

**Budowa i przebudowa infrastruktury związanej z rozwojem funkcji gospodarczych  
na szlakach wodnych Wielkich Jezior Mazurskich  
wraz z budową śluzy „Guzianka II” i remontem śluzy „Guzianka I” /**

**Etap III - remont śluzy Guzianka I, remont śluzy i jazu w Karwiku, jazu w Kwiku,  
udrożnienie szlaku wodnego WJM poprzez prace hydrotechniczne przy kanałach  
i ich połączeniach z jeziorami, przebudowa i umocnienie 3 kanałów i rzeki Węgorapy,  
przebudowa nadbrzeża jezior Mikołajskie i Niegocin**

INWESTOR:

**PAŃSTWOWE GOSPODARSTWO WODNE WODY POLSKIE  
REGIONALNY ZARZĄD GOSPODARKI WODNEJ w WARSZAWIE**

PROJEKTANT:




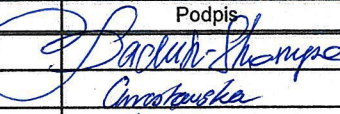
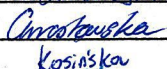




**ENERGOPROJEKT® - WARSZAWA SA**  
PROJEKTOWANIE DORADZTWO REALIZACJA

Umowa nr P-2739 / 255/RPI-WiM/18

**PRZEBUDOWA ZAPLECZA TECHNICZNEGO PGW WODY POLSKIE  
W MIKOŁAJKACH**

**poz. I.3. BADANIA GEOTECHNICZNE  
WARUNKÓW POSADOWIENIA BUDOWLI  
I PODŁOŻA GRUNTOWEGO**

Warszawa, październik 2018 r.

 <b>ENERGOPROJEKT®-WARSZAWA SA</b> PROJEKTOWANIE DORADZTWO REALIZACJA		Pracownia <b>PEW</b>		
		KOD węzła EPW <b>OP23</b>		
		KOD fazy <b>ZD</b>		
		strona <b>1</b>		
ul. Krucza 6/14, 00-950 Warszawa 1, skr. poczt. 184, tel. 22 621 02 81 e-mail: poczta@energoprojekt.pl				
Oznaczenia wg ENERGOPROJEKT-WARSZAWA SA		KOD Obiektu	IN	Mikołajki
Symbol Umowy <b>P-2739</b>		poz. <b>I.3.</b>	Nr arch.	<b>1 409 975_00</b>
Oznaczenia wg ZAMAWIAJĄCEGO				
Symbol Umowy <b>255/RPI-WiM/18</b>		poz. <b>-</b>	Nr arch.	
Nazwa obiektu	<b>Zaplecze techniczne PGW Wody Polskie w Mikołajkach</b>			
Faza	<b>DOKUMENTACJA DO UZGODNIEN</b>			
Tytuł projektu	<b>Budowa i przebudowa infrastruktury związanej z rozwojem funkcji gospodarczych na szlakach wodnych Wielkich Jezior Mazurskich wraz z budową śluzy „Guzianka II” i remontem śluzy „Guzianka I” / Etap III - remont śluzy Guzianka I, remont śluzy i jazu w Karwiku, jazu w Kwiku, udrożnienie szlaku wodnego WJM poprzez prace hydrotechniczne przy kanałach i ich połączeniach z jeziorami, przebudowa i umocnienie 3 kanałów i rzeki Węgorapy, przebudowa nadbrzeża jezior Mikołajskie i Niegocin. / Przebudowa zaplecza technicznego PGW Wody Polskie w Mikołajkach.</b>			
Tom	<b>BADANIA GEOTECHNICZNE WARUNKÓW POSADOWIENIA BUDOWLI I PODŁOŻA GRUNTOWEGO</b>			
Zeszyt	<b>-</b>			
Branża				
Nazwa i kody Wspólnego Słownika Zamówień (CPV)				
Nazwa Zamawiającego	<b>Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej Warszawa</b>			
Adres Zamawiającego	<b>ul. Zarzecz 13B, 03-194 Warszawa</b>			
Spis zawartości	str.	Wykazy uzgodnień, pozwoleń, opinii, oświadczeń, koordynacja str.		
Niżej podpisani autorzy projektu oświadczają, że niniejsza praca projektowa jest wykonana zgodnie z umową, obowiązującymi przepisami techniczno-budowlanymi oraz zasadami wiedzy technicznej i zostaje wykonana jako kompletna z punktu widzenia celu, któremu ma służyć.				
Funkcja	Imię, nazwisko	Nr uprawnień	Podpis	
Projektanci / Specjaliści	mgr inż. Joanna Bachusz-Skorupa	VII-1603		
	techn. Patrycja Chrostowska			
	mgr Paulina Kosińska			
Kierownik Projektu	mgr inż. Andrzej Kołodziejczyk	MAZ/0136/POOK/04		
Kier. Pracowni / Działu	mgr inż. Zbigniew Pawlak	St-281/88		
Generalny Projektant / Kierownik Projektu	mgr inż. Andrzej Sowiński	633/66/Ww		
<b>Warszawa                      Październik 2018 r.</b>				
PRAWA AUTORSKIE I WŁASNOŚCI PRZEMYSŁOWEJ PRAWEM CHRONIONE I REGULOWANE UMOWĄ Z ZAMAWIAJĄCYM				



PRZEDSIĘBIORSTWO GEOTECHNICZNO-KONSULTINGOWE

**GEOTECH<sup>®</sup>** Sp. z o.o.

85-383 BYDGOSZCZ

UL. KARTUSKA 15

NIP 554-030-81-06

REGON 008004517

KRS 0000226657

Nr pracy

**3057/2018**

Nr opracowania

**01**

## **Przebudowa zaplecza technicznego PGW Wody Polskie w Mikołajkach**

ZADANIE

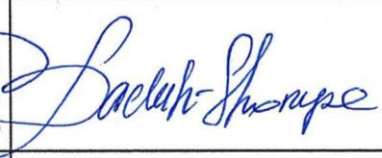


**Energoprojekt Warszawa S.A.  
ul. Krucza 6/14, 00-537 Warszawa**

ZAMAWIAJĄCY

TEMAT OPRACOWANIA

### **Geotechniczne warunki posadowienia**

- 1. Opinia geotechniczna**
- 2. Dokumentacja badań podłoża gruntowego**
- 3. Projekt geotechniczny**

Autorzy opracowania	Imię i nazwisko, numer uprawnień	Podpis
	mgr inż. Joanna Bachusz - Skorupa uprawnienia geologiczne XI-027/POM uprawnienia geologiczne XII-012/POM uprawnienia geologiczne VII-1603	
	techn. Patrycja Chrostowska	
	mgr Paulina Kosińska	

**BYDGOSZCZ, WRZESIEŃ 2018 ROK**

## SKŁAD OSOBOWY ZESPOŁU REALIZUJĄCEGO PRACĘ

Prace terenowe:	<b>Bartosz Cholewziński</b> <b>Mirosław Lewandowski</b>
Dokumentacja wynikowa:	<b>mgr inż. Joanna Bachusz-Skorupa</b> uprawnienia geologiczne VII-1603 uprawnienia geologiczne XI-027/POM uprawnienia geologiczne XII-012/POM <b>tech. Patrycja Chrostowska</b> <b>mgr Paulina Kosińska</b>
Badania laboratoryjne:	<b>Damiana Skorupska</b> <b>Filip Skorupski</b>

