

Spis treści

1. Wstęp	2
2. Charakterystyka projektowanej inwestycji	2
3. Metodyka i zakres wykonanych badań	3
3.1 Prace wiertnicze	3
3.2 Badania hydrogeologiczne	5
3.3 Prace geodezyjne	10
3.4 Badania laboratoryjne	10
4. Charakterystyka terenu badań	10
5. Warunki geologiczne i hydrogeologiczne w rejonie osi zapory	11
6. Podsumowanie i wnioski	14

Wyniki badań laboratoryjnych

16 formularzy

Załączniki graficzne

Mapa pogładowa w skali 1:50 000	zał. nr 1
Mapa dokumentacyjna w skali 1:1000	zał. nr 2
Karty otworów geotechnicznych	zał. nr 3/1 – 3/14
Przekroje geotechniczne	zał. nr 4/1 – 4/8
Objaśnienia do kart otworów i przekroju	zał. nr 5
Tabela parametrów fizyczno-mechanicznych dla wydzielonych warstw geotechnicznych	zał. nr 6

Płyta CD

1. Wstęp

Opracowanie wykonano w Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu PROXIMA S.A. na zlecenie Biura Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska BIPROWODMEL Sp. z o. o. w Poznaniu, nr zlecenia 1/31/14/2015 z dnia 01.06.2015 r. Przedmiotem opracowania jest dokumentacja badań podłoża gruntowego. Ze względu na trudności z dostępem do niektórych działek rolniczych wykorzystanych pod uprawy, prace terenowe wykonano w dwóch etapach. Poniższe opracowanie stanowi drugi, końcowy etap badań. W dokumentacji ujęto wyniki z etapu I.

2. Charakterystyka projektowanej inwestycji

Suchy zbiornik retencyjny przewiduje zaprojektowano na potoku Wójtowianka od km 1+400 do km 1+700, w sąsiedztwie osiedla Sikornik, na terenie miasta Gliwice (pow. M.Gliwice, woj. śląskie). W rejonie zbiornika, kierunku południowo-wschodnim, planowana jest budowa obwodnicy drogowej i osiedli mieszkaniowych.

Zapora czołowa zbiornika zostanie wykonana w postaci nasypu ziemnego, skarpowego. Nachylenie skarpy odwodnej będzie wynosiło 1:2.5, skarpy odpowietrznej 1:2. Szerokość korony wyniesie 5.0 m. Przewidywana powierzchnia czaszy zbiornika wyniesie 7,69 ha przy nachyleniu skarp bocznych 1:5 i skarpy górnej zgodnie ze skłonem naturalnym. Projektowana jest wysokość zapory czołowej na rzędnej 230,0 m n.p.m. Maksymalny poziom piętrzenia wody w zbiorniku wyniesie 229,3 m n.p.m. Poziom dna zbiornika wyniesie 226,0 m n.p.m.

3. Metodyka i zakres wykonanych badań

Prace terenowe oraz roboty wiertniczne zrealizowano zgodnie z obowiązującymi normami i rozporządzeniami w tym Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych oraz normą PN-B-02479:1998. Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.

3.1 Prace wiertnicze

Prace wiertniczne wykonano w dniach 06.07.2015 r. – 17.07.2015 r. systemem mechaniczno-obrotowym, wiertnicą ŁBU-50 z zastosowaniem świrdrów spiralnych o średnicy 144 mm. Prace wiertnicze prowadzono pod stałym dozorem uprawnionego geologa.

W ramach dozoru wykonano:

- kontrolę prowadzonych wierceń,
- opis przewiercanych gruntów i skał na podstawie badań makroskopowych zgodnie z normą PN-88/B-04481, PN-86/B-02480 i PN-B-02481:1998,
- pomiar zwierciadła wody gruntowej zgodnie z normą PN-B-04452:2002,
- pobór i typowanie prób gruntów oraz wody do badań laboratoryjnych zgodnie z normą PN-B-04452:2002,
- kontrolę likwidacji otworów wiertniczych.

W pierwszym etapie wykonano 8 otworów badawczych (W1 – W8) w rejonie projektowanej zapory czołowej zbiornika retencyjnego. Głębokości otworów wynosiły od 5,0 m do 12,0 m. W drugim etapie wykonano 6 otworów badawczych (W9-W-14) w rejonie projektowanej czaszy zbiornika. Głębokości otworów wynosiły od 4,5 m do 5,0 m. Sumaryczna metraż obydwu etapów wyniósł 89,0 mb.

