie na zginanie

Przyjęto zbrojenie prętami $\phi := 16 \text{ mm}$ $a := 5 \cdot \text{cm}$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 34.2 \text{ cm}$

$$S_c := \frac{M_{o_a}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.056 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.057 \quad \xi := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \xi = 0.971$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 7.932 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 5.13 \text{ cm}^2$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 3.057 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 5.16 \text{ cm}^2$$

przyjęto zbrojenie $\phi 12$ co 20 cm $A_s := 5.65 \cdot \text{cm}^2$ $A_{sc} := 5.65 \cdot \text{cm}^2$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$W_{fp} := \left[0.292 + \frac{1.5 \cdot n \cdot (A_s + 0.1 \cdot A_{sc})}{b \cdot h} \right] \cdot b \cdot h^2 \quad W_{fp} = 0.049 \text{ m}^3$$

spr. warunku

$$M_{fp} := W_{fp} \cdot f_{ctk} \quad M_{fp} = 97.96 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{k_d} = 39.713 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

zbrojenie poziome $|M_{y_{o_{oa}}}| = 69.731 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $|M_{y_{l_{oa}}}| = 43.021 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 obciążenie obliczeniowe w stanie awaryjnym, przesłowe:

$$M_{k_d} := |M_{y_{o_{cha}}}| \quad M_{k_d} = 63.391 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad b := 1 \cdot \text{m} \quad h := 40 \cdot \text{cm}$$

$$M_{o_a} := |M_{y_{o_{oa}}}| \quad M_{o_a} = 69.731 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zbrojenie na zginanie

Przyjęto zbrojenie prętami $\phi := 12 \cdot \text{mm}$ $a := 5 \cdot \text{cm}$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 34.4 \text{ cm}$

$$S_c := \frac{M_{o_a}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.035 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.035 \quad \zeta := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \zeta = 0.982$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 4.913 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 5.16 \text{ cm}^2$$

przyjęto zbrojenie $\phi 12$ co 20 cm $A_s := 5.65 \cdot \text{cm}^2$ $A_{sc} := 5.65 \cdot \text{cm}^2$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$W_{fp} := \left[0.292 + \frac{1.5 \cdot n \cdot (A_s + 0.1 \cdot A_{sc})}{b \cdot h} \right] \cdot b \cdot h^2 \quad W_{fp} = 0.049 \text{ m}^3$$

spr. warunku

$$M_{fp} := W_{fp} \cdot f_{ctk} \quad M_{fp} = 97.96 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{k_d} = 63.391 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

ŚCIANA "3"

$$l_x := 5.60 \cdot \text{m} \quad y := 24.0 \cdot \text{m} \quad E := \frac{l_x}{l_y} \quad E = 0.233 \quad \text{ - płyta pracuje jako wspornik} \quad l_x := 5.50 \cdot \text{m}$$

MOMENTY OD OBC. CHARAKTERYST. NA POZ. AWARYJNYM

$$M_{xmax_{cha}} := \frac{Q_{cha} \cdot 0.5 \cdot l_x^2}{3} \quad M_{xmax_{cha}} = 404.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- NA WYSOKOŚCI $a := 1.5 \cdot \text{m}$ OD DNA $x := l_x - a$ $x = 4 \cdot \text{m}$

spr. warunku

$$M_{fp} := W_{fp} \cdot f_{ctk} \quad M_{fp} = 497.16 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{k_d} = 404.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

obciążenie obliczeniowe w stanie awaryjnym na wys. 1.5m:

$$M_{k_d} := |M_{x11}_{cha}| \quad M_{k_d} = 155.604 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad b := 1 \cdot \text{m} \quad h := 50 \cdot \text{cm}$$

$$M_{o_a} := |M_{x11}_{oa}| \quad M_{o_a} = 171.164 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zbrojenie na zginanie

