



## GEOPROGRAM Sp. z o.o.

85-739 Bydgoszcz, ul. Fordońska 110

tel. 602322297, 523717949, fax 523717900

e-mail: [office@geoprogram.pl](mailto:office@geoprogram.pl); [www.geoprogram.pl](http://www.geoprogram.pl)

NIP: 967-141-77-14; KRS: 0000729279, REGON 380051158

# OPINIA GEOTECHNICZNA z dokumentacją badań podłoża gruntowego do projektu posadowienia hali magazynowo-produkcyjnej na terenie zakładu .MDD Sp. z o.o. w SĘPÓLNIE KRAJEŃSKIM

INWESTOR/  
ZAMAWIAJĄCY:

**.mdd**

*.MDD Sp. z o.o.  
ul. Koronowska 22, 89-400 Sępólno Krajeńskie*

DATA ZLECENIA:

*28 listopad 2022 r*

PRZEDMIOT OPRACOWANIA:

*Badania podłoża gruntowego w miejscu  
projektowanej hali*

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA:

*Określenie geotechnicznych warunków  
posadowienia projektowanego obiektu*

Zespół autorski:	mgr Wojciech Andrzejewski - upr. geol V-1436 - upr. geol. VII-1281	
	mgr inż. Maciej Murszewski - upr. geol. XIII-088/DOL	
	mgr inż. Mariusz Hudela	

*Bydgoszcz, grudzień 2022 r*

## SPIS TREŚCI

<b>1. WSTĘP</b>	<b>3</b>
1.1. Podstawa i przedmiot opracowania	3
1.2. Cel i zakres opracowania	3
1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu	3
<b>2. DANE OGÓLNE</b>	<b>4</b>
2.1. Lokalizacja i opis terenu	4
2.2. Charakterystyka projektowanych obiektów	5
<b>3. BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO</b>	<b>5</b>
3.1. Zakres i metody wykonywanych badań	5
3.1.1. Prace polowe	5
3.1.2. Prace kameralne	6
3.2. Środowisko geograficzne. Geomorfologia	7
3.3. Budowa geologiczna	8
3.4. Warunki hydrogeologiczne	8
<b>4. GEOTECHNICZNA CHARAKTERYSTYKA PODŁOŻA</b>	<b>9</b>
<b>5. WNIOSKI I ZALECENIA</b>	<b>11</b>

## SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

Załącznik 1 – Mapa sytuacyjna wraz z rozmieszczeniem wyrobisk badawczych

Załącznik 2 – Objasnienie symboli i znaków użytych na przekrojach

Załącznik 3 – Legenda do przekrojów

Załącznik 4 – Przekroje geotechniczne

Załącznik 5 – Metryki otworów geotechnicznych

Załącznik 6 – Metryki sondowań statycznych wraz z interpretacją

Załącznik 7 – Zestawienie badań laboratoryjnych

Załącznik 8 – Analizy granulometryczne

Załącznik 9 – Analizy chemiczne wody pod kątem agresywności



## 1. WSTĘP

### 1.1. Podstawa i przedmiot opracowania

- Zlecenie bezpośrednie inwestora: .MDD Sp. z o.o z dnia 28.11.2022 r.
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r., poz. 463).

### 1.2. Cel i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest Opinia Geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego do projektu posadowienia hali magazynowo-produkcyjnej na terenie zakładu MDD Sp. z o.o. w Sępólnie Krajeńskim

Zakres opracowania obejmuje przedstawienie:

- warunków geotechnicznych, zarysu geomorfologii, budowy geologicznej i stosunków wodnych,
- wyników wykonanych badań polowych i laboratoryjnych,
- miarodajnych wartości parametrów geotechnicznych gruntu,
- podsumowania i zaleceń końcowych.

*W niniejszej dokumentacji zastosowano podwójną klasyfikację gruntów zgodną z PN-EN ISO 14688-1/2 w myśl wprowadzonego Eurokod-7 [2,3] oraz starą opartą o polskie normy w tym PN-86/B-02480. Podwójne nazewnictwo ma, w okresie przejściowym, zwiększyć czytelność opracowania dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Konieczność stosowania norm opartych o Eurokod-7 wynika z Rozporządzenia [1].*

### 1.3. Materiały wykorzystane w opracowaniu

1. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r., poz. 463).
2. PN-EN 1997-1:2008; Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne.
3. PN-EN 1997-2:2009; Eurokod 7 - Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
4. PN-EN ISO 14688-1 Badania geotechniczne, Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów Część 1: Oznaczanie i opis.
5. PN-EN ISO 14688-2 Badania geotechniczne, Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów Część 2: Zasady klasyfikowania.
6. PKN-CEN ISO/TS 17892 1-12; Badania geotechniczne; Badania laboratoryjne gruntów.
7. PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
8. PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania Polowe.