Zadaniem wierceń było określenie warunków gruntowo-wodnych w podłożu zapory. Otwory wykonane w etapie II stanowiły rozpoznanie gruntów pod kątem możliwości ich

wykorzystania do budowy korpusu zapory oraz określenie rodzaju gruntu w projektowanym dnie wykopu.

Zestawienie wykonanych wierceń, wraz z ich lokalizacją w układzie współrzędnych 2000 przedstawiono w tabelach 1 i 2 oraz na mapie dokumentacyjnej w skali 1:1000 – zał. 1.

Tabela 1. Zestawienie wykonanych otworów badawczych - etap I

Otwór	Współrzędne w układzie 2000		H	Głębokość
	X	Y		
W-1	6546229.46	5571637.18	227.90	12.00
W-2	6546246.62	5571618.09	227.80	11.50
W-3	6546244.83	5571644.12	226.75	7.00
W-4	6546257.22	5571629.05	226.83	7.00
W-5	6546261.90	5571565.96	230.50	7.00
W-6	6546198.03	5571693.67	231.60	6.00
W-7	6546243.92	5571522.79	232.70	5.00
W-8	6546128.69	5571701.75	234.80	5.00

Tabela 2. Zestawienie wykonanych otworów badawczych - etap II

Otwór	Współrzędne w układzie 2000		H	Głębokość
	X	Y		
W-9	6546113.78	5571562.41	229.95	5.00
W-10	6546112.89	5571516.08	230.20	5.00
W-11	6545961.79	5571482.42	232.15	4.50
W-12	6545949.50	5571432.52	230.60	4.50
W-13	6545832.65	5571347.91	233.05	5.00
W-14	6545830.43	5571390.38	232.20	4.50

3.2 Badania hydrogeologiczne

Wykonano analizy sitowe w ilości 4 sztuk dla 3 otworów. Na ich podstawie obliczono współczynniki filtracji badanych osadów oraz skorygowano terenowe opisy makroskopowe przewiercanych warstw. Zestawienia wyników analiz sitowych wraz z obliczonymi trzema metodami współczynnikami filtracji ujęto w tabeli 3.

Obliczenia wielkości współczynników filtracji wykonano, korzystając ze wzorów Krugera, tzw. amerykańskiego (USBSC) i tablic Beyera.

Wzór Krugera ma postać:

$$k = 322 \frac{n_p}{(1 - n_p)^2} d_e^2 \text{ [m/dobę]}$$

gdzie:

$$d_e = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{g_i}{d_i}}$$

n_p – porowatość (obliczono z gęstości właściwej i objętościowej),

N – liczba przedziałów obliczeniowych w próbce,

g_i – część całkowitej objętości próbki stanowiąca i-ty

przedział obliczeniowy,

d_i - przeciętna średnica ziarn i-tego przedziału obliczeniowego.

Wzór amerykański ma postać:

$$k = 0,0036 d_{20}^{2,3} \text{ [m/s]}$$

Tablice Beyera:

Postępując się wartością d_{10} I d_{60} bezpośrednio odczytano z tablicy wartość współczynników filtracji.

Większą przydatność i bardziej wiarygodne wyniki wykazuje w tym przypadku wzór Krugera uwzględniający porowatość gruntów, znajdujący zastosowanie w odniesieniu do gruntów piaszczystych a szczególnie do piasków średnich. Współczynniki filtracji określone na podstawie tablic Beyera dają jedynie wartości szacunkowe.