Przyjęto zbrojenie prętami $\phi := 16 \cdot \text{mm}$ $a := 5 \cdot \text{cm}$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 44.2 \cdot \text{cm}$

$$S_c := \frac{M_{o_a}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.052 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.053 \quad \zeta := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \zeta = 0.974$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 9.471 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 6.63 \text{ cm}^2$$

przyjęto zbrojenie $\phi 16$ co 15 cm $A_s := 13.40 \cdot \text{cm}^2$ $A_{sc} := 13.40 \cdot \text{cm}^2$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$W_{fp} := \left[0.292 + \frac{1.5 \cdot n \cdot (A_s + 0.1 \cdot A_{sc})}{b \cdot h} \right] \cdot b \cdot h^2 \quad W_{fp} = 0.08 \text{ m}^3$$

spr. warunku

$$M_{fp} := W_{fp} \cdot f_{ctk} \quad M_{fp} = 159.4 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{k_d} = 155.604 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

obciążenie obliczeniowe w stanie awaryjnym na wys. 2.0m:

$$M_{k_d} := |M_{x16}_{cha}| \quad M_{k_d} = 104.243 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad b := 1 \cdot \text{m} \quad h := 50 \cdot \text{cm}$$

$$M_{o_a} := |M_{x16}_{oa}| \quad M_{o_a} = 114.667 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zbrojenie na zginanie

Przyjęto zbrojenie prętami $\phi := 12 \cdot \text{mm}$ $a := 5 \cdot \text{cm}$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 44.4 \cdot \text{cm}$

$$S_c := \frac{M_{o_a}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.034 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.035 \quad \zeta := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \zeta = 0.983$$

$$A_s := \frac{M_{o_a}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 6.258 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 6.66 \text{ cm}^2$$

przyjęto zbrojenie $\phi 12$ co 15 cm $A_s := 7.54 \cdot \text{cm}^2$ $A_{sc} := 7.54 \cdot \text{cm}^2$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$W_{fp} := \left[0.292 + \frac{1.5 \cdot n \cdot (A_s + 0.1 \cdot A_{sc})}{b \cdot h} \right] \cdot b \cdot h^2 \quad W_{fp} = 0.077 \text{ m}^3$$

- NA WYSOKOŚCI $a := 1.8 \cdot m$ OD DNA $x := lx - a$ $x = 3.6 \cdot m$

$$Mx16_{oa} := \frac{Q_{oa} \cdot 0.5 \cdot x^3}{3 \cdot lx}$$

$$Mx16_{oa} = 74.844 \text{ kN} \cdot m$$

- NA WYSOKOŚCI $a := \frac{lx}{2}$ OD DNA $x := lx - a$ $x = 2.7 \cdot m$

$$Mx_{oa} := \frac{Q_{oa} \cdot 0.5 \cdot x^3}{3 \cdot lx}$$

$$Mx_{oa} = 31.575 \text{ kN} \cdot m$$

ZBROJENIE PRZEKROJÓW

ŚCIANA "4" - PRZYJĘTO GRUBOŚĆ ŚCIANY RÓWNA 40 cm + skosy 40x140cm

zbrojenie pionowe

obciążenie obliczeniowe w stanie awaryjnym przy dnie

$$Mk_d := |Mx_{max_{cha}}| \quad Mk_d = 229.635 \text{ kN} \cdot m \quad b := 1 \cdot m \quad h := 80 \cdot cm$$

$$Mo_a := |Mx_{max_{oa}}| \quad Mo_a = 252.599 \text{ kN} \cdot m$$

Zbrojenie na zginanie

Przyjęto zbrojenie prętami $\phi := 16 \cdot mm$ $a := 5 \cdot cm$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 74.2 \cdot cm$

$$S_c := \frac{Mo_a}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.027 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.027 \quad \zeta := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \zeta = 0.986$$

$$A_s := \frac{Mo_a}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 8.218 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 11.13 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto zbrojenie } \phi 16 \text{ co } 20 \text{ cm} \quad A_s := 10.05 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{sc} := 10.05 \cdot \text{cm}^2$$