9. PN-EN ISO 22476-1; Rozpoznanie i badania geotechniczne - Badania polowe - Część 1: Badanie sondą statyczną ze stożkiem elektrycznym lub stożkiem piezo-elektrycznym.
10. J. Kondracki; Geografia Regionalna Polski; PWN; Warszawa 2000.
11. T. Lune, P. Robertson, J. Powell; Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice; Spon Press, London&New York 2004.
12. P. Jacobs; Simplified Description of the Use and Design Methods for CPTs in Ground Engineering; Fugro Engineering Services Limited; Oxfordshire 2004.
13. R. G. Campanella, J.A. Howie; Guidelines for the use, Interpretation and Application of Seismic Piezocone Test Data, A Manual On Interpretation Of Seismic Piezocone Test Data For Geotechnical Design; Department of Civil Engineering The University of British Columbia; 2008.
14. Z. Sikora; Sondowanie statyczne; Wyd. Naukowo-Techniczne; Warszawa 2006.
15. Opinia Geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego do projektu posadowienia hali magazynowo-produkcyjnej o powierzchni 2500m<sup>2</sup> na terenie zakładu MDD Sp. z o.o. w Sępólnie Krajeńskim; GEOPROGRAM; Bydgoszcz 2020.
16. Opinia Geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego do projektu posadowienia hali magazynowo-produkcyjnej o powierzchni 5000m<sup>2</sup> na terenie zakładu MDD Sp. z o.o. w Sępólnie Krajeńskim; GEOPROGRAM; Bydgoszcz 2020.
17. Mapa Topograficzna Polski, skala 1:10000.
18. Mapa sytuacyjno-wysokościowa wraz z koncepcją przestrzenną przekazana przez Zamawiającego.
19. Raport analityczny CKR22-006178-1; Laboratorium Wessling, Kraków 2022r.

## 2. DANE OGÓLNE

### 2.1. Lokalizacja i opis terenu

Obszar objęty badaniami znajduje w południowej części miasta Sępólno Krajeńskie na terenie należącym do Inwestora. Przylega on od północy do istniejącej zabudowy przemysłowej zakładu MDD.

Jest to teren nieużytkowany porośnięty trawą.

Powierzchnia terenu wykazuje znaczne deniwelacje. Rzędne terenu wynoszą od 133,5m n.p.m. w części północnej przylegającej do istniejących hal do ponad 137m np.m. w części zachodniej. Od strony istniejących hal występują niewielkie skarpy o wysokości ok. 2m.

Powierzchnia terenu prawdopodobnie podlegała makroniwelacji podczas wcześniejszych etapów inwestycyjnych.

Uzbrojenie podziemne występuje wzdłuż północnej granicy inwestycji (kolektory kanalizacji deszczowej, wodociąg, kable elektroenergetyczne). Przez teren przebiega nowo położony kabel wysokiego napięcia nie uwzględniony na mapie geodezyjnej.

Szczegóły lokalizacyjne przedstawiono na mapie sytuacyjno-wysokościowej w skali 1:500 dostarczonej przez Zamawiającego, załącznik 1.

## **2.2. Charakterystyka projektowanych obiektów**

Projektuje się budowę w hal przemysłowych

- Hala produkcyjna z częścią administracyjno-socjalną o wymiarach magazynowo-produkcyjnych ok. 150\*(30-40m) z suwnicą 10T.
- Hala magazynowa o wymiarach ok. 90\*20m.

Poziom 0,00 obiektów wstępnie przyjmowany jest na rzędnej 134,80m n.p.m.

W hali przemysłowej zlokalizowane będą maszyny produkcyjne.

Posadowienie wstępnie przyjęto na żelbetowych stopach fundamentowych posadowionych na głębokości uzależnionej od stwierdzonych warunków gruntowo-wodnych.

Na obecnym etapie nie przekazano bliższych złożów konstrukcyjnych projektowanego obiektu.