## SPIS TREŚCI

### do geotechnicznych warunków posadowienia

<b>SPIS TREŚCI.....</b>	<b>3</b>
<b>SPIS ZAŁĄCZNIKÓW.....</b>	<b>5</b>
<b>CZĘŚĆ OPISOWA .....</b>	<b>7</b>
<b>1. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA .....</b>	<b>7</b>
1.1. Podstawa opracowania.....	7
1.2. Przedmiot opracowania .....	7
1.3. Zakres i cel opracowania .....	7
<b>2. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ .....</b>	<b>8</b>
2.1. Położenie terenu badań.....	8
2.2. Fizjografia, morfologia, hydrografia.....	8
2.3. Budowa geologiczna .....	8
2.4. Warunki hydrogeologiczne.....	9
2.4.1. Dane ogólne .....	9
2.4.2. Charakterystyka jednostki hydrogeologicznej .....	10
2.4.3. Obserwacje występowania wód podziemnych .....	10
2.4.4. Warunki filtracji.....	10
<b>3. OPINIA GEOTECHNICZNA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Przydatność gruntów dla potrzeb budownictwa .....	11
3.2. Kategoria geotechniczna .....	12
3.3. Stopień skomplikowania warunków gruntowych .....	12
<b>4. DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO .....</b>	<b>13</b>
4.1. Zakres, metodyka, wyniki oraz interpretacja wykonanych polowych i laboratoryjnych badań gruntów .....	13
4.1.1. Prace terenowe (polowe) .....	13
4.1.1.1. Wiercenia geotechniczne .....	13
4.1.1.2. Sondowania dynamiczne .....	13
4.1.1.3. Sondowania obrotowe - FVT .....	14
4.1.1.4. Opróbowanie wyrobisk .....	15
4.1.2. Badania laboratoryjne .....	15
4.2. Model geologiczny podłoża gruntowego .....	16
4.2.1. Warunki geotechniczne w rejonie projektowanej inwestycji .	16
4.2.2. Charakterystyka wydzielonych warstw geotechnicznych wraz z danymi geotechnicznymi .....	16

## **5. PROJEKT GEOTECHNICZNY..... 18**

5.1. Prognoza zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie....	19
5.2. Określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych .....	20
5.2.1. Przyjęty system normatywny do obliczeń.....	20
5.2.2. Parametry wynikające z przyjętego systemu normatywnego	20
5.2.3. Parametry wg PN-EN 1997-1:2008 (Eurokod 7) .....	21
5.3. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa do obliczeń.....	22
5.4. Określenie oddziaływań od gruntu .....	22
5.5. Model obliczeniowy podłoża gruntowego, nośność i osiadania oraz ogólna stateczność .....	23
5.5.1. Model obliczeniowy podłoża gruntowego .....	23
5.5.2. Nośność i osiadanie .....	23
5.5.3. Ogólna stateczność .....	23
5.6. Ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania posadowienia .....	24
5.7. Specyfikacja badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót .....	24
5.7.1. Odbiory podłoża .....	24
5.7.2. Dobór materiałów na nasypy, podbudowy i zasypki.....	25
5.7.3. Kontrola zagęszczenia .....	26
5.8. Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych.....	27
5.9. Zakres niezbędnego monitorowania .....	27

## **6. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I ZALECENIA ..... 28**

## **7. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI ..... 29**

7.1. Przepisy prawne.....	29
7.2. Normy państwowe i branżowe .....	30
7.3. Mapy.....	31
7.4. Objasnienia .....	31
7.5. Literatura.....	32

## **SPIS ZAŁĄCZNIKÓW**

### **do geotechnicznych warunków posadowienia**

- Z1. *Mapy orientacyjne.*  
Z1/1 Mapa przeglądowa. Skala 1:250 000.  
Z1/2 Mapa topograficzna. Skala 1:50 000.
- Z2. Mapa dokumentacyjna. Skala 1:500.
- Z3/1 objaśnienia znaków i symboli.
- Z3/2 Legenda do metryk i przekrojów.
- Z4. Przekroje geotechniczne.  
Z4/1 Przekrój geotechniczny I-I. Skala 1:100/250.  
Z4/2 Przekrój geotechniczny II-II. Skala 1:100/250.
- Z5. Zestawienie wyników badań terenowych.  
Z5/1.1÷4 Metryki otworów wiertniczych.  
Z5/2.1÷2 Metryki sondowań dynamicznych.  
Z5/3.1÷5 Metryki sondowań obrotowych FVT.
- Z6/1÷3 Wyniki badania gruntów organicznych.



## **CZĘŚĆ OPISOWA**

### **do geotechnicznych warunków posadowienia**

## **1. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA**

### **1.1. Podstawa opracowania**

Opracowanie wykonano na podstawie zlecenia zawartego pomiędzy firmą Energoprojekt Warszawa S.A. (00-537 Warszawa, ul. Krucza 6/14) a Przedsiębiorstwem Geotechniczno - Konsultingowym GEOTECH® Sp. z o.o. (85-383 Bydgoszcz, ul. Kartuska 15) pod numerem 3057/2018.

### **1.2. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest ustalenie geotechnicznych warunków posadowienia na potrzeby przebudowy zaplecza technicznego PGW Wody Polskie w Mikołajkach.

### **1.3. Zakres i cel opracowania**

Opracowanie swoim zakresem obejmuje:

- opinię geotechniczną,
- dokumentację badań podłoża gruntowego.

Celem opinii geotechnicznej jest ustalenie przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa oraz wskazanie sugerowanej kategorii geotechnicznej.

Celem dokumentacji badań podłoża gruntowego jest rozpoznanie budowy geologicznej i występujących w podłożu warunków hydrologicznych, cech fizycznych i mechanicznych gruntów oraz innych własności gruntów, które mogą mieć wpływ na warunki wykonania zamierzonej inwestycji.

W szczególności celem badań było:

- rozpoznanie budowy geologicznej z uwzględnieniem litologii i miąższości poszczególnych warstw,
- określenie warunków hydrogeologicznych,
- określenie cech fizycznych i mechanicznych gruntów podłoża.

## 2. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

### 2.1. Położenie terenu badań

Dokumentowany obszar badań zlokalizowany jest w miejscowości Mikołajki w powiecie mrągowskim w województwie warmińsko – mazurskim.

Orientacyjną lokalizację omawianego terenu badań przedstawiono na mapie przeglądowej oraz na mapie topograficznej w załącznikach nr Z1.

### 2.2. Fizjografia, morfologia, hydrografia

Pod względem fizycznogeograficznym dokumentowany teren położony jest w centralnej części makroregionu Pojezierze Mazurskie (842.8), który należy do podprowincji Pojezierze Wschodniobałtyckie (842), będącej częścią prowincji Niż Wschodniobałtycko – Białoruski (84) [24].

Pojezierze Mazurskie (842.8) obejmuje ciągi moren czołowych trzech głównych faz zlodowacenia bałtyckiego (jęzor mazurski). Rzeźba jest bardzo urozmaicona; łańcuchy wzgórz morenowych (kulminacja na Wzgórzach Szeskich, 309 m n.p.m.), zagłębienia bezodpływowe, kemy, ozy, w południowej części pola sandrowe. Występują liczne jeziora, które zajmują ok. 7% powierzchni tego pojezierza, m.in. 2 największe w Polsce – Śniardwy i Mamry oraz Niegocin, Nidzkie, Roś i Tały.

Pod względem hydrograficznym rozpatrywany teren leży w dorzeczu rzeki Wisły (2) w zlewni Jeziora Tały i Jeziora Ryńskiego [20].

### 2.3. Budowa geologiczna

Na podstawie przeprowadzonych badań, literatury geologicznej [28] oraz mapy geologicznej [21] stwierdzono, że podłoże gruntowe w zakresie głębokości wykonanych wierceń zbudowane jest wyłącznie z utworów czwartorzędowych pokrywających badany teren ciągłą warstwą. Czwartorzęd (Q)

reprezentowany jest przez utwory plejstocenu i holocenu [21,28].

Do grupy plejstocenu włączono piaski i żwiry wodnolodowcowe ( $^{fg}_{pż}Q^{B3}_{p4}$ ) gliny zwałowe ( $^{gzw}_gQ^{B3}_{p4}$ ) oraz piaski zwietrzelinowe ( $^z_pQ$ ). Piaski i żwiry wodnolodowcowe są to piaski różnoziarniste z dużą ilością żwirów o miąższości dochodzącej do 10,0 m. Gliny zwałowe budują znaczną część powierzchni morenowej wysoczyzny polodowcowej. Zawierają one liczne żwiry i głazy. Miąższość rzadko przekracza 10,0 m. Piaski zwietrzelinowe ( $^z_pQ$ ) – rezydwa glin zwałowych o grubości do 1 m bądź bardziej miąższe [28].

