

siedziba:

ul. Rumiankowa 19
54-512 Wrocław
tel./fax. 71 7382334

tel.kom. 607 07 66 03

e-mail:

biuro@geo2000.pl
geo2000@box.pop.pl

<http://www.geo2000.pl>

GEOTECHNICZNE WARUNKI POSADOWIENIA
dla określenia warunków gruntowo-wodnych podłoża pod planowaną
budowę na działce nr 17/60 i 17/61 przy ulicy Horbaczewskiego we
Wrocławiu, powiat Wrocław, województwo dolnośląskie

OPINIA GEOTECHNICZNA
DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Zleceniodawca:

MPP Sp. z o.o. Sp.K.
ul. Podwale 61/1, 50-010 Wrocław

Inwestor:

GHELAMCO GP 4 Sp. z o.o.
SBP Sp. K-A
Plac Europejski 1
00-844 Warszawa

Opracowanie:

mgr Sławomir Fajga
upr. geol. VII-1302

Wrocław, listopad 2021 r. - styczeń 2022 r.

SPIS TREŚCI

OPINIA GEOTECHNICZNA

1. Wstęp
 - 1.1. Podstawa wykonania
 - 1.2. Wykaz wykorzystanych norm, materiałów archiwalnych i literatury
2. Zakres przeprowadzonych badań terenowych
3. Położenie, charakterystyka terenu, morfologia i hydrografia
4. Zarys budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych
 - 4.1. Budowa geologiczna
 - 4.2. Warunki hydrogeologiczne
5. Kategoria geotechniczna obiektu budowlanego

DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO

1. Zakres wykonanych badań laboratoryjnych
 - 1.1. Badania laboratoryjne
 - 1.2. Prace kameralne
 - 1.3. Metodyka badań i interpretacja sondowań CPTu
2. Parametry wydzielonych warstw geotechnicznych
3. Ocena warunków geotechnicznych
4. Wnioski i zalecenia

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

1. Plan lokalizacyjny
2. (1-2) Mapa geologiczna arkusz Leśnica w skali 1:50 000
3. Mapa dokumentacyjna w skali 1:500
4. Tabela wartości parametrów geotechnicznych
5. (1-12) Karty dokumentacyjne otworów badawczych w skali 1:100
6. (1-10) Przekroje geotechniczne w skali 1:250/100
7. Wykres sondowania SL (DPL)
8. (1.1.-2.2.) Wykresy sondowań CPTu
9. (1-13) Analizy granic konsystencji
10. Wykres uziarnienia gruntu
11. Wyniki badań wody na agresywność względem betonu i żelbetonu
12. (1-2) Objasnienia znaków i symboli

OPINIA GEOTECHNICZNA

1. Wstęp

1.1. Podstawa wykonania

Opinię geotechniczną opracowano w celu uzyskania danych o układzie warstw gruntów, określenia ich parametrów geotechnicznych oraz uzyskania danych o złożoności warunków gruntowo-wodnych i określenia kategorii geotechnicznej obiektu.

Dokumentację opracowano w oparciu o Rozporządzenie Ministra Transportu Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 25.04.2012, poz.463).

1.2. Wykaz wykorzystanych norm, materiałów archiwalnych i literatury

- PN-B-02481/1998 – Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar,
- PN-81/B-03020 – Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli,
- PN-81/B-03020 – Projekt zmiany. Geotechnika. Projektowanie posadowienie bezpośrednich,
- PN-88/B-04481 – Grunty budowlane. Badania próbek gruntu,
- PN-B-02479/1998 – Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne,
- PN-EN 1997-1:2008 EUROKOD 7 Projektowanie geotechniczne
- PN-EN 1997-2:2009 EUROKOD 7 Projektowanie geotechniczne.
- Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000 – arkusz Leśnica.

2. Zakres przeprowadzonych badań terenowych

2.1. Prace geodezyjne

Otwory badawcze wytyczono w terenie metodą domiarów prostokątnych w nawiązaniu do współrzędnych geodezyjnych. Niwelację techniczną otworów wykonano w dowiązaniu do państwowej sieci punktów wysokościowych.