SPRAWDZENIE ZARYSOWANIA

$$n := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n = 6.061$$

$$W_{fp} := \left[0.292 + \frac{1.5 \cdot n \cdot (A_s + 0.1 \cdot A_{sc})}{b \cdot h} \right] \cdot b \cdot h^2 \quad W_{fp} = 0.195 \text{ m}^3$$

spr. warunku

$$M_{fp} := W_{fp} \cdot f_{ctk} \quad M_{fp} = 389.84 \text{ kN} \cdot m > Mk_d = 229.635 \text{ kN} \cdot m$$

obciążenie obliczeniowe w stanie awaryjnym na wys. 1.4m:

$$Mk_d := |Mx11_{cha}| \quad Mk_d = 93.333 \text{ kN} \cdot m \quad b := 1 \cdot m \quad h := 40 \cdot cm$$

$$Mo_a := |Mx11_{oa}| \quad Mo_a = 102.667 \text{ kN} \cdot m$$

Zbrojenie na zginanie

Przyjęto zbrojenie prętami $\phi := 16 \cdot mm$ $a := 5 \cdot cm$ $d := h - a - 0.5 \cdot \phi$ $d = 34.2 \cdot cm$

$$S_c := \frac{Mo_a}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \cdot \alpha} \quad S_c = 0.052 \quad \xi := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_c} \quad \xi = 0.053 \quad \zeta := 1 - \frac{\xi}{2} \quad \zeta = 0.973$$

$$A_s := \frac{Mo_a}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad A_s = 7.342 \text{ cm}^2 \quad A_{smin} := 0.15 \cdot \% \cdot b \cdot d \quad A_{smin} = 5.13 \text{ cm}^2$$

OBLICZENIE PŁYT DENNYCH

- Zebranie obciążeń

objętość zbiornika

$$Q_f := \left[\left[\begin{array}{l} [0.5 \cdot (25.0 \cdot 2 + 0.40 \cdot 2 \cdot 2)] + 0.4 \cdot (25.0 + 0.40 \cdot 2) + 0.4 \cdot (21.0 \cdot 2 + 0.40 \cdot 2 \cdot 2) \dots \\ + 0.4 \cdot (6.0 \cdot 4 \cdot 2) + 1.0 \cdot 1.0 \cdot 2 \\ + [0.4 \cdot 1.5 \cdot (25.2 + 21 \cdot 2)] + 0.4 \cdot 1.3 \cdot (12) + [1.2 \cdot 0.15 \cdot (25 \cdot 2)] + 0.15 \cdot 21 \cdot 15 \cdot (0.9 + 0.55) \end{array} \right] \cdot 1 \cdot m^3 \right]$$

$$Q_f = 493.696 \text{ m}^3$$

Ciężar zbiornika

$$Q_f := Q_f \cdot 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad Q_f = 12342.403 \text{ kN}$$

Pole powierzchni dennej :

$$P_d := 26.20 \cdot m \cdot 25.80 \cdot m$$

$$P_d = 675.96 \text{ m}^2$$

Obc. charakterystyczne

Obc. obliczeniowe

$$q_{l_{ch}} := \frac{Q_f}{P_d} \quad q_{l_{ch}} = 18.259 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{l_o} := q_{l_{ch}} \cdot 1.1 \quad q_{l_o} = 20.085 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ciężar przekrycia zbiornika i urządzeń dodatkowych :

$$C_{p_{ch}} := 1.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \gamma := 1.2 \quad C_{p_o} := C_{p_{ch}} \cdot \gamma$$

$$C_{p_o} = 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Obciążenie użytkowe :

$$C_{u_{ch}} := 2.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \gamma := 1.3 \quad C_{u_o} := C_{u_{ch}} \cdot \gamma$$

$$C_{u_o} = 2.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Wypór wody gruntowej :

$$\text{wys. słupa wody od dna} = h_{sw} := 3.8 \cdot m + 0.5 \cdot m$$

$$q := 10 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W \cdot w_{g_{ch}} := q \cdot h_{sw} \quad \gamma := 1.1 \quad W \cdot w_{g_o} := W \cdot w_{g_{ch}} \cdot \gamma \quad W \cdot w_{g_o} = 47.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