Tabela 3. Wyniki współczynników filtracji dla gruntów niespoistych

L.p.	Warstwa geotech.	Rodzaj gruntu	Wiek	Otwór	Głębokość	Zawartość frakcji				
						> 2.0 mm	2.0-0.5 mm	0.5-0.25 mm	0.25-0.05	< 0.05 mm
-	-	-	-	-	m	%				
1	Ih	Pd	fQh	W-1	1.8	2.8	15.3	30.2	44.2	7.5
2	II1	Ps	fgQp ³	W-1	2.5	0	12.7	73.1	12.5	1.7
3	I1	Pd	fgQp ³	W-2	3.0	3.4	15.1	29.9	44.9	6.7
4	II3	Ps	fgQp ³	W-3	4.0	0.2	9.8	49.3	37.3	3.4

L.p.	Średnice zastępcze					Wskaźnik niejednorod. uziarnienia U	Wsp. filtracji - k wg. Beyera	Wsp. filtracji - k wg. wzoru ameryk.	Wsp. filtracji - k wg. Krugera
	d ₁₀	d ₂₀	d ₃₀	d ₅₀	d ₆₀				
-	mm					-	m/d		
1	0.060	0.110	0.150	0.250	0.300	5.00	2.68	1.94	6.33
2	0.230	0.270	0.300	0.360	0.390	1.70	44.93	15.31	23.63
3	0.070	0.120	0.150	0.250	0.300	4.29	3.72	2.37	6.87
4	0.120	0.160	0.200	0.290	0.330	2.75	12.96	4.60	9.71

Dla określenia współczynników filtracji gruntów spoistych wykonano badania laboratoryjne w edometrze przy zmiennym gradiencie hydraulicznym (Tabela 4).

Tabela 4. Wyniki współczynników filtracji dla gruntów spoistych

Warstwa geotech.	Rodzaj gruntu	Wiek	Otwór	Głębokość	Wsp. filtracji k
-	-	-	-	m	m/d
A1	Gp+Ż	gQp ³	W-1	6.5	2.786×10^{-5}
B	Gπ	bQp ³	W-1	10.5	1.302×10^{-4}
A1	Gp+Ż	gQp ³	W-2	6.5	8.773×10^{-6}

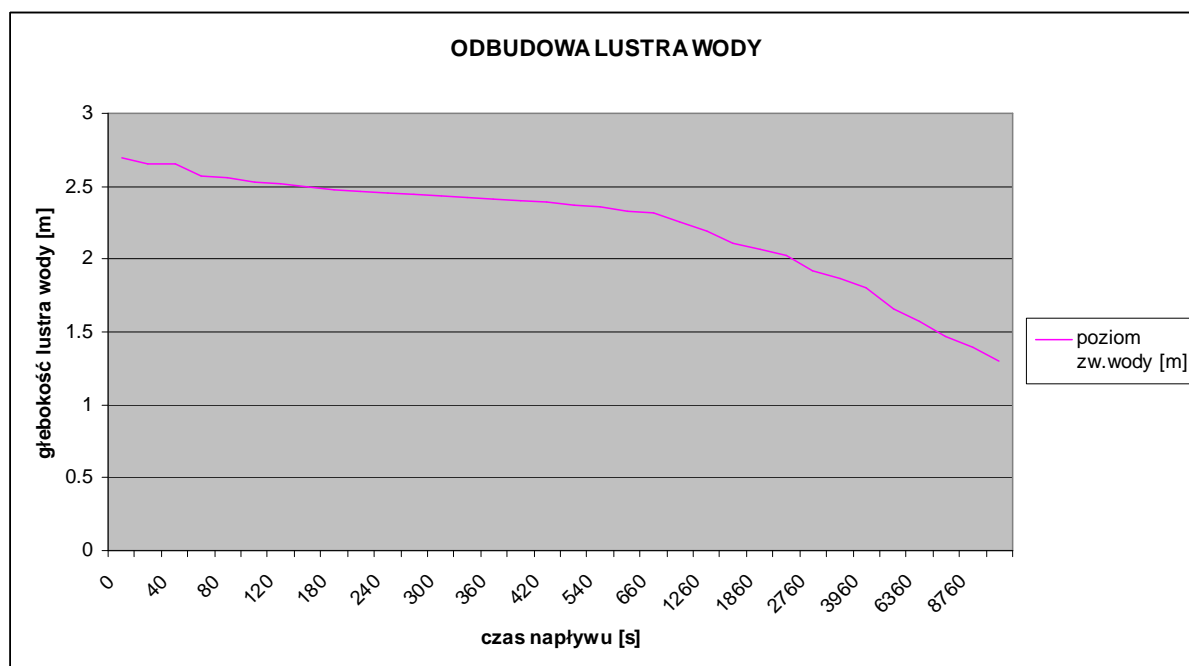
Przeprowadzono polowe badania wodoprzepuszczalności w obrębie piasków średnich w otworze W-3. Po odwierceniu otworu wprowadzono rury osłonowe o łącznej długości 4,5 m i średnicy 7,625 cala. Po ustaleniu zwierciadła wody obniżono je z poziomu 1.3 m do głębokości 2,7 m, po czym mierzono wielkość napływu w czasie (Tabela 5, Rysunek 1).