Gliny zwałowe nawiercono we wszystkich wykonanych otworach wiertniczych. Piaski wodnolodowcowe na znacznych głębokościach nawiercono w otworach numer 1 i 2.

Holocen reprezentują piaski, żwiry i mułki jeziorne ( $^{li}_pQ_h$ ), gytie ( $^{gy}_pQ_h$ ), namuły ( $^n_pQ_h$ ) oraz torfy ( $^t_pQ_h$ ). Osady te występują w rejonie jezior i osiągają różne miąższości w zależności od rejonu [28].

Grunty organiczne nawiercono przypowierzchniowo (do maksymalnie 4,8 m p.p.t.) we wszystkich wykonanych otworach wiertniczych. W obrębie gruntów organicznych nawiercono soczewki piasków.

Wzajemne położenie poszczególnych warstw przedstawiono na przekrojach geotechnicznych, które zamieszczono jako załącznik nr Z4.

## 2.4. Warunki hydrogeologiczne

### 2.4.1. Dane ogólne

Badany teren położony jest na obszarze Regionu Mazursko – Podlaskiej (II).

W regionie Mazursko – Podlaskim główny użytkowy poziom występuje w utworach czwartorzędu. Użytkowe znaczenie mają wody związane z piaszczystymi utworami zlodowaceń północnopolskich. Piętro wodonośne reprezentowane jest przez cztery główne poziomy wodonośne, niekiedy rozdzielone na warstwy.

### 2.4.2. Charakterystyka jednostki hydrogeologicznej

Przedmiotowy obszar na podstawie dostępnych danych [25] zlokalizowany jest na terenie jednostki hydrogeologicznej 3bQI, natomiast na podstawie [19] w rejonie jednostki 1p, ż/ wm zn (s) nG/Q.

Jest to obszar charakteryzujący się izolacją słabą. Utworami pierwszego poziomu wodonośnego są piaski różnoziarniste i żwiry – czwartorzędowe, występujące na głębokości 25-40 m. Miąższość warstwy wodonośnej nie przekracza dwudziestu kilku metrów. Pierwszy poziom jest jednocześnie głównym użytkowym poziomem wodonośnym. Zasoby dyspozycyjne jednostkowe na rozpatrywanym obszarze są mniejsze od  $100 \text{ m}^3/24\text{h}\cdot\text{km}^2$ . Średnia przewodność w obrębie jednostki wynosi  $282 \text{ m}^2/24\text{h}$ . Moduł zasobów odnawialnych oszacowano na  $140 \text{ m}^3/24\text{h}\cdot\text{km}^2$  a zasobów dyspozycyjnych na  $90 \text{ m}^3/24\text{h}\cdot\text{km}^2$  [29].

Hydroizohipsy głównego użytkowego poziomu wodonośnego oscylują w granicach rzędnych  $120\div 125 \text{ m n.p.m.}$  Jakość wód w tym rejonie jest średnia, woda wymaga uzdatniania.

### 2.4.3. Obserwacje występowania wód podziemnych

W rejonie wykonanych otworów wiertniczych nawiercono zarówno wodę o zwierciadle swobodnym (otwór numer 2 na głębokości 1,6 m p.p.t. – rzędna 115,3 m n.p.m.) oraz o zwierciadle napiętym – wodę nawiercono na głębokości  $1,6\div 9,5 \text{ m p.p.t.}$  (rzędna  $108,2\div 114,4 \text{ m n.p.m.}$ ), stabilizacja nastąpiła na głębokości  $1,0\div 2,5 \text{ m p.p.t.}$  (rzędna  $114,0\div 114,9 \text{ m n.p.m.}$ ).

### 2.4.4. Warunki filtracji

Szczególnie zróżnicowane wartości współczynnika filtracji wykazują grunty nasypowe. Występujące w podłożu nasypy są gruntami o bardzo zróżnicowanych właściwościach filtracyjnych wynikających z ich zróżnicowanego składu mechanicznego. Nasypy zbudowane przeważnie z gruntów niespoistych wykazują właściwości filtracyjne zbliżone do gruntów sypkich je budujących. Wartość współczynnika filtracji dla nasypów

zawierają się w szerokim przedziale od  $k_{10}=0,009$  m/d do  $k_{10}=40$  m/d [35].

Grunty organiczne również wykazują bardzo zmienne wartości współczynnika filtracji zawierające się w przedziale od 0,0001 m/d do 40 m/d. Przepuszczalność podłoża organicznego uzależniona jest od rodzaju i frakcjonowania części mineralnych. W miarę wzrostu stopnia rozkładu oraz dużej zawartości frakcji ilastych oraz pylastych, współczynniki filtracji gruntów organicznych maleją, osiągając przy bardzo wysokim stopniu rozłożenia wartości i bardzo dużej zawartości części organicznych skrajnie niskie wartości [35].

Przepuszczalność glin piaszczystych i piasków gliniastych jest bardzo zmienna i zależna od zawartości i uziarnienia frakcji piaszczystej. Orientacyjne wartości współczynnika wodoprzepuszczalności dla glin piaszczystych wynoszą od 0,005 m/d do 0,34 m/d, natomiast dla piasków gliniastych od 0,009 m/d do 2 m/d [35].

Przepuszczalność gruntów niespoistych uzależniona jest od ich uziarnienia. Dla piasków drobnych wynosi od 2 m/d do 8 m/d natomiast dla piasków średnich od 8 m/d do 25 m/d [35].

### 3. OPINIA GEOTECHNICZNA

W przypadku wszystkich kategorii geotechnicznych opracowuje się opinię geotechniczną. Opinia geotechniczna powinna ustalać przydatność gruntów na potrzeby budownictwa oraz wskazywać kategorię geotechniczną obiektu budowlanego [4].

#### 3.1. Przydatność gruntów dla potrzeb budownictwa

Z przeprowadzonych badań wynika, że przypowierzchniową warstwę podłoża stanowią nasypy dochodzące do głębokości 1,6 m. Poniżej do głębokości 2,8÷4,8 m w podłożu nawiercono grunty słabonośne (namuły, torfy i gytie z lokalnymi soczewkami piasków).

Grunty nośne nawiercono na głębokości od 2,8÷4,8 m p.p.t. i reprezentowane są przez grunty spoiste w stanie twar-  
doplastycznym (piaski gliniaste i gliny piaszczyste) oraz śred-  
niozagęszczone piaski drobne, a w niższych partiach również  
średniozagęszczone piaski średnie.

Wodę podziemną nawiercono zarówno o zwierciadle  
swobodnym (otwór numer 2 na głębokości 1,6 m p.p.t. – rzed-  
ną 115,3 m n.p.m.) oraz o zwierciadle napiętym – wodę na-  
wiercono na głębokości 1,6÷9,5 m p.p.t. (rzędna 108,2÷114,4  
m n.p.m.), stabilizacja nastąpiła na głębokości 1,0÷2,5 m  
p.p.t. (rzędna 114,0÷114,9 m n.p.m.).

### **3.2. Kategoria geotechniczna**

Kategorię geotechniczną ustala się w opinii  
geotechnicznej w zależności od stopnia skomplikowania  
warunków gruntowych oraz konstrukcji obiektu budowlanego,  
charakteryzujących możliwości przenoszenia odkształceń i  
drgań, stopnia złożoności oddziaływań, stopnia zagrożenia  
życia i mienia awarią konstrukcji, jak również od wartości  
zabytkowej lub technicznej obiektu budowlanego i możliwości  
znaczącego oddziaływania tego obiektu na środowisko.  
Kategorię geotechniczną całego obiektu budowlanego lub jego  
poszczególnych części określa się na podstawie badań  
geotechnicznych gruntu.