2.2. Badania polowe

Dla rozpoznania warunków gruntowo - wodnych wykonano 9 otworów do głębokości 14,0 m p.p.t. i 1 otwór do głębokości 16,0 m p.p.t.. Łączny metraż wykonanych wierceń dla przedmiotowej inwestycji wynosi 142,0 mb. Wykorzystano dwa otwory archiwalne wykonane w 2008 r. do głębokości 20,0 m p.p.t..

Aktualnie otwory zostały odwiercone przy użyciu samojednej wiertnicy H-25SG - świdrem spiralnym Ø 160 mm.

W trakcie wierceń przeprowadzono badania makroskopowe gruntów oraz prowadzono obserwacje poziomu wód gruntowych. Po zakończeniu wierceń otwory zlikwidowano urobkiem z zachowaniem kolejności przewiercanych warstw. Ponadto wykonano badania „in situ” gruntu, tj. 2 sondowania sondą lekką SL (DPL), do głębokości 5,0 m p.p.t. oraz 2 sondowania CPTu do głębokości 19,0 i 21,0 m p.p.t..

3. Płożenie, charakterystyka terenu, morfologia i hydrografia

Obszar badań zlokalizowany jest w południowo - zachodniej części miasta Wrocławia w dzielnicy Fabryczna, na osiedlu Gądów Mały, pomiędzy ulicami: Eugeniusza Horbaczewskiego, Na Ostatnim Groszu i Bystrzycką. Działki objęte badaniami geotechnicznymi ograniczone są od wschodu przez ulicę Na Ostatnim Groszu, od południa przez ulicę Bystrzycką, a od zachodu i północy sąsiadują z ulicą Eugeniusza Horbaczewskiego. Północno-wschodnia część terenu, jest obecnie nieużytkowana i będzie wykorzystana dla kolejnych etapów budowy.

Od wschodu, zachodu i północnego-zachodu po przeciwnej stronie ul. Horbaczewskiego, w odległości około 50 m znajduje się osiedle wielorodzinne z częścią usługowo-handlową.

W podłożu wzdłuż ulic i chodników znajduje się infrastruktura podziemna w postaci instalacji energetycznej, gazowej, kanalizacja deszczowa i sanitarna, instalacja wodociągowa, instalacja telekomunikacyjna, co należy uwzględnić podczas prowadzenia robót ziemnych na tym terenie.

W chwili obecnej powierzchnia terenu jest znacznie zmieniona w wyniku robót ziemnych. W ostatnich latach zdjęto ok. 1,0 -1,5 m powierzchniowej warstwy humusu i glin. Ponadto teren jest użytkowany jako plac przerobu gruntów i gruzu pochodzących z rozbiórki budynków i wykopów budowlanych. W związku z powyższym na powierzchni znajdują się liczne usypiska gruzu i gruntu, utrudniające poruszenie się pojazdami i maszynami.

Powierzchnia terenu jest lekko nachylona w kierunku północno-wschodnim, a aktualne rzędne wysokościowe mieszczą się w przedziale 118,00 – 120,50 m n.p.m..

4. Zarys budowa geologicznej i warunków hydrogeologicznych

4.1. Budowa geologiczna

warunki regionalne

Teren miasta Wrocławia położony jest na granicy dwóch dużych jednostek geologicznych. Starszą z nich stanowi blok przedsudecki, rozciągający się na północny wschód od Sudetów pomiędzy uskokiem brzeżnym i uskokami środkowej Odry. Blok przedsudecki tworzy proterozoiczno-paleozoiczna seria skał krystalicznych odsłaniająca się na powierzchni jako masywy Ślęzy, Strzegomia–Jawora i Strzelina. Strefa uskokowa środkowej Odry oddziela blok przedsudecki od drugiej jednostki geologicznej jaką tworzy permsko-mezozoiczna seria skał osadowych monokliny przedsudeckiej. Obie te jednostki przykrywa kompleks kenozoicznych osadów trzeciorzędowych i czwartorzędowych. Przedtrzeciorzędowa seria skał osadowych na omawianym obszarze nie wychodzi nigdzie na powierzchnię i znana jest przede wszystkim z wierceń, podobnie jak część krystaliniku leżąca poza wspomnianymi masywami.