Tabela 5. Wyniki pomiarów zwierciadła wody w otworze W-3

czas [s]	poziom zw. wody [m]
0	2.7
20	2.65
40	2.65
60	2.57
80	2.56
100	2.53
120	2.52
150	2.5
180	2.48
210	2.47
240	2.45
270	2.44
300	2.43

Wójtowianka – Etap II

330	2.42
360	2.41
390	2.4
420	2.39
480	2.37
540	2.36
600	2.33
660	2.32
960	2.26
1260	2.19
1560	2.11
1860	2.07
2160	2.02
2760	1.92
3360	1.87
3960	1.8
5160	1.66
6360	1.57
7560	1.47
8760	1.39
9960	1.3



Rysunek 1. Odbudowa lustra wody w otworze W-3

Wskaźnik wodoprzepuszczalności jest zależnością objętości przepływającej wody [Q] przez określoną powierzchnię przekroju [A] w czasie [T]. Określono ze wzoru:

$$k_i = \frac{Q}{A \cdot T \cdot i} \text{ [m/s]}$$

gdzie:

Q – objętość przepływającej wody [m³],

A – powierzchnia przekroju [m²],

T – czas napływu [s],

i- spadek hydrauliczny [-].

W tabeli 6 przedstawiono wartość wskaźnika wodoprzepuszczalności. Wynik jest wartością zbliżoną do otrzymanego współczynnika filtracji wg. Krugera wynoszącego 9,71 m/d.

W otworze W-2 pobrano próbę wody, dla której oznaczono w laboratorium agresywność w stosunku do betonu. Woda wykazała agresywność klasy XA1 i jest to środowisko klasyfikowane jako mało agresywne w stosunku do betonu.

Tabela 6. Wskaźnik wodoprzepuszczalności w otworze W-3

Czas napływu T [s]	Spadek hydrauliczny i	Powierzchnia przekroju A [m ²]	Objętość przepływającej wody Q [m ³]	Wskaźnik wodoprze- uszczalności k_t [m/s]	Wskaźnik wodoprze- uszczalności k_t [m/d]
9960	1,4	0,5966	0,83524	0,000100402	8,67

3.3 Prace geodezyjne

Przed rozpoczęciem prac wiertniczych, zaprojektowane otwory zostały wytyczone w terenie przy użyciu aparatury GPS. Po zakończeniu wierceń otwory zostały zamierzone.

3.4 Badania laboratoryjne

Badania laboratoryjne przeprowadzono w Laboratorium Badań Chemicznych, Ochrony Środowiska, Mechaniki Gruntów, Kruszyw i Skał Przedsiębiorstwa Geologicznego we Wrocławiu PROXIMAS.A. Sprawozdania z wykonanych badań laboratoryjnych załączono na końcu opracowania.

4. Charakterystyka terenu badań

Teren objęty projektowaną budową suchego zbiornika retencyjnego wg podziału fizyczno-geograficznego Polski (J. Kondracki) należy do makroregionu Wyżyny Śląskiej, mezoregionu Wyżyny Katowickiej. Aktualnie jest to teren podzielony na działki będące własnością miasta Gliwice, które dzierżawi je okolicznym rolnikom oraz osobom prywatnym.

Wyżyna Katowicka zbudowana jest z węglonośnych skał karbońskich zalegających na głębokości 50,0 m p.p.t. pokrytych piaskami, iłami czerwonymi i pstrymi oraz piaskowcami triasowymi. Utwory triasowe pokrywają trzeciorzędowe iły od powierzchni przykryte czwartorzędowymi osadami glacialnymi, fluwioglacjalnymi i fluwialnymi.

Teren morfologicznie zróżnicowany. W rejonie Kanału Gliwickiego rzędne terenu wynoszą od 207 m n.p.m. do 270 m n.p.m. na wzgórzach w zachodniej północnej części Gliwic. Rejon projektowanego zbiornika znajduje się na wysokości poniżej 240 m n.p.m.