Kategorię geotechniczną, wynikającą ze stopnia  
skomplikowania warunków gruntowo – wodnych określono  
generalnie według [4] na II.

Po stwierdzeniu innych od przyjętych w badaniach  
warunków geotechnicznych gruntu projektant obiektu  
budowlanego może zmienić kategorię geotechniczną [4, 16].

### **3.3. Stopień skomplikowania warunków gruntowych**

Na dokumentowanym obszarze generalnie stwierdzono  
występowanie złożonych warunków gruntowych zgodnie z [4].  
Istotnym czynnikiem klasyfikującym podłoże do tej kategorii  
jest występowanie gruntów organicznych (torfów, namułów i  
gytii) oraz stwierdzenie wysokiego poziomu wód gruntowych

(na głębokości 1,6 ÷ 1,8 m p.p.t. – woda swobodna oraz napięta).

Na przedmiotowym obszarze nie stwierdzono niekorzystnych zjawisk geologicznych.

## 4. DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Dokumentacja badań podłoża zawiera opis metodyki polowych i laboratoryjnych badań gruntów, ich wyniki i interpretację, model geologiczny oraz zestawienie wyprowadzonych wartości danych geotechnicznych dla każdej warstwy [4].

### 4.1. Zakres, metodyka, wyniki oraz interpretacja wykonanych polowych i laboratoryjnych badań gruntów

Zakres i lokalizacja wykonanych badań wynikał z wytycznych zlecającego wykonanie badań. Metodyka prowadzonych badań i ich interpretacja wynikały z norm technicznych.

#### 4.1.1. Prace terenowe (polowe)

Prace terenowe obejmowały wiercenia oraz pobranie próbek gruntu.

##### 4.1.1.1. Wiercenia geotechniczne

Z poziomu istniejącego terenu wykonano 4 otwory wiercnicze o głębokości 12,0 m (każdy). Łącznie wykonano metrażu 48,0 m. Wiercenia prowadzono zgodnie z metodyką zawartą w normie [11]. Wszystkie wiercenia otworów geotechnicznych prowadzono systemem mechaniczno – obrotowym. Otwory wiercnicze wykonywano o średnicy 4" i 6".

Lokalizacje wierceń przedstawiono na mapie dokumentacyjnej w załączniku nr Z2. Wyniki wierceń umieszczono na przekrojach geotechnicznych stanowiących załącznik nr Z4 oraz na kartach otworów geotechnicznych w załączniku Z5.

##### 4.1.1.2. Sondowania dynamiczne

Występujące w podłożu grunty poddano sondowaniu sondą dynamiczną DPSH. Sondowania dynamiczne prowadzono z powierzchni terenu, po

rozpoznaniu profilu litologicznego występujących gruntów. Wykonano 2 sondowania dynamiczne o głębokości do 12,0 m. Wyniki prowadzonych sondowań zinterpretowano dla występujących gruntów niespoistych. Interpretację sondowań przeprowadzono zgodnie z [11]. Badania prowadzono w odległości około 25 średnic otworu od wykonanego otworu wiertniczego. Pominięto interpretację uderzeń w zakresie głębokości krytycznej [11] co wpływa na korzyść bezpieczeństwa. W trakcie interpretacji wyników sondowań dynamicznych pominięto również zwiększenie liczby uderzeń sondy o 50 % w strefie oddziaływania wody podziemnej.

Łącznie wykonano 2 sondowania dynamicznych o łącznym metrażu 24,0 m. Wyniki sondowań przedstawiono na przekrojach geologiczno – inżynierskich oraz w załączniku Z5/2.

#### **4.1.1.3. Sondowania obrotowe - FVT**

Dla występujących w podłożu gruntów organicznych przeprowadzono badanie wytrzymałości na ścinanie. Badanie przeprowadzono przy użyciu sondy krzyżakowej, zgodnie z wymogami normy [11]. Wyniki badań, posłużyły przede wszystkim do wyznaczenia wytrzymałości na ścinanie bez odpływu. Wartości wytrzymałości na ścinanie bez odpływu określono dla gruntów organicznych i zamieszczono w legendzie stanowiącej załącznik Z3/2. Przy wyznaczaniu średnich wartości uwzględniono współczynnik poprawkowy uwzględniający tarcie żerdzi o grunt oraz współczynnik korekcyjny  $\mu$  zgodnie z zaleceniami normy [11].

Poniżej zestawiono otwory wiertnicze, w których przeprowadzono badanie ścinania wraz z podaniem głębokości ścięcia.

Lp.	Numer otworu	Głębokość ścięcia [m p.p.t.]	Rodzaj gruntu
1.	1	1,5	T
2.	3	1,5	Gy
3.	3	3,0	Nmp
4.	3	4,0	T
5.	3	4,5	Nmp

Wyniki ścięć zostały przedstawione w załączniku Z5/3.

#### 4.1.1.4. Opróbowanie wyrobisk

Podczas wykonywania otworów wiertniczych pobrano 29 szt. próbek gruntów, z czego 22 szt. próbek pobrano metodą B oraz 7 szt. próbek pobrano metodą C. Próbki gruntów pobierano z każdej makroskopowo różnej warstwy i nie rzadziej, niż co około 2 m. Wytypowane próbki przewieziono do laboratorium i ponownie poddano kontrolnym badaniom makroskopowym. W trakcie badań makroskopowych określano dla wszystkich gruntów ich rodzaj, barwę oraz stan wilgotności, a dla gruntów organicznych oraz mineralnych spoistych dodatkowo ich stan plastyczności.

Próbki pobrane metodą B odpowiadały klasie jakościowej 3, natomiast pobierane metodą C odpowiadały klasie jakościowej 5.

Miejsca pobrania próbek przedstawiono na przekrojach geotechnicznych w załączniku Z4 oraz na kartach otworów geotechnicznych w załączniku numer Z5.

#### 4.1.2. Badania laboratoryjne

Pobrane w terenie próbki gruntów poddano w laboratorium zakładowym kontrolnym badaniom makroskopowym. W trakcie badań makroskopowych oznaczano rodzaj gruntów, ich barwę a dla gruntów spoistych dodatkowo ich stan. Dla wytypowanych próbek gruntów przeprowadzono dalsze szczegółowe badania laboratoryjne, które obejmowały wykonanie wymienionych niżej oznaczeń cech fizycznych próbek gruntów.

Lp.	Rodzaj badania	Jednostka	Symbol	Wykonana liczba badań	Metodyka badania wg normy
1.	Badania makroskopowe	-	-	39	[10]
2.	Wilgotność	[%]	$w_n$	3	[10]
3.	Zawartość części organicznych (straty przy prażeniu)	[%]	$I_z$	3	[10]

Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły na określenie i uściślenie podstawowych cech fizycznych gruntów organicznych. Wyniki wykonanych badań zawartości części organicznych zestawiono w załączniku Z6.

## 4.2. Model geologiczny podłoża gruntowego

Na dwuwymiarowy model geologiczny podłoża gruntowego składają się przekroje geotechniczne stanowiące załącznik nr Z4 wraz z legendą przedstawioną w załączniku Z3/2.

### 4.2.1. Warunki geotechniczne w rejonie projektowanej inwestycji

Warunki geotechniczne występujące w podłożu gruntowym przedstawiono na przekrojach geotechnicznych stanowiących załącznik nr Z4.

Na dokumentowanym obszarze generalnie stwierdzono występowanie złożonych warunków gruntowych zgodnie z [4]. W podłożu gruntowym stwierdzono występowanie gruntów nasypowych, gruntów organicznych (torfów, namulów oraz gytii) oraz stwierdzono wysoki poziom wód gruntowych (woda nawiercona na głębokości  $1,6 \div 1,8$  m p.p.t. – zwierciadło swobodne oraz napięte).