W obrębie bloku przedsudeckiego krystaliczne podłoże okolic Wrocławia tworzą proterozoiczne łupki metamorficzne (wapienno-krzemianowe, łyszczykowe), gnejsy i granitoidy, bardziej na południe także amfibolity i serpentynity. W przeważającej większości skały te powstały w wyniku metamorficznego przobrażenia skał osadowych skał paleozoicznych i starszych. Skały proterozoiczne spoczywają bezpośrednio pod osadami karbońskimi bądź też permскими piaskowcami monokliny przedsudeckiej. Osady karbonu reprezentowane są przez szarobrunatne piaskowce i zlepieńce z wkładkami łupków ilastych. W proterozoiczne skały metamorficzne intrudowały skały magmowe zarówno głębinowe jak i wylewne, z których część odsłania się na powierzchni. Są to waryscyjskie granitoidy Strzegomia i Strzelina, gabra Ślęzy oraz trzeciorzędowe bazalty Strzegomia. Według niektórych poglądów masyw serpentynitowo-gabrowy Ślęzy stanowi ofiolit będący fragmentem skorupy oceanicznej.

Monoklinę przedsudecką tworzą osady permские, triasowe i kredowe. Perm wykształcony jest w postaci piaskowców i zlepieńców czerwonego piaskowca oraz cechsztyńskich iłowców, anhydrytów, dolomitów, wapieni i piaskowców. Stwierdzona w otworach wiertniczych miąższość czerwonego spągowca przekracza 200 m, a cechsztynu 100 m. Osady triasu na tym obszarze reprezentują ogniwa stratygraficzne pstrego piaskowca, wapienia muszlowego i kajpru. W spągowej części osady pstrego piaskowca budują piaskowce z wkładkami iłowców, natomiast

w części stropowej reprezentowane są przez margliste iłowce licznie przewarstwiane anhydrytami, wapieniami i dolomitami. Miąższość osadów pstrego piaskowca waha się od 100 do ponad 400 m. Powyżej zalegają skały wapienia muszlowego o miąższości od 150 do 200 m. W utworach tych dominują różne odmiany wapieni oraz podrzędnie występujące dolomity i margle o różnym stopniu porowatości i kawernowatości. Najwyższą część triasu stanowi kajper zbudowany z 200 m serii łupków i łożupków z wkładkami piaskowców i dolomitów. Na osadach triasu kończy się w większej części rejonu Wrocławia seria osadowa monokliny przedsudeckiej. Jedynie na południowy wschód od miasta, od Oławy począwszy, na triasie zalegają jeszcze osady górnej kredy wykształcone jako piaskowce, miejscami zlepieńcowate, przechodzące ku górze w margle.

Utwory Kenozoiku z wyjątkiem wzniesień zbudowanych ze skał krystalicznych, przykrywa ciągle pokrywa utworów trzeciorzędowych o miąższości 100-150 m. Składają się one prawie wyłącznie z luźnych skał osadowych wykształconych jako mioceńskie ły, piaski i mułki, w stropowej części z cienkimi soczewkami węgli. W części omawianego obszaru trzeciorzędową sedimentację kończą plioceńskie gliny, piaski i żwiry serii Gozdnicy. Trzeciorzęd często odkrywa się na powierzchni terenu. W obrębie Wrocławia odsłania się w zachodniej części miasta w rejonie Pilczyc, Stabłowic i Żernik na terenie wyrobisk po byłych cegielniach. Na przełomie trzeciorzędu i czwartorzędu, w Sudetach i na obszarze przedsudeckim, rozwinęła się sieć rzeczna, która wytworzyła system kopalnych dolin w rozmywanych na skutek erozji rzecznej osadach trzeciorzędu. We wczesnym plejstocenie doliny kopalne, stwierdzone także w rejonie Wrocławia, były zasypywane piaskami i żwirami akumulacji rzecznej. Utwory czwartorzędowe w rejonie Wrocławia związane są głównie z osadami wysoczyzn morenowych wykształconych jako kompleks glin zwałowych rozdzielanych nieciągłymi przewarstwieniami piasków i żwirów wodnolodowcowych, powstałych na skutek plejstocieńskich zlodowaceń. Lokalnie w profilu spotykane są również mułki, piaski i ły zastoiskowe, a także utwory eoliczne o charakterze wydmowym. U schyłku epoki lodowcowej powstaje pradolina Odry, będąca szerokim obniżeniem wypełnionym osadami fluwioglacjalnymi. W trakcie ostatniego zlodowacenia ostatecznie formuje się współczesna dolina Odry wraz z tarasami nadzalewowymi. W holocenie wody Odry tworzą tarasy zalewowe wykształcone w postaci piasków i żwirów oraz namulów. Na skutek naturalnych procesów rzecznych a także prac regulacyjnych prowadzonych przez człowieka w dolinie Odry powstało szereg starorzeczy.