## **3. BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO**

### **3.1. Zakres i metody wykonywanych badań**

Program technicznych badań podłoża gruntowego (ilość, lokalizacja i głębokość) został uzgodniony z Zamawiającym.

#### **3.1.1. Prace polowe**

Prace polowe wykonano w dniu 2-5 grudnia 2022 roku. Przeprowadzone prace obejmowały wiercenie otworów badawczych, sondowania statyczne, pobranie próbek do badań laboratoryjnych, badania makroskopowe gruntów, ustalenie litologii i genezy gruntów podłoża oraz niwelację geodezyjną punktów badawczych. Lokalizację wykonanych wyrobisk przedstawiono w załączniku nr 1.

##### **a/ wiercenia**

Wykonano 27 otworów wiertnicze do głębokości 6,0-10,5 m p.p.t. systemem mechanicznym, okrętym o średnicy 90-110 mm (wielozadaniowy penetrometr Geotech 220-04, wiertnica H16S). Łącznie odwiercono 187,0 mb. Otwory zostały zlokalizowane zgodnie z potrzebami opracowania, tak jak zaznaczono to w załączniku 1 - mapie sytuacyjno-wysokościowej.

##### **b/ opróbowanie wyrobisk i badania makroskopowe**

Podczas wykonanych prac polowych pobrano 5 próbek gruntów gruboziarnistych oraz 32 próbki gruntów drobnoziarnistych, które przeznaczono do szczegółowych badań w laboratorium geotechnicznym. Kategoria poboru B, klasa 3 i 4 oraz kategoria C.

##### **c/ sondowanie statyczne**

W celu parametryzacji podłoża przeprowadzono 10 sondowań statycznych CPTu (z pomiarem ciśnienia porowego) o głębokości maksymalnie 10,6 m p.p.t. Sondowania prowadzono przy pomocy wielozadaniowego penetrometru GEOTECH 220-04, z zastosowaniem standardowego stożka pomiarowego piezocone nr 5829 (penetrometr klasy 200kN).



Sondowanie statyczne końcówką piezoelektryczną CPTU pozwala rejestrować parametry gruntu w sposób ciągły (co 2 cm), automatycznie (cyfrowy zapis pomiaru). Mierzone były w warunkach *in-situ*:

- opór gruntu pod stożkiem ( $q_c$ ),
- tarcie gruntu na tulei ( $f_s$ ),
- ciśnienie wody w porach podczas penetracji ( $u_2$ ),
- wychylenie stożka od pionu,
- prędkość sondowania.

Łączny metraż sondowań wynosił 82,8 mb. Wyniki sondowania CPTU zawiera załącznik 6.

#### **c/ prace geodezyjne**

Wyznaczenia punktów w terenie przeprowadzono w dowiązaniu do istniejącej sytuacji w terenie i mapy sytuacyjno-wysokościowej przy metody domiarów prostokątnych. Powykonawczo dokonano pomiaru współrzędnych wysokościowych przy pomocy systemu geodezji satelitarnej GNSS w nawiązaniu do państwowej osnowy geodezyjnej.

Układ pomiarowy PUWG: 2000, poziom odniesienia PL-EVRF2007-NH.

#### **d/ badania laboratoryjne**

Pobrane w terenie próbki gruntów poddano kontrolnym badaniom makroskopowym. A następnie zostały szczegółowo zbadane w laboratorium geotechnicznym. Wykonano oznaczenia:

- składu granulometrycznego - 5 oznaczeń wraz z wyznaczeniem współczynnika filtracji wg USBSC oraz Hazena,
- wilgotności naturalnej – 32 oznaczeń,
- granicy plastyczności – 27 oznaczeń,
- granicy płynności – 12 oznaczeń,
- wytrzymałości na ścinanie ścinarką obrotową – 27 oznaczenia,
- rodzaju gruntu
- agresywności wody gruntowej w stosunku do betonu i stali.

Badania przeprowadzono zgodnie z normą [6]. Wyniki przeprowadzonych badań laboratoryjnych zawierają załączniki 7 i 8.