### 4.2.2. Charakterystyka wydzielonych warstw geotechnicznych wraz z danymi geotechnicznymi

W celu dokładniejszej charakterystyki występujących warunków, w podłożu gruntowym dokonano wydzielenia warstw geotechnicznych. Podstawowym kryterium podziału na warstwy, była budowa geologiczna. Dalszy podział wynikał wyłącznie z geotechnicznych właściwości gruntów.

Zgodnie z normą [7] grunty budujące podłoża dokumentowanego terenu zaliczono do:

- nasypowych,
- organicznych nieskalistych,
- rodzimych mineralnych nieskalistych: spoistych i niespoistych.

Występujące w podłożu grunty ujęto w pięć warstw geotechnicznych, przy czym dla jednej z nich wydzielono podwarstwy. Cechy fizyczno - mechaniczne ustalono dla wyodrębnionych warstw na podstawie wykonanych badań terenowych oraz zależności korelacyjnych podanych w normach [6,7]. Współczynniki materiałowe  $\gamma_m$  parametrów wiodących w poszczególnych

warstwach obliczono metodami statystycznymi. W przypadku, gdy wyliczona wartość współczynnika była niewielka, zgodnie z zaleceniami normy [6], nie przyjmowano wartości bliższych jedności niż  $\gamma_m=1\pm0,10$ . Uogólnione wartości cech fizyczno - mechanicznych dla wydzielonych warstw geotechnicznych podano w załączniku nr Z3/2.

Grunty podłoża budowlanego ujęto w następujące warstwy geotechniczne.

**Warstwę I** - stanowią przypowierzchniowo występujące współczesne nasypy zbudowane przede wszystkim z gruntów niespoistych. W ich skład wchodzi piaski drobne, piaski średnie, piaski gliniaste, otoczaki oraz gleba próchnicza.

**Warstwę II** - stanowią holoceny utwory organiczne w postaci gleby próchniczej, namułu piaszczystego, torfu oraz gytii. Warstwa ta nie stanowi podłoża budowlanego. Grunty należące do tej warstwy cechuje bardzo duża zmienność właściwości cech fizycznych i mechanicznych wynikająca przede wszystkim ze zmiennej zawartości części organicznych. Są to grunty wątpliwe lub nienadające się do bezpośredniego posadowienia ze względu na zmienny skład, występowanie części organicznych, bardzo zmienne wartości parametrów geotechnicznych, małą nośność oraz dużą odkształcalność. W obrębie warstwy II wydzielono cztery podwarstwy:

**podwarstwę IIa** - obejmującą glebę próchniczą (humus), której szkielet mineralny zbudowany jest z piasków drobnych oraz piasków gliniastych.

**podwarstwę IIb** - obejmującą namuły piaszczyste z domieszkami kredy jeziornej oraz przewarstwieniami piasków drobnych. Wytrzymałość na ścinanie bez odpływu w warstwie wynosi  $\tau_v(s_u)=18,5$  [kPa] ( $\gamma_m=1\pm0,25$ ), natomiast straty przy prażeniu  $I_z=11,23$  [%] ( $\gamma_m=1\pm0,25$ ).

**podwarstwę IIc** - obejmującą torfy. Wytrzymałość na ścinanie bez odpływu w warstwie wynosi  $\tau_v(s_u)=21,0$  [kPa] ( $\gamma_m=1\pm0,25$ ), natomiast straty przy prażeniu  $I_z=39,62$  [%] ( $\gamma_m=1\pm0,25$ ).

**podwarstwę IIId** - obejmującą gytie. Wytrzymałość na ścinanie bez odpływu w warstwie wynosi  $\tau_v(s_u)=30,0$  [kPa] ( $\gamma_m=1\pm 0,25$ ), natomiast straty przy prażeniu  $I_z=5,09$  [%] ( $\gamma_m=1\pm 0,25$ ).

**Warstwę III** - podłoża gruntowego stanowią utwory reprezentowane przez piaski drobne z domieszkami namułu piaszczystego, piasku średniego i piasku gliniastego oraz przewarstwieniami piasku gliniastego. Grunty tej warstwy występują w stanie średniozagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,48$  ( $\gamma_m=1\pm 0,25$ ).

**Warstwę IV** - podłoża gruntowego stanowią plejstoceny utwory reprezentowane przez piaski średnie z domieszkami otoczków i piasków drobnych. Grunty tej warstwy występują w stanie średniozagęszczonym o średniej wartości stopnia zagęszczenia  $I_D=0,70$  ( $\gamma_m=1\pm 0,25$ ).

**Warstwę V** - stanowią plejstoceny utwory lodowcowe wykształcone w piasków gliniastych i glin piaszczystych z domieszkami otoczków oraz przewarstwieniami piasków drobnych. Dla utworów warstwy V przyjęto grupę konsolidacji geologicznej B [6]. Grunty tej warstwy charakteryzują się konsystencją plastyczną i występują w stanie twardoplastycznym o średniej wartości stopnia plastyczności  $I_L=0,12$  ( $\gamma_m=1\pm 0,25$ ).

Grunty tej warstwy są wrażliwe na zmiany wilgotności oraz naruszenie naturalnej struktury. Wzrost wilgotności lub naruszenie naturalnej struktury mogą prowadzić do zwiększenia plastyczności tych gruntów. Z tych względów grunty te należy bardzo starannie chronić przed rozmakaniem i przemarzaniem.

Wzajemne położenie poszczególnych warstw przedstawiono na przekrojach geotechnicznych, które zamieszczono jako załącznik nr Z4. Dane geotechniczne zawiera załącznik nr Z3/2.

## 5. PROJEKT GEOTECHNICZNY

Zgodnie z rozporządzeniem [4] projekt geotechniczny jest wykonywany w przypadku obiektów budowlanych drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej. Zawartość projektu geotech-

nicznego wyniku z wymagań rozporządzenia [4]. Projekt obejmuje przedstawienie:

- prognozy zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie,
- określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych,
- określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych,
- określenie oddziaływań od gruntu,
- przyjęcie modelu obliczeniowego podłoża gruntowego (projektowego przekroju geotechnicznego – w prostych przypadkach),
- określenie nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności,
- określenie danych niezbędnych do zaprojektowania posadowienia,
- specyfikacje badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych,
- określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt budowlany i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom,
- wytyczne prowadzenia monitoringu.

### **5.1. Prognoza zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie**

Jakiegokolwiek prace ziemne (budowlane) na analizowanym obszarze będą wiązały się z ingerencją w strukturę występujących gruntów rodzimych. Pod przypowierzchniowymi gruntami organicznymi w podłożu zalegają grunty spoiste. Grunty te są wrażliwe na zmiany wilgotności oraz naruszenie naturalnej struktury. Wzrost wilgotności lub naruszenie naturalnej struktury mogą prowadzić do zwiększenia plastyczności tych gruntów. Z tych względów grunty te należy bardzo starannie chronić przed rozmakaniem i przemarzaniem.

Wszelkie prace należy prowadzić starannie, aby w jak najmniejszym stopniu obniżyć parametry geotechniczne.

Należy również dołożyć wszelkich starań aby nie doszło do dodatkowego nawodnienia utworów zalegających w podłożu. Podczas prac projektowych powinno się przewidzieć odpowiednie odwodnienie terenu na czas prowadzonych robót.

Zabezpieczenie i prowadzenie jakichkolwiek prac powinno być prowadzone zgodnie z zatwierdzonym projektem budowlanym oraz obowiązującymi normami i przepisami prawa budowlanego.

## **5.2. Określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych**

### **5.2.1. Przyjęty system normatywny do obliczeń**

Ustawa o normalizacji dopuszcza całkowitą dowolność w stosowaniu systemów normatywnych.

Podłoże gruntowe zostało opisane przy założeniu, że do projektowania zostanie wykorzystana norma [6] a przy bardzo niekorzystnych warunkach gruntowych norma [7]. Powyższy system normatywny został uwzględniony przy tworzeniu modelu geologicznego podłoża gruntowego.