warunki lokalne

Budowa geologiczna terenu badań została rozpoznana 12 otworami do głębokości maksymalnie 20 m z czego 2 otwory to otwory archiwalne. W analizie budowy geologicznej wykorzystano również Szczegółową Mapę Geologiczną Polski w skali 1: 50 000, arkusz Leśnica.

W badanej przestrzeni geologicznej stwierdzono występowanie osadów czwartorzędowych holoceniowych i plejstoceniowych a także lokalnie trzeciorzędowych. Osady holoceniowe reprezentowane są przez gleby i utwory nasypowe pochodzenia antropogenicznego. Holoceniowe grunty antropogeniczne zbudowane są głównie z piasków z domieszkami gleby, gliny i gruzu, wymieszanych w różnych proporcjach. Aktualnie obecność nasypów stwierdzono jedynie w otworze 10. Ich miąższość wynosi 1,5 m.

Poniżej osadów holoceniowych, znajduje się kompleks osadów plejstoceniowych, reprezentowanych głównie przez gliny piaszczyste z wkładkami piasków oraz porwaków trzeciorzędowych iłów. Stropowa część osadów plejstoceniowych to gliny piaszczyste zwarte o pochodzeniu lodowcowym. Głębiej występują typowe gliny zwałowe z otoczakami i żwirem. Spąg warstwy glin morenowych do głębokości 20,0 m p.p.t. nie został osiągnięty.

W obrębie glin morenowych występują soczewki osadów niespoistych reprezentowanych przez piaski średnie z domieszkami żwiru. Miąższość gruntów niespoistych wynosi od 0,2 m w otworze 7 poprzez 2,5 w otworze 8 do 3,5 m w otworze 10.

W otworze archiwalnym arch. 1 występują wkładki trzeciorzędowych iłów. Są to najprawdopodobniej porwaki wypreparowane z trzeciorzędowego podłoża przez przemieszczający się lodowiec. Miąższość wkładki ilastej wynosi 1,3 m.

Budowę geologiczną badanego terenu przedstawiono na mapie geologicznej arkusz Leśnica (Zał. 2.), kartach otworów badawczych (Zał. 5.) oraz przekrojach geotechnicznych (Zał. 6.).

4.2. Warunki hydrogeologiczne

warunki regionalne

Na obszarze Wrocławia i jego okolic wody podziemne rozpoznano w piętrach wodonośnych: czwartorzędowym, neogeńskim i triasowym.

Czwartorzędowe piętro wodonośne występuje na większości obszaru aglomeracji wrocławskiej, za wyjątkiem południowo-zachodniej części, gdzie