### **3.1.2. Prace kameralne**

Wykonane prace kameralne obejmowały:

- analizę wyników wyrobisk badawczych, łącznie z wykonanymi badaniami makroskopowymi oraz obserwacjami występowania wody gruntowej,
- Analizę i wykorzystanie materiałów archiwalnych.
- analizę i opracowanie otrzymanych wyników badań laboratoryjnych,
- oszacowanie parametrów geotechnicznych w oparciu o wytyczne PN-B-04452:2002, PN-EN 1997-2:2009 oraz procedury zawarte w literaturze fachowej [11,12,13,14]:
  - stopień zagęszczenia piasków oparto o zmodyfikowaną formułę Borowczyka przyjęto zmodyfikowaną formułę Borowczyka,  $I_D = 0,709 \log(a \cdot q_c) - 0,165$ , (wartość współczynnika „a=1,0-1,7” odpowiada dla słabych piasków  $q_c=2-$



8MPa i jest porównywalna z  $a=1,3$  tj. współczynnikowi korelacyjnemu pomiędzy stożkiem mechanicznym dla którego wyprowadzono tą zależność, a stożkiem elektrycznym, którym prowadzono badania,

- Stopień plastyczności normalnie skonsolidowanych glin zwałowych (NC) wyznaczano szacowano z zależności Liszkowskiego (2006)  $I_L=0,310-0,216*\ln(q_n)$
- moduły ścisłości wyznaczono z zależności Lunne i Christophersena  $M_0 = \alpha*(q_c - \sigma'_{v0})$ , gdzie  $\alpha=4-5$  dla piasków i 5-10 dla glin w zależności od  $R_f$ . Należy podkreślić, że moduły ścisłości odnoszą się do wartości naprężeń dla których zostały wyznaczone. Zależności modułu od naprężeń nie są liniowe, częstokroć ich trend zmienia się w efekcie wcześniejszej prekonsolidacji. Moduły wyznaczane z sond CPTu odpowiadają naprężeniem zbliżonym do aktualnych geostatycznych. Do obliczania osiadań na ich podstawie można wykorzystać

$$\text{zależność } M = M_0 \sqrt{\frac{\sigma'_{v0} (\Delta \sigma'_v) / 2}{\sigma'_{v0}}}$$

- wytrzymałość na ścinanie gruntów spoistych ewaluowano z zależności Robertsona i Lunne'a  $S_u = (q_t - \sigma'_{v0}) / N_{KT}$  gdzie  $N_{kt} = (15-30)$ ,
- efektywny kąt tarcia piasków szacowano w oparciu o zmodyfikowaną zależność PN-EN 1997-2:2009,  $\phi' = 13,5 * \log(q_c) + 23 \quad (+/- 2)$ , (wzrasta wraz z uziarnieniem i spada wraz z zawartością domieszek frakcji drobnej),
- Efektywne wartości kąta tarcia i spójności gruntów spoistych szacowano na podstawie testu statycznego sondowania w oparciu o metodę Senneseta. Z uwagi na pośrednią metodę wyznaczania należy podchodzić do nich z ostrożnością.
- prace obliczeniowe (obliczenie wartości poszczególnych parametrów geotechnicznych, wartości średnich odchyłeń standardowych, współczynników zmienności i wartości obliczeniowych parametrów w poszczególnych warstwach gruntu),
- ustalenie miarodajnych wartości parametrów geotechnicznych na podstawie wykonanych badań, obliczeń, norm i literatury,
- opracowanie mapy dokumentacyjnej wyrobisk badawczych,
- opracowanie przekrojów geotechnicznych,
- sporządzenie części opisowej dokumentacji.

### 3.2. Środowisko geograficzne. Geomorfologia

Dokumentowany obszar znajduje się w Sępólnie Krajeńskim w gminie Sępólno Krajeńskie, w powiecie sępoleńskim.

Pod względem morfologicznym projektowana Inwestycja położona jest na terenie Pojezierza Krajeńskiego (314.69) będącego częścią makroregionu Pojezierze Południowopomorskie (314.6-7) wg. podziału fizjograficznego proponowanego przez J. Kondrackiego [10]. Pojezierze Krajeńskie to młodoglacjalny obszar równin i wzniesień pojeziernych,

Pod względem hydrograficznym teren należy do zlewni Brdy.



### **3.3. Budowa geologiczna**

Budowę geologiczną podłoża budowlanego rozpoznano przy pomocy wykonanych punktów badawczych maksymalnie do głębokości 10,6 m p.p.t. Na podstawie wykonanych wierceń i badań stwierdzono zaleganie w podłożu utworów czwartorzędowych wieku holocenijskiego i plejstocenijskiego.