Teren inwestycji nie jest zlokalizowany na obszarach chronionych natury (Natura 2000, rezerваты, Parki Krajobrazowe itp.)

5. Warunki geologiczne i hydrogeologiczne w rejonie osi zapory

Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych, włącznie z makroskopową oceną próbek gruntów, opracowano dla badanego rejonu model geologiczny podłoża, wydzielając w nim warstwy geotechniczne tj. jednorodne pod względem genetycznym i litologicznym, strefy podłoża o podobnych właściwościach fizyczno-mechanicznych. Za podstawowe kryterium podziału przyjęto wielkość parametrów wiodących – stopnia plastyczności dla gruntów spoistych – I_L oraz stopnia zagęszczenia dla gruntów niespoistych – I_D . Dla gruntów niespoistych przyjęto oznaczenia wg klucza:

piaski drobne – I,

piaski średnie i piaski grube – II.

Indeks cyfrowy arabski umieszczony za symbolem głównym (np. I1, I2) oznacza różnicę w stopniu zagęszczenia – wyższy indeks to większe zagęszczenie. Dla gruntów niespoistych przyjęto symbolikę wg klas konsolidacji zamieszczonych w normie PN-81/B-03020. Warstwa typu A to grunty morenowe skonsolidowane. Warstwy typu B to grunty nie morenowe skonsolidowane, warstwy typu C to grunty młode nieskonsolidowane, symbol D zarezerwowano dla iłów bez względu na ich genetyczne pochodzenie. Indeksy arabskie

różnicują plastyczności - wyższy indeks to wyższa plastyczność. Symbolem h oznaczono grunty holoceny (mady).

W badanym podłożu wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

Nasypy

- warstwa N – nasyp niekontrolowany o charakterze gruntów spoistych – mieszanina glin pylastych z humusem

Podłoże rodzime

Czwartorzęd - holocen

- warstwa C1h – holoceny grunty spoiste w postaci glin, piasków gliniastych, glin piaszczystych i glin piaszczystych ze żwirem o stopniu plastyczności $I_L=0,15$, stan twardoplastyczny
- warstwa C2h – holoceny gliny piaszczyste przewarstwiane glinami pylastymi oraz piaski gliniaste o stopniu plastyczności $I_L=0,20$, stan twardoplastyczny
- warstwa C3h – holoceny gliny pylaste i gliny piaszczyste o stopniu plastyczności $I_L=0,50$, stan plastyczny (bliski miękoplastycznemu)
- warstwa Ih – holoceny piaski drobne na granicy piasków średnich o stopniu zagęszczenia $I_D=0,40$, stan średnio zagęszczony

Czwartorzęd – plejstocen

- warstwa II – wodnolodowcowe, zlodowacenia środkowopolskiego piaski drobne i piaski drobne przewarstwiane piaskami średnimi o stopniu zagęszczenia $I_D=0,45$, stan średnio zagęszczony

- warstwa I2 – wodnolodowcowe, zlodowacenia środkowopolskiego piaski drobne i piaski drobne na pograniczu piasków średnich o stopniu zagęszczenia $I_D=0,60$, stan średnio zagęszczony
- warstwa I3 – wodnolodowcowe, zlodowacenia środkowopolskiego piaski drobne przewarstwiane piaskami średnimi o stopniu zagęszczenia $I_D=0,70$, stan zagęszczony
- warstwa II1 – wodnolodowcowe, zlodowacenia środkowopolskiego piaski średnie, piaski grube i piaski grube ze żwirem o stopniu zagęszczenia $I_D=0,40$, stan średnio zagęszczony
- warstwa II2 – wodnolodowcowe, zlodowacenia środkowopolskiego piaski średnie, piaski grube ze żwirem o stopniu zagęszczenia $I_D=0,55$, stan średnio zagęszczony
- warstwa II3 – wodnolodowcowe, zlodowacenia środkowopolskiego piaski średnie ze żwirem, piaski średnie ze żwirem lekko zaglinione oraz piaski średnie przewarstwiane piaskami grubymi ze żwirem o stopniu zagęszczenia $I_D=0,70$, stan zagęszczony
- warstwa A1 – gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego w postaci glin piaszczystych ze żwirem o stopniu plastyczności $I_L=0,00$, stan półzwały
- warstwa A2 – gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego w postaci glin piaszczystych ze żwirem, piasków gliniastych, glin piaszczystych i glin pylastych o stopniu plastyczności $I_L=0,16$, stan twardoplastyczny
- warstwa B – grunty zastoiskowe w postaci pyłów przewarstwianych pyłami piaszczystymi, pyły, gliny pylaste oraz gliny piaszczyste o stopniu plastyczności $I_L=0,20$, stan twardoplastyczny
- warstwa B1 - grunty zastoiskowe w postaci glin piaszczystych, glin pylastych oraz pyłów o stopniu plastyczności $I_L=0,42$, stan plastyczny
- warstwa B2 – grunty zastoiskowe w postaci namulów piaszczystych i gliniastych o stopniu plastyczności $I_L=0,20$, stan twardoplastyczny oraz $I_L=0,60$, stan miękoplastyczny
- warstwa D – iły zastoiskowe o stopniu plastyczności $I_L=0,12$, stan twardoplastyczny