występuje brak utworów czwartorzędu. Zawodnienie formacji czwartorzędowej związane jest z występowaniem osadów piaszczysto-żwirowych pochodzenia glacialnego, fluwioglacialnego i rzeczno, które stanowią najłatwiej dostępny zbiornik wód podziemnych. Miąższość tego piętra waha się od 5 do 30 m. Zwierciadło wody leży swobodnie na głębokości poniżej 5 m. Wydajność potencjalna waha się od 10 do 90 m/h. W południowej części miasta zasobność wód podziemnych jest mniejsza. Użytkowe piętro wodonośne jest tam położone na głębokości ponad 15 m ppt, a zwierciadło wody ma charakter naporowy. Występowanie neogeńskiego piętra wodonośnego jest związane z występowaniem piaszczysto-żwirowych przeławiczeń i soczew w obrębie osadów ilastych. Jego wody są eksploatowane na potrzeby komunalne w zachodniej części miasta (ujęcie Leśnica). W piętrze neogeńskim wyróżniono dwa poziomy: górny i dolny, charakteryzujące się różnymi parametrami reżimu naporowego i nieco innym składem chemicznym wód. Głębokość zalegania górnego poziomu piętra neogeńskiego przekracza nawet 100 m głębokości. Łączna miąższość poziomu waha się od kilku do kilkunastu metrów. Wydajności pojedynczych studni eksploatujących górny poziom piętra neogeńskiego wynoszą ok. 70 m /h. Poziom dolny z kolei na przeważającym obszarze aglomeracji wrocławskiej jest wykształcony w postaci dwóch warstw wodonośnych. Charakteryzuje się naporowym reżimem wód podziemnych. Utwory wodonośne tworzą piaski pylaste z przejściami do piasków drobnoziarnistych o łącznej miąższości od kilku do 20 m. Wydajności potencjalne pojedynczych otworów studziennych są niższe niż w przypadku poziomu górnego i przeciętnie wynoszą 20–40 m /h.

Piętro wodonośne triasu stanowią wody szczelinowo-krasowe w utworach wapienia muszlowego oraz pstrego piaskowca. Występowanie utworów wapienia muszlowego jest ograniczone do wschodniej części Wrocławia. Od południa zasięg wyznaczają wychodnie podkenozoiczne oraz założenia tektoniczne monokliny przedsudeckiej. Sumaryczna miąższość utworów zawodnionych waha się od 50 do 150 m, a większe miąższości, rzędu 150–250 m, związane są ze strefami spękań tektonicznych. Głębokość zalegania poziomu wodonośnego wapienia muszlowego wynosi ok. 200 m w strefie wychodni podkenozoicznych i zwiększa się ku północy. W rejonie Wrocławia panują warunki artezyjskie - zwierciadło wód podziemnych, nawiercone na głębokości ok. 200–300 m, stabilizowało się ok. 10–15 m powyżej powierzchni terenu. Najbardziej zasobne fragmenty użytkowych poziomów wód podziemnych zostały zaliczone do głównych zbiorników wód podziemnych - GZWP.

Na terenie Wrocławia oraz w jego pobliżu wydzielono trzy Główne Zbiorniki Wód Podziemnych: GZWP nr 319 - Subzbiornik Prochowice-Środa Śląska, GZWP nr 320 - Pradolina Odry i GZWP nr 322 - Zbiornik Oleśnica.

warunki lokalne

W okresie badań stwierdzono występowanie wody podziemnej o napiętym i swobodnym zwierciadle. Woda związana jest z wodnolodowcowymi osadami niespoistymi, występującymi w formie soczew i warstw w glinach morenowych. W podłożu można wydzielić dwie warstwy wodonośne.

Pierwsza warstwa nawiercona została na głębokości od 1,80 m p.p.t. (rzędna 117,33 m n.p.m.) w otworze 8 do 4,5 m p.p.t. w otworze 2, 7 i 9 (rzędna odpowiednio 115,64 m n.p.m., 115,69 m n.p.m. i 113,79 m n.p.m.). Ustabilizowany poziom tej warstwy znajduje się na głębokości od 1,80 m p.p.t. (rzędna 117,33 m n.p.m.) w otworze 8 do 2,72 m p.p.t. (rzędna 115,57 m n.p.m.) w otworze 9.