#### **CZwartorzęd Q**

##### ***Holocen Q<sub>h</sub>***

Reprezentowany jest przez nasypy niekontrolowane i budowlane występujące do głębokości 0,3-1,3 m p.p.t. Nasyp zbudowany jest z piasków organicznych często z iłem. Lokalnie w miejscu makroniwelacji nasyp zbudowany jest z mineralnych piasków lub iłów z piaskiem. Z uwagi na analogiczny materiał jak w podłożu rozdzielenie nasypu budowlanego gruntów rozdzielenie gruntów antropogenicznych od rodzimych jest wątpliwe. Poniżej rozpoznane zostały osady zaliczone do plejstocenu.

##### ***Plejstocen Q<sub>p</sub>***

W przypowierzchniowej strefie podłoża dominują piaski drobne i średnie fluwioglacjalne, lokalnie przewarstwione glinami. Poniżej rozpoznano normalnie skonsolidowane ablacyjne gliny zwałowe reprezentowane przez ropy z piaskiem i piaski z iłem (gliny piaszczyste i piaski gliniaste wg starej nomenklatury) stanowiące zasadniczy kompleks genetyczny na analizowanym obszarze. W ich obrębie występują nieregularne soczewy piasków śródglinowych. Osadów glacialnych nie przewiercono do końca głębokości penetracji tj. 10,6 m p.p.t.

Budowę geologiczną dokumentowanego terenu przedstawiają załącznik 4 – przekroje geotechniczne.

### **3.4. Warunki hydrogeologiczne**

W czasie prac terenowych przeprowadzono bezpośrednie obserwacje poziomu występowania wody gruntowej.

Stwierdzono występowanie czwartorzędowego poziomu wodonośnego posiadającego swobodne zwierciadło wody w piaskach nad przegłębieniami glin oraz lokalnie napięte zwierciadło z soczew piaszczystych śródglinowych.

Stwierdzono także liczne występowanie sączeń śródglinowych. ZWG stabilizowało się na głębokości 1,91 - 3,12 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 130,98 - 133,27 m n.p.m.

Obecny (grudzień 2022) stan wód gruntowych ocenić można jako średni w rocznym cyklu hydrologicznym. Przewidywane wahania ZWG wynosić mogą  $\pm 0,7$ m.

Wody gruntowe wykazują słabą agresywność chemiczną – klasa ekspozycji XA1 oraz bardzo niewielką w stosunku do stali.

Szczegółowo warunki gruntowo - wodne przedstawiono na przekrojach geotechnicznych – załącznik 4.



## 4. GEOTECHNICZNA CHARAKTERYSTYKA PODŁOŻA

Grunty badanego obszaru zaliczono do rodzimych gruntów mineralnych niespoistych i spoistych. Pominięto w klasyfikacji nasypy niekontrolowane stanowiące zróżnicowane oraz słabonośne podłoże. Zalegające w podłożu budowlanym grunty ujęto w jednostki geotechniczne. Wykorzystano podział na serie i warstwy geotechniczne, analogiczny jak w archiwalnej opinii [15, 16]. Wydzielono trzy serie geotechniczne ze względu na genezę, stratyografię i litologię, tj. **seria 0 – nasypy, seria I – fluwioglacjalne piaski średnie; seria II – gliny glacialne.**

Parametry geotechniczne gruntów ustalono na podstawie wyników badań terenowych i laboratoryjnych. W oznaczeniach gruntów zastosowano podwójną klasyfikację tj. obowiązującą zgodnie z PN-EN ISO 14688-1/2 oraz starą zgodnie z PN-86/B-02480. Współczynniki materiałowe dla parametrów geotechnicznych zgodnie z Eurokod-7.

Uogólnioną wartość parametrów geotechnicznych dla wydzielonych warstw podano w załączniku 3.

### Jednostki geotechniczne

#### Seria geotechniczna 0,

Do serii 0 zaliczono utwory nasypowe. Z uwagi na skład rozdzielono je na nasypy budowlane i niekontrolowane.

**Warstwa 0 a** – Nasypy niekontrolowane zbudowane są z piasków z gruntem organicznym i ilów z piaskiem i gruntem organicznym, warstwy gleby. Z uwagi na silne przemieszanie, obecność substancji organicznej nie są zalecane jako podłoże nośne obiektu, dróg i posadzek.