### **5.2.2. Parametry wynikające z przyjętego systemu normatywnego**

Własności fizyczno-mechaniczne występujących gruntów zawarte w dokumentacji zostały opisane z wykorzystaniem zasad zawartych w normach [6, 7]. W związku z tym podane wielkości można wprost wykorzystać do tworzenia parametrów geotechnicznych przyjmując:

- jako wartość charakterystyczną parametru geotechnicznego – wartość średnią,
- jako wartość obliczeniową parametru geotechnicznego – wartość charakterystyczną wymnożoną przez wartość współczynnika zmienności przy czym zależnie od rozpatrywanego zagadnienia, należy przyjmować najbardziej niekorzystną wartość tego współczynnika.

W przypadku, gdy wartość współczynnika zmienności ma wysoką wartość zaleca się jednak przyjmować jako wartość charakterystyczną, wartość bardziej niekorzystną, niż wartość średnią.

Należy zauważyć, że przedział zmienności danego wiodącego parametru geotechnicznego, wyznaczony współczynnikiem zmienności ma określone prawdopodobieństwo. Z uwagi na to, że uwzględnia się jedną wartość odchylenia standardowego, prawdopodobieństwo to wynosi około 68 %. Oznacza to, że około 32 % wyników może wykraczać poza przedział zmienności.

### 5.2.3. Parametry wg PN-EN 1997-1:2008 (Eurokod 7)

Norma Eurokod 7 [16, 17] zupełnie inaczej definiuje pojęcie parametru charakterystycznego – jako ostrożne oszacowanie wartości decydującej o wystąpieniu stanu granicznego. Parametr ten można oszacować wykorzystując metody statystyczne. Niniejsze opracowanie zawiera podstawowe charakterystyki statystyczne parametrów warstw – wartość średnią oraz odchylenie standardowe (zawarte we współczynniku zmienności), które umożliwiają oszacowanie parametrów charakterystycznych według wymagań Eurokodu 7. Przy wykorzystywaniu metod statystycznych, norma [17] zaleca wyznaczyć taką wartość charakterystyczną, żeby obliczone prawdopodobieństwo wystąpienia mniej korzystnej wartości, decydującej o powstaniu rozpatrywanego stanu granicznego, nie było większe niż 5 %.

Parametry zawarte w normach [6, 7] można traktować w pewnym przybliżeniu, jako ostrożne oszacowanie parametrów charakterystycznych.

Wartości obliczeniowe parametrów geotechnicznych wg [17] należy wyznaczać na podstawie wartości charakterystycznych, dzieląc je przez częściowe współczynniki bezpieczeństwa wynoszące zależnie od rozpatrywanego przypadku stanu granicznego:

- dla tangensa kąta tarcia wewnętrznego  $\gamma_{\phi}=1,0\div 1,25$ ,
- dla spójności efektywnej  $\gamma_{c'}=1,0\div 1,25$ ,
- dla ciężaru objętościowego  $\gamma_{\gamma}=1,0$ .

### 5.3. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa do obliczeń

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa do obliczeń statycznych (geotechnicznych) należy przyjmować zgodnie z wartościami podawanymi przez normy przedmiotowe wykorzystywane w projektowaniu [6, 7, 17].

Norma [6] przewiduje stosowanie następujących częściowych współczynników bezpieczeństwa:

- przy sprawdzaniu stanów granicznych nośności, obliczeniowy opór graniczny podłoża zmniejsza się współczynnikiem korekcyjnym  $m$  o wartości:
  - 0,9 – gdy stosuje się rozwiązania teorii granicznych stanów naprężeń (autorzy opracowania zalecają stosowanie współczynnika korekcyjnego o wartości 0,7,
  - 0,8 – gdy przyjmuje się kołowe linie poślizgu w gruncie (np. przy sprawdzaniu stateczności budowli na obrót),
  - 0,7 – gdy stosuje się inne, bardziej uproszczone metody obliczeń,
  - 0,8 – przy obliczaniu oporu na przesunięcie w poziomie posadowienia lub w podłożu gruntowym.

W związku z tym, że parametry geotechniczne zostały wyznaczone metodą B, podane wyżej współczynniki należy dodatkowo przemnożyć przez wartość 0,9. przy określaniu wartości obliczeniowych parametrów geotechnicznych dla potrzeb obliczeń według stanu granicznego nośności, należy stosować częściowe współczynniki bezpieczeństwa  $\gamma_m$ , podane w załączniku nr Z3/2.

Przy stosowaniu innych systemów normatywnych w projektowaniu, współczynniki bezpieczeństwa należy przyjąć zgodnie z tymi normami.

### 5.4. Określenie oddziaływań od gruntu

Charakter projektowanej inwestycji nie powoduje specjalnych oddziaływań od gruntu. Za oddziaływanie od gruntu można przyjąć ciężar gruntu, który zostanie wykorzystany do budowy nasypu. Będzie on stanowić obciążenie podłoża

gruntowego. Do obliczeń przyjęto ciężar gruntu wynoszący 22 kN/m<sup>3</sup> (z uwzględnieniem konstrukcji nawierzchni).

## 5.5. Model obliczeniowy podłoża gruntowego, nośność i osiadania oraz ogólna stateczność

### 5.5.1. Model obliczeniowy podłoża gruntowego

Model obliczeniowy podłoża gruntowego składa się z dwóch elementów:

- przekrojów geotechnicznych zamieszczonych w załączniku Z4,
- legendy do przekrojów z wartościami cech fizycznych i mechanicznych podłoża, zamieszczonych w załączniku nr Z3/2.

### 5.5.2. Nośność i osiadanie

Nośność podłoża gruntowego oraz osiadania należy ustalić w projekcie budowlanym na podstawie przeprowadzonych obliczeń statycznych posadowienia.

Do obliczeń posadowienia można wykorzystać wartości cech fizyczno-mechanicznych gruntów zawartych w załączniku nr Z3/2. Na niewielkich obszarach wartości parametrów mogą nieco odbiegać od podanych zgeneralizowanych wartości średnich. Obliczenia statyczne posadowienia bezpośredniego zaleca się wykonać według normy [6]. Wartości parametrów obliczeniowych ustalić przez pomnożenie wartości parametrów charakterystycznych z załącznika nr Z3/2 przez współczynnik materiałowy  $\gamma_m$ . Wartość współczynnika materiałowego należy przyjmować bardziej niekorzystną, zapewniającą większe bezpieczeństwo budowli. Przy obliczeniach statycznych posadowienia bezpośredniego zaleca się przyjąć wartość współczynnika korekcyjnego  $m=0,81$  zgodnie z postanowieniami normy [6]. Należy jednak rozważyć zasadność zmniejszenia i przyjęcie go według propozycji zawartej w pracy [38] ( $m=0,60\div0,80$ ).

### 5.5.3. Ogólna stateczność

Według [31] obszarem predysponowanym do występowania ruchów masowych jest obszar, w którym

obecność pewnych form rzeźby (osuwisk, pokryw stokowych, stożków usypiskowych lub piargowych) oraz ukształtowanie powierzchni terenu (nisze, krawędzie, progi, garby, wały, szczeliny) wskazują na rozwój takich procesów w przeszłości.

Z przeprowadzonej wizji terenu w bezpośrednim sąsiedztwie przebudowywanego zaplecza technicznego nie stwierdzono występowania takich obszarów. Ponadto dokumentowany teren badań znajduje się poza obszarami i terenami górniczymi. W związku z tym nie ma potrzeby sprawdzania stateczności ogólnej podłoża i związanych z nim budowli.

## **5.6. Ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania posadowienia**

Dane niezbędne do zaprojektowania posadowienia są dostępne. Stanowią je informacje o podłożu gruntowym zawarte w niniejszej dokumentacji.

Z drugiej strony wynikają z danych dotyczących oddziaływania na podłoże. Dane te zostaną ustalone w trakcie opracowywania projektu budowlanego.