Druga warstwa nawiercona została na głębokości od 4,0 m p.p.t. (rzędna 115,13 m n.p.m.) w otworze 8 do 12,8 m p.p.t. w otworze 7 (rzędna 107,39 m n.p.m.). Ustabilizowany poziom tej warstwy znajduje się na głębokości od 2,40 m p.p.t. (rzędna 116,73 m n.p.m.) w otworze 8 do 8,10 m p.p.t. (rzędna 112,09 m n.p.m.) w otworze 7.

Na powierzchniach stropowych gruntów spoistych występują sączenia wody gruntowej. Sączenia te występują na głębokościach od 0,4 m p.p.t. (rzędna 121,35 m n.p.m.) w otworze arch.2 do 1,5 m p.p.t. w otworze arch.1 (rzędna 119,31 m n.p.m.).

Kierunek spływu wód podziemnych jest zgodny z nachyleniem powierzchni terenu i generalnie odbywa się w kierunku północnym.

Średnia wartość współczynnika filtracji dla piasków pylastych wynosi: $k = 1,19 \text{ m/d}$, dla piasków średnich wynosi: $k = 6,48 \text{ m/d}$.

Woda pobrana z otworu 2 wykazuje brak agresywności w stosunku do betonu (Zał. 11.).

Stan wód podziemnych uznać należy za zbliżony do średniego, w okresach mokrych (intensywne opady deszczu, wiosenne roztopy), pojawiać się będą intensywne sączenia wody na powierzchniach stropowych gruntów spoistych warstw C i B.

5. Kategoria geotechniczna obiektu budowlanego

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 25.04.2012,poz.463) warunki gruntowo-wodne należy określić jako złożone. Projektowany obiekt należy zaliczyć do II kategorii geotechnicznej.

DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO

1. Zakres wykonanych badań laboratoryjnych i kameralnych

1.1. Badania laboratoryjne

W trakcie wierceń wszystkie grunty, po każdej zmianie stanu lub rodzaju gruntu lecz nie rzadziej niż co 1 m, zostały przebadane makroskopowo, a część z nich przebadano laboratoryjnie. Badaniami laboratoryjnymi określono:

- wilgotność naturalną W_n (%)
- granice konsystencji W_L , W_P (%)
- uziarnienie (S).

Wykonano 16 analiz laboratoryjnych z czego 2 analizy granulometryczne oraz 13 analiz granic konsystencji i 1 analizę wody na agresywność względem betonu i żelbetonu.

1.2. Prace kameralne

W oparciu o wyniki uzyskane z badań, opracowano dokumentację wynikową na którą złożyły się:

- mapa dokumentacyjna w skali 1:500 z naniesionymi punktami wierceń,
- karty dokumentacyjne otworów badawczych w skali 1:100,
- przekroje geotechniczne w skali 1: 250/100,
- karty wyników badań laboratoryjnych,
- wyniki badań sondą DPL wraz z interpretacją,
- objaśnienia znaków i symboli.

1.3. Metodyka badań i interpretacja sondowań CPTu

Na terenie projektowanej Inwestycji przeprowadzono badania gruntu metodą sondowania statycznego CPTU zgodnie z zaleceniami EN 1997-2:2007 - Eurokod 7, Projektowanie geotechniczne – Część 2: Badania podłoża gruntowego. Sonda w postaci stalowego czujnika o kołowym przekroju poprzecznym, zakończona jest stożkiem o kącie rozwarcia równym 60 stopni (powierzchnia stożka wynosi 10 cm^2 , a

powierzchnia tulei ciernej 150 cm^2). W trakcie wprowadzania stożka piezoelektrycznego w podłoże gruntowe, tj. w trakcie penetracji sondy, mierzy się następujące podstawowe parametry:

- siłę oporu penetracji względem powierzchni końcówki stożka - q_c ,
- siłę tarcia względem powierzchni bocznej końcówki znajdującej się bezpośrednio za stożkiem - f_s ,
- ciśnienie porowe generowane na powierzchni stożka w trakcie penetracji - u_2 .