**Warstwa 0 b** – stanowią ją nasypy budowlane o składzie mineralnych piasków i ilów z piaskiem. Nadają się do wykorzystania w robotach ziemnych. Z uwagi na duże zróżnicowanie oraz punktowe wystąpienia nie wyznaczano szczegółowych parametrów fizykomechanicznych.

#### Seria geotechniczna II,

Do serii I zaliczono fluwioglacjalne piaski średnie (średnie i drobne wg starej nomenklatury) często z domieszkami żwirów. W ich obrębie występują także niewielkie przewarstwienia piasków z iłem. Są to grunty umiarkowanie przepuszczalne o współczynniku filtracji rzędu  $k_{USBSC}=2,4-6,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ . Z uwagi na zróżnicowanie wartości liczbowych stopnia zagęszczenia serię tę podzielono na trzy warstwy geotechniczne:

**Warstwa Ia** – piaski tej warstwy występują w stanie luźnym, o wartości wyprowadzonej stopnia zagęszczenia  $I_D = 32\%$  ( $I_D = 0,32$ ). Piaski te cechuje przeciętna nośność i podwyższona ściśliwość.

**Warstwa Ib** – piaski tej warstwy występują w stanie średnio zagęszczonym, o wartości wyprowadzonej stopnia zagęszczenia  $I_D = 45\%$  ( $I_D = 0,45$ ). Piaski te cechuje przeciętna nośność i odkształcalność.

**Warstwa Ic** – budują ją piaski średnie w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym o wartości wyprowadzonej stopnia zagęszczenia  $I_D = 62\%$  ( $I_D = 0,62$ ). Cechują je korzystne parametry geotechniczne.

### **Seria geotechniczna II.**

Jest pochodzenia glacialnego, zbudowana z gruntów rodzimych, mineralnych, spoistych. Reprezentowana jest przez łąy z piaskiem, piaski z łąem oraz łąy z pyłem i piaskiem (gliny piaszczyste, gliny i piaski gliniaste). Są to grunty wysadzinowym, szczególnie wrażliwe na rozmakanie. Ze względu na zróżnicowaną wartość stopnia plastyczności serię II podzielono na cztery warstwy geotechniczne:

**Warstwa IIb** – Tworzą ją łąy z piaskiem oraz piaski z łąem w konsystencji plastycznej o wartości wyprowadzonej stopnia plastyczności  $I_L = 0,46$  ( $I_C = 0,53$ ). Cechuje się obniżoną nośnością.

**Warstwa IIc** – Stanowią ją łąy z piaskiem, o konsystencji plastycznej i wartości wyprowadzonej stopnia plastyczności  $I_L = 0,31$  ( $I_C = 0,69$ ). Posiada obniżoną nośność i podwyższoną odkształcalność. Może stanowić bezpieczne podłoże budowlane.

**Warstwa IId** – Reprezentowana jest przez łąy z piaskiem i łąy z piaskiem i pył, w konsystencji twardoplastycznej o wartości charakterystycznej stopnia plastyczności  $I_L = 0,22$  ( $I_C = 0,78$ ). Posiada względnie wysoką nośność i stosunkowo niską odkształcalność.

**Warstwa IIe** – budują ją piaski z łąem w konsystencji twardoplastycznej o wartości charakterystycznej stopnia plastyczności  $I_L = 0,10$  ( $I_C = 0,90$ ). Posiada względnie wysoką nośność. Występuje w strefie przypowierzchniowej oraz lokalnie jako spiaszczone soczewy.

***Na podstawie otrzymanych wyników rozpoznania geotechnicznego oraz uwzględniając charakterystykę konstrukcji, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012r., poz. 463). proponuje się przyjęcie drugiej kategorii geotechnicznej w prostych warunkach wodno-gruntowych***

Kategorię geotechniczną zgodnie z obowiązującymi przepisami ustali Projektant obiektu po uwzględnieniu wszystkich czynników natury geologicznej oraz konstrukcyjnej w projekcie geotechnicznym, stanowiącym integralną część projektu budowlanego.

Szczegółową charakterystykę gruntów budujących podłoże analizowanego obiektu, przedstawiono w załączniku nr 3, a budowę geologiczną i warunki wodno-gruntowe zawarto w załączniku nr 4 - Przekroje geotechniczne.