## **5.7. Specyfikacja badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót**

### **5.7.1. Odbiory podłoża**

Realizacja poszczególnych prac budowlanych, związanych z wykonywaniem budowli w podłożu gruntowym, wiąże się z koniecznością przeprowadzenia stosownych odbiorów podłoża gruntowego. Przeprowadzone badania podłoża gruntowego mają charakter punktowy i charakteryzują się stosunkowo dużymi odległościami pomiędzy poszczególnymi otworami. Przedstawione uwarstwienie podłoża wynika z interpretacji wyników uzyskanych w poszczególnych punktach i może się różnić od warunków rzeczywistych. W przypadku braku innych ustaleń, odbiór podłoża można wykonać zgodnie z zasadami podanymi w odpowiednich normach przedmiotowych [16, 17]. Zaleca się, aby odbiór robót związanych z realizacją inwestycji odbył się przy udziale

projektantów odpowiednich branż oraz geologa. Nie jest to jednak wymóg obligatoryjny.

Rodzaj i stan gruntu powinien odpowiadać założeniom projektu budowlanego.

### 5.7.2. Dobór materiałów na nasypy, podbudowy i zasypki

W trakcie wykonywania robót ziemnych znajdzie konieczność wykonywania nasypów i podsyppek.

Generalnie zaleca się wykonywanie nasypów z gruntów niespoistych (piaszczysto-żwirowych).

Przyjmuje się, że grunty są dobrze uziarnione pod względem ich przydatności do zagęszczenia, gdy wartość wskaźnika jednorodności uziarnienia jest większa od 6 ( $C_u > 6$ ) (dla pospółek  $C_u > 4$ ), natomiast wskaźnik krzywizny jest większy od 1 ale mniejszy od 3 ( $1 < C_c < 3$ ) [23]. Przed wbudowaniem tych gruntów w nasyp, należy więc wykonać poletka próbne i ustalić sposób zagęszczenia (np. statyczny, wibracyjny) oraz niezbędną ilość przejazdów urządzenia zagęszczającego dla uzyskania oczekiwanych efektów zagęszczania.

Przy niskich wartościach wskaźników ( $3 < C_u < 6$ ;  $C_c > 1$ ), lecz wyższych od wskaźników, jakie wykazują grunty występujące na terenie przeprowadzonych badań, zagęszczenie jest możliwe, lecz w celu uzyskania wymaganych wysokich parametrów zagęszczania konieczne jest bardzo ściśle przestrzeganie wymogów technologicznych. Podstawowym warunkiem technologicznym skutecznego zagęszczania gruntów przeznaczonych na nasypy i zasypki, podsypki itp. jest ich wprowadzenie przy wilgotności optymalnej ( $w^{opt}$ ), uprzednio określonej w badaniach laboratoryjnych. Grunt o wskaźniku jednorodności uziarnienia  $C_u < 3$  w zasadzie nie powinien być używany do wykonania nasypów chyba, że badania na poletku doświadczalnym wykażą możliwość jego zagęszczenia. Do zagęszczania źle uziarnionych gruntów niespoistych konieczne jest używanie sprzętu wibracyjnego o stosunkowo wysokiej masie, przy czym sposób zagęszczenia (z wibracją lub bez oraz liczba przejazdów maszyny zagęszczającej) powinien być ustalano doświadczalnie na poletku próbnym. Proces zagęszczania źle uziarnionych gruntów powinien przebiegać przy stosunkowo niewielkiej grubości warstw. W przypadku, gdy zagęszczanie przy

wilgotności optymalnej ( $w^{opt}$ ) warstwami o niewielkiej miąższości nie da oczekiwanych rezultatów, konieczne będzie doziarnienie zagęszczanych gruntów tak odpowiednio dobranymi frakcjami lub innymi gruntami, aby spełniony został warunek  $C_u > 6$  oraz  $3 > C_c > 1$ . Przed przystąpieniem do realizacji prac należy przeprowadzić wstępne badania przydatności gruntu do zamierzonych robót, wybierając kruszywo najkorzystniejsze. Badania te powinny swoim zakresem obejmować, co najmniej wilgotność optymalną  $w^{opt}$ , maksymalny ciężar szkieletu gruntowego  $\gamma_d^{max}$ , uziarnienie (w tym wskaźnik jednorodności uziarnienia  $C_u$ , wskaźnik krzywizny  $C_c > 1$ ) oraz jednorodność gruntów. Wskazane jest, aby materiał stosowany do wbudowywania był w miarę możliwości jednorodny. Wskaźnik zagęszczenia  $I_s$  wylicza się bowiem w oparciu o uprzednio wyznaczoną wartość maksymalnego ciężaru szkieletu gruntowego  $\gamma_d^{max}$  ( $\gamma_d^{max}$  ma w pewnym sensie charakter stałej materiałowej). W przypadku zmiany rodzaju wbudowywanego gruntu lub jego dużej niejednorodności, wartość maksymalnego ciężaru szkieletu gruntowego  $\gamma_d^{max}$  musi być ponownie lub każdorazowo wyznaczana, co podraża koszty odbiorów.

### 5.7.3. Kontrola zagęszczenia

Podstawowym miarodajnym parametrem do odbioru zasypek, podsypek itp. nie jest stopień zagęszczenia  $I_D$ , lecz wskaźnik zagęszczenia  $I_s$ . Wartość stopnia zagęszczenia może jednak wynikać z założeń projektu budowlanego i w tym przypadku należy ją kontrolować. Odbiór zagęszczanego podłoża powinien odbywać się poszczególnymi warstwami. Do wykonania kolejnej warstwy powinno się przystąpić po dokonaniu odbioru warstwy poprzedniej. Ze względu na metodykę badań wartości wskaźnika zagęszczenia  $I_s$ , odbiory zagęszczenia podłoża mają charakter zanikający. W przypadku, gdy kontrola nie będzie się odbywać zagęszczanymi warstwami, lecz w sposób kompleksowy, wyznaczenie wartości wskaźników zagęszczenia  $I_s$  w przekroju pionowym jest możliwe, lecz niezwykle kosztowne, gdyż wymaga pobrania prób o nienaruszonej strukturze z poszczególnych głębokości. Do określania wartości wskaźnika zagęszczenia  $I_s$  nie zaleca się wykorzystywania sondowań dynamicznych podłoża, gdyż korelacje pomiędzy wartościami wskaźnika zagęszczenia  $I_s$  a stopniem zagęszczenia  $I_D$  są

niedokładne i mają charakter orientacyjny. Sondowania gruntu są natomiast bardzo przydatne do oceny jednorodności zagęszczenia podłoża w całym profilu pionowym. W przypadku braku kryteriów odbioru, można wykorzystać, zależnie od charakteru nasypu czy zasyпки, zalecenia podane w normach. Zastępczo, zamiast badania wskaźnika zagęszczenia  $I_s$ , można stosować oznaczanie dynamicznego modułu odkształcenia  $E_D$ . W przypadku, gdy projekt budowlany nie będzie określał wymaganej wartości dynamicznego modułu odkształcenia  $E_D$  lecz tylko wymagane wartości wskaźnika zagęszczenia  $I_s$ , dla każdego rodzaju gruntu należy opracować zależności korelacyjne pomiędzy wartościami  $E_D$  a  $I_s$ . Przy końcowym odbiorze robót ziemnych związanych z korpusem drogowym lub placami manewrowymi (poziom płaszczyzny robót ziemnych) należy posługiwać się wartościami pierwotnego i wtórnego modułu odkształcenia ( $E_1$  i  $E_2$ ) oraz wskaźnikiem odkształcenia ( $I_0$ ).

## 5.8. Określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych

Na rozpatrywanym obszarze wodę gruntową nawiercono na głębokościach od 1,6 do 8,0 m p.p.t. Stabilizacja wody następuje na głębokości 1,0÷2,5 m p.p.t.

Poziom wód nie jest jednak wielkością stałą i może się zmieniać w czasie.

Najprawdopodobniej w czasie robót budowlanych będzie należało teren odwodnić, jednak szczegółowe informacje na ten temat powinien zawierać projekt budowlany.