RAZEM

Obc. charakterystyczne

Obc. obliczeniowe

$$q_{ch} := q_{l_{ch}} + C_{p_{ch}} + C_{u_{ch}} + W \cdot w_{g_{ch}}$$

$$q_o := q_{l_o} + C_{p_o} + C_{u_o} + W \cdot w_{g_o}$$

$$q_{ch} = 64.259 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_o = 71.185 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

ZBROJENIE PRZEKROJÓW

Dane obliczeniowe

Beton B37	$f_{cd} := 20.0 \cdot \text{MPa}$	$f_{ctd} := 1.33 \cdot \text{MPa}$	$f_{ctk} := 2.0 \cdot \text{MPa}$	$E_{cm} := 33.0 \cdot \text{GPa}$
Stal AIIIIN	$f_{yd} := 420 \cdot \text{MPa}$	$E_s := 200 \cdot \text{GPa}$	$\alpha := 0.85$	

Sprawdzenie zbiornika na wypłynięcie po zasypaniu gruntem

PRZYJĘTO MINIMALNĄ WYSOKOŚĆ GRUNTU ZASYPOWEGO $h_{g1} := 4.50 \cdot m$ $h_{g2} := 5.50 \cdot m$

$l_k := 25.80 \cdot m$ - 1-wszy wymiar zbiornika po zewnętrznym obrysie bez odsadzek
 $l_d := 26.20 \cdot m$ - 2-gi wymiar zbiornika po zewnętrznym obrysie bez odsadzek
 {w obrysie ścian}

$l_{d1} := 1.65 \cdot m$ - dodatkowy wysięg płyty dennej (odsadzki po obrysie zewnętrznym zbiornika)
 $g_{pd} := 0.5 \cdot m$ - grubość płyty dennej

- Obliczenie sił balastujących (utrzymujących) zbiornik

1. ściany betonowe zbiornika

objętość ścian zbiornika (nad płytą denną) + skosy

$$Q_f = 493.696 \text{ m}^3$$

Ciężar ścian zbiornika

$$Q_s := Q_f \cdot 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.9 \quad Q_s = 1110.816 \text{ t}$$

2. płyta denna zbiornika

Pole powierzchni płyty dennej:

$$P_d := (l_k + l_{d1} \cdot 2) \cdot (l_d + l_{d1}) \quad P_d = 810.435 \text{ m}^2$$

Ciężar płyty dennej zbiornika

$$Q_{pd} := \left[(P_d \cdot g_{pd}) \cdot 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right] \cdot 0.9 \quad Q_{pd} = 911.739 \text{ t}$$

3. ciężar gruntu balastującego nad odsadzkami

objętość gruntu utrzymującego (przy wysięgu odsadzki j. w. i wysokości gruntu j. w):

$$Q_g := h_{g1} \cdot l_{d1} \cdot (l_d + l_k + 2 \cdot l_{d1}) + h_{g2} \cdot l_{d1} \cdot (l_d) \quad Q_g = 648.367 \text{ m}^3$$

Ciężar gruntu utrzymującego.

$$Q_g := Q_g \cdot 18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.9 \quad Q_g = 1.05 \times 10^3 \text{ t}$$

Siła wyporu wody gruntowej: wys. średnia słupa wody od dna $h_{sw} := 3.50 \cdot m + g_{pd}$
 {objętość zbiornika (razem z
 wewnętrzną przestrzenią powietrzną)
 do wysokości wody gruntu} x ciężar wody $h_{sw} = 4 \text{ m}$

Objętość wypierana:

$$Q_{wyp} := l_d \cdot l_k \cdot (h_{sw} - g_{pd}) + (l_d + l_{d1}) \cdot (l_k + l_{d1} \cdot 2) \cdot g_{pd} \quad Q_{wyp} = 2771.0775 \text{ m}^3$$

$$q := 10 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \text{- ciężar wody}$$