## 5. WNIOSKI I ZALECENIA

W wyniku przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych, w analizowanym podłożu budowlanym projektowanej budowy hal przemysłowo-magazynowych firmy .MDD Sp. z o.o. w Sępólnie Krajeńskim należy stwierdzić:

- W podłożu budowlanym analizowanej inwestycji występują proste warunki gruntowo-wodne,
- Podłoże traktować należy jako genetycznie niejednorodne,
- Nasypy stanowią słabonośne podłoże, niezalecane do bezpośredniego posadowienia projektowanego obiektu,
- Piaski zaliczone do serii I występują przypowierzchniowo na większości obszaru, cechują się zróżnicowanymi, przeważnie przeciętnymi parametrami geotechnicznymi,
- Zasadniczą partię podłoża stanowią gliny polodowcowe reprezentowane przez ility z piaskiem (gliny piaszczyste i piaski gliniaste wg PN-B) zaliczone do serii II,
- Grunt serii II są wysadzinowe, wrażliwe na rozmoczenie i upłynnienie,
- Grunty niespoiste warstwy IIb i IIc cechują się przeciętnymi parametrami geotechnicznymi (podwyższona ściśliwość, obniżona wytrzymałość na ścinanie bez drenażu  $S_u$ ),
- Gliny serii II d i II e cechuje przeciętna nośność i odkształcalność,
- Woda gruntowa w rejonie analizowanej inwestycji występuje na głębokości 0,78 - 1,30 m p.p.t. tj. w zakresie rzędnych 131,76 - 132,17 m n.p.m.
- Biorąc pod uwagę dużą podatność podłoża gruntowego, należy rozważyć dwa warianty posadowienia:
  - Posadowienie na podłożu wzmocnionym kolumnami DSM, co pozwoli ograniczyć osiadanie konstrukcji,
  - Posadowienie bezpośrednie na stopach fundamentowych wymiarowanych na ujednolicenie osiadania, pod stopami zastosować poduszki kompensacyjne z zagęszczonego gruntu piaszczystego,
- W przypadku posadawiania obiektu w obrębie piasków serii I przewidzieć ich dogęszczenie w wykopach fundamentowych,
- Przy obliczeniach osiadań należy uwzględnić zakres naprężeń do obliczenia modułu ściśliwości np. stosując formułę:

$$M = M_0 \sqrt{\frac{\sigma'_{v0} + (\Delta\sigma'_v) / 2}{\sigma'_{v0}}}$$

bowiem wartości  $M_0$  uzyskane z CPTu odnoszą się do stanu naprężeń *in-situ*,

- Wykopy fundamentowe realizowane w gruntach spoistych bezwzględnie należy zabezpieczyć przed rozmakaniem, uplastycznianiem i przemarzaniem gruntu poprzez zastosowanie chudego betonu niekonstrukcyjnego, układanego sukcesywnie na dnie wykopu,

- Nie można dopuścić do gromadzenia się wód opadowych w wykopie fundamentowych, zapewnić właściwy reżim wykonawczy (wykonanie wykopu, chudy beton, zbrojenie, zalanie ław fundamentowych),
- Dolną ok. 10-20cm warstwę gruntu spoistego usuwać ręcznie lub koparką zaopatrzoną w gładki lemiesz,
- Wszelkie przekopane, rozmoczone lub przemarznięte grunty należy bezwzględnie wymienić na chudy beton,
- Przegłębienia nasypów niekontrolowanych wymienić na chudy beton,
- W przypadku konieczności odwodnienia wykopów można stosować odwodnienie powierzchniowe przy pomocy zestawu igłofiltrów lub drenaży technologicznych,
- Przewidzieć realizację nasypu makroniwelacyjnego o wysokości ok. 1,0m w stosunku do obecnych rzędnych, w celu wyeliminowania podsiąkania wód pod posadzkę,
- Nasyp realizować z dobrze uziarnionych piasków średnich, grubych i pospółek, zagęszczonych do  $I_s > 0,98$ ,
- Rozważyć zastosowanie jako podbudowy pod posadzki stabilizacji cementem nasypu piaszczystego lub z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie,
- Do obliczenia nośności podłoża można wykorzystać dane zawarte w załączniku 3 - legendzie do przekrojów w powiązaniu z budową geologiczną przedstawioną na przekrojach geotechnicznych – Załącznik 4.
- Prace ziemne należy wykonać zgodnie z obowiązującymi normami oraz zasadami BHP.

*Bydgoszcz, grudzień 2022 r.*