## 5.9. Zakres niezbędnego monitorowania

Na etapie realizacji w szczególności należy dokumentować i monitorować wszelkie czynniki mogące mieć wpływ na zmiany własności występujących gruntów, a w szczególności:

- warunki atmosferyczne (okresy występowania obniżonych temperatur oraz faktyczną głębokość przemarzania podłoża, okresy występowania roztopów wiosennych, okresy występowania opadów atmosferycznych i ich intensywność),

- zastosowane środki techniczne zabezpieczenia podłoża gruntowego przed przemarzaniem i rozmakaniem,
- ocena skuteczności zastosowanej ochrony technicznej przed przemarzaniem i rozmakaniem,
- skuteczność odwodnienia podłoża, mającego zapewnić spływ wód opadowych oraz roztopowych.

W przypadku, gdy ochrona przed przemarzaniem i rozmakaniem gruntów spoistych nie będzie skuteczna, należy przewidzieć środki przywracające stan podłoża do stanu pierwotnego (np. stabilizacja chemiczna spoiwami, wymiana gruntów, wzmocnienie geosyntetykami itp.).

Na etapie eksploatacji inwestycji monitoring sprawdza się do obserwacji wizualnych zachowania się podłoża budowli i podłoża gruntowego. Obserwacje należy prowadzić w terminach, zakresie i trybie zgodnymi z przepisami prawa budowlanego. W przypadkach stwierdzenia nieprawidłowych czy niepokojących zjawisk, należy opracować i wdrożyć indywidualny system monitoringu, dostosowany do wyników obserwacji.

## **6. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I ZALECENIA**

- 5.1 Analiza warunków gruntowych wykazała złożoną budowę podłoża gruntowego.
- 5.2 Przypowierzchniowo podłoże budują nasypy, które stwierdzono w trzech z czterech wywierconych otworach. Zalegają do maksymalnej głębokości 1,6 m p.p.t.
- 5.3 Pod nasypami stwierdzono utwory piaszczyste reprezentowane przez piaski różnoziarniste w stanie średniozagęszczonym.
- 5.4 Grunty spoiste reprezentowane przez piaski gliniaste i gliny piaszczyste w stanie twardoplastycznym stwierdzono we wszystkich otworach wiertniczych.
- 5.5 Grunty organiczne zalegają przypowierzchniowo, pod nasypami oraz między gruntami niespoistymi.

Występuję one o maksymalnej ci dochodzącej do 4,8 m i reprezentowane są przez namuły, torfy i gytie.

- 5.6 Woda podziemna występuje stosunkowo płytko. Wodę podziemną nawiercono zarówno o zwierciadle swobodnym (otwór numer 2 na głębokości 1,6 m p.p.t. – rzędną 115,3 m n.p.m.) oraz o zwierciadle napiętym – wodę nawiercono na głębokości 1,6÷9,5 m p.p.t. (rzędna 108,2÷114,4 m n.p.m.), stabilizacja nastąpiła na głębokości 1,0÷2,5 m p.p.t. (rzędna 114,0÷114,9 m n.p.m.)
- 5.7 Na przedmiotowym obszarze badań głębokość przemarzania wynosi 1,2 m [6].

## 7. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W DOKUMENTACJI

Przy sporządzaniu dokumentacji korzystano z niżej wymienionych przepisów prawnych, norm państwowych i branżowych, map geologicznych, sytuacyjnych i topograficznych a także literatury oraz materiałów archiwalnych:

### 7.1. Przepisy prawne

- [1]. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. 2015, poz. 329).
- [2]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 43, poz. 430 z późn. zm.).
- [3]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 63, poz. 735).
- [4]. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Go-

spodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 roku w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. 2012, poz. 463).

- [5]. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku – Prawo budowlane (Dz.U. z 2010 nr 243, poz. 1623, z późn.zm.)

## **7.2. Normy państwowe i branżowe**

- [6]. PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [7]. PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- [8]. PN-83/B-03010. Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [9]. PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia symbole podział i opis gruntów.
- [10]. PN-88/B-04481. Grunty budowlane. Badania próbek gruntów.
- [11]. PN-B 04452:2002. Geotechnika. Badania polowe.
- [12]. PN-B-02479:1998. Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
- [13]. PN-B-02481:1998 Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- [14]. PN-B-03264:2002. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone - Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [15]. PN-B-06050:1999. Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- [16]. PN-EN 1997-1 2008 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne Część 1. Zasady ogólne.
- [17]. PN-EN 1997-2 2008 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- [18]. PN-S-02205:1998. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.

### 7.3. Mapy

- [19]. Bielań R.: Pierwszy Poziom Wodonośny. Występowanie i Hydrodynamika. Skala 1:50 000. Arkusz Mikołajki (180). Państwowy Instytut Geologiczny. Państwowy Instytut Badawczy. Państwowa Służba hydrogeologiczna. Warszawa 2006 rok.
- [20]. Komputerowa mapa podziału hydrograficznego Polski. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa, wrzesień 2010 rok.
- [21]. Lisicki L.: Szczegółowa mapa geologiczna Polski. Plansza A. Skala 1:50 000. Arkusz Mikołajki (N-34-80-C). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1994 rok.
- [22]. Mapa głównych zbiorników wód podziemnych. Skala 1:500 000. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa 2003 rok.
- [23]. Mapa obszarów chronionych. Geoserwis GDOŚ. Dostęp: wrzesień 2018 r.
- [24]. Regionalizacja fizyczno - geograficzna Polski. Skala 1:1 500 000. Atlas Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Geodeta Kraju. Warszawa 1994 rok.
- [25]. Sokołowski A.: Mapa hydrogeologiczna Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Mikołajki (180). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2004 rok.
- [26]. Szyborska-Kaszyca J., Dusza-Dobek A.: Mapa geośrodowiskowa Polski. Plansza A. Skala 1:50 000. Arkusz Mikołajki (180). Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2012 rok.

### 7.4. Objaśnienia

- [27]. Dusza-Dobek A., Bojakowska I., Kwecko P., Szyborska-Kaszycka J., Tomassi-Morawiec H., Król J.: Objaśnienia do mapy geośrodowiskowej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Mikołajki. Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2011 rok.
- [28]. Lisicki S. Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Mikołajki (180). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1999 rok.

- [29]. Sokołowski A., Nowakowski Cz.: *Objaśnienia do mapy hydrogeologicznej Polski. Skala 1:50 000. Arkusz Mikołajki (180).* Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa 2004 rok.

## 7.5. Literatura

- [30]. Arquie G.: *Zagęszczanie. Drogi i pasy startowe.* Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 1980 rok.
- [31]. Grabowski D.: *Inwentaryzacja osuwisk oraz zasady i kryteria wyznaczania obszarów predysponowanych do występowania i rozwoju ruchów masowych w Polsce Poznańskie.* Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa 2006 rok.
- [32]. Kłosiński B., Bażyński J., Frankowski Zb., Kaczyński R., Wierzbicki St.: *Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych.* Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa 1998 roku.
- [33]. Kłosiński B., Grzegorzewicz K., Rychlewski P., Wierzbicki St., Wileński P.: *Wytyczne wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym.* Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Warszawa 2002 roku.
- [34]. Kondracki J.: *Geografia regionalna Polski.* Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2002 rok.
- [35]. Pazdro Z.: *Hydrogeologia ogólna.* Wydawnictwa Geotechniczne. Warszawa 1977 rok.
- [36]. Pisarczyk St.: *Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005 rok.
- [37]. Pisarczyk St.: *Grunty nasypowe. Właściwości geotechniczne i metody ich badania.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2004 rok.
- [38]. Wiłun Z., Pisarczyk St.: *Fundamenty. Poradnik inżyniera i technika budowlanego. Tom 4.* Arkady. Warszawa 1983 rok.
- [39]. Wiłun Z.: *Zarys geotechniki.* Wydawnictwa Komun. Komunikacji i Łączności. Warszawa 1982 roku.

Bydgoszcz, wrzesień 2018 rok