Budowę geologiczną w rejonie zapory czołowej zbiornika retencyjnego przedstawiono na 8 przekrojach geotechnicznych (zał. nr 4). W kierunku południowym od rzeki występują gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego (gQp3) w stanach półzwałowym i twardoplastycznym o miąższości powyżej 7 m (otwór W-5) . Ich wychodnie zlokalizowano

w części południowo-wschodniej badanego obszaru. Och strop zapada w kierunku południowo-zachodnim oraz północnym. W części północnej projektowanego zbiornika występują gliny pylaste w stanie twardoplastycznym i plastycznym, pokryte wodnolodowcowymi piaskami drobnymi i średnimi (fgQp3). W rejonie rzeki Wójtowianka zalegają wodnolodowcowe piaski różnej granulacji. Powyżej nich występują, holocenne osady rzeczne (fQh3) wykształcone w postaci różnego rodzaju glin o zmiennym stopniu plastyczności (I_L od 0.15 do 0.50).

W bezpośrednim sąsiedztwie ciek, wody podziemne występują jako zwierciadło napięte na głębokości od 1.1 do 2.6 m p.p.t. W kierunku północnym od rzeki w rejonie otworów W-8 i W-6 w piaskach drobnych woda przyjmuje charakter swobodnego zwierciadła wody utrzymując się na głębokości od 1.8 m do 4.1 m p.p.t.

Wykonana analiza chemiczna próbki wody podziemnej wykazała jej małą agresywność do betonu (zawartość agresywnego CO_2 - klasa agresywności XA1).

6. Podsumowanie i wnioski

- Podłoże przepuszczalne zbudowane z piasków średnich i grubych a na przyczółku piasków drobnych, stanowią bezpośrednią drogę filtracji dla wód podziemnych pod zaporą.
- Filtracja w utworach piaszczystych w przypadku przekroczenia gradientów dopuszczalnych może prowadzić do sufozji gruntów niespoistych a szczególnie piasków pylastych lub drobnych zalegających w otulinie. Zjawiska te stwarzają zagrożenie dla stateczności zapory.
- Przyczółki zbudowane są z różnych utworów, zarówno spoistych jak i piaszczystych. Może to powodować nierównomierne osiadanie i należy ten fakt uwzględnić przy projektowaniu zapory.
- Płytki poziom wód podziemnych spowoduje, że w trakcie wykonywania wykopu, po zdjęciu warstwy przypowierzchniowych mad, w wielu jego częściach nastąpi

przerwanie warstwy wodonośnej i nastąpi szybki dopływ wody do wykopu, co należy przewidzieć przy wykonywaniu prac ziemnych.

- Ogniwem najsłabszym pod zaporą będą spoiste grunty holocénskie tj. nieskonsolidowane i ściśliwe mady (warstwy geotechniczne C1h, C2h i C3h), leżące w dolinie rzeki. Grunty te należałoby wzmocnić choćby geosyntetykami.
- Ze względu na filtrację pod zaporą, należy doprowadzić do przesunięcia filtracji w głębsze podłoże (mogłaby to być kurtyna antyfiltracyjna zakotwiona około 6 m poniżej stopy zapory).
- Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. dla badanego podłoża ustala się złożone warunki gruntowe.