Pomiar dokonywany jest metodą elektroniczną, a sam wynik pomiaru z końcówki sondy przekazywany jest do specjalnego odbiornika metodą akustyczną, co pozwala na bezpośrednie, tj. w czasie rzeczywistym, wykreślenie trzech ciągłych krzywych przedstawiających mierzone wartości w zależności od głębokości penetracji. Badania przeprowadzono penetrometrem typu Georig 220 szwedzkiej firmy Geotech w punktach oznaczonych numerami: CPTu1 i CPTu2. Karty dokumentacyjne parametrów sondowania przedstawiono w załączniku nr 8. Parametry penetracji poddano skorygowaniu (normalizacji) w celu zniwelowania wpływu konstrukcji stożka, głębokości sondowania i innych czynników, które wpływają w trakcie badania na wartości uzyskiwanych pomiarów. Po normalizacji do interpretacji wykorzystuje się następujące wielkości:

- q_t – opór na stożku poprawiony z uwzględnieniem wpływu ciśnienia wody w porach gruntu,
- f_t – tarcie na tulei ciernej poprawione z uwzględnieniem wpływu ciśnienia wody w porach gruntu,
- R_f – współczynnik tarcia, jako stosunek skorygowanego oporu tarcia na tulei ciernej do skorygowanego oporu wyrażony w procentach,
- Q_t – znormalizowany opór na stożku uwzględniający wpływ składowej poziomej naprężenia efektywnego,
- F_r – znormalizowany współczynnik tarcia uwzględniający wpływ składowej poziomej naprężenia efektywnego,
- B_q – znormalizowany współczynnik ciśnienia wody w porach gruntu uwzględniający wpływ składowej poziomej naprężenia efektywnego,

Analiza otrzymanych wyników pozwoliła sklasyfikować grunty, ustalić miąższość warstw oraz określić właściwości fizyko-mechaniczne. Realizacja sondowania oraz interpretacja wyników została przeprowadzona zgodnie z normą PN-B-04452:2002 oraz wytycznymi Eurokodu 7. Do interpretacji wyników badania wykorzystano specjalistyczny program CPT- pro firmy Geosoft Sp. z o. o., będący

wielomodułowym narzędziem umożliwiającym kompleksową analizę, interpretację i prezentację wyników sondowań uzyskanych z badań sondą statyczną. Interpretację profilu gruntowego wykonano według procedury klasyfikacyjnej opartej o nomogramy Robertsona. Badania i interpretacja pozwoliły oszacować średnie wartości następujących parametrów wydzielonych warstw geotechnicznych:

- ID – stopień zagęszczenia, który pozwala określić stan gruntu niespoistego,
- IL – stopień plastyczności gruntów spoistych,
- ϕ' – efektywny kąt tarcia wewnętrznego gruntów spoistych i niespoistych,
- c' – efektywna spójność gruntów spoistych,
- Su – wytrzymałość na ścinanie całkowite nasyconego gruntu spoistego w warunkach bez odpływu wody. Su jest istotnym parametrem wytrzymałościowym, który uwzględnia się w różnych analizach stateczności budowli ziemnych,
- Mo_{CPT} – edometryczne moduły ściśliwości gruntów dla stanu naprężenia „in situ”.

Do określenia rodzajów gruntów wykorzystano adaptacyjny wykres Robertsona dla gruntów polskich (wg PN-B-04452) i system Robertsona 1990, oraz współczynnik tarcia – R_f . W analizie statystycznej charakterystyk penetracji wykorzystano procedurę, z którą parametry sondowania przefiltrowano, a wykresy danych penetracji zostały wygładzone. W procesie ustalenia poszczególnych warstw podłoża gruntowego w analizowanym profilu oraz ustalaniu rodzaju i stanu gruntów budujących te warstwy badano rozkład sześciu charakterystyk sondowania z głębokością tj.: q_n -skorygowanego oporu stożka ($q_n = (q_t - \sigma_v 0)$), f_s - tarcia na tulei czarnej, R_f - współczynnika tarcia, u_2 - ciśnienia porowego oraz tzw. B_q - parametru ciśnienia porowego. Uzyskane rozpoznania porównano oraz odniesiono do propozycji literaturowych ustalenia rodzaju gruntu na podstawie wskaźnika klasyfikacyjnego I_c (Robertson P.K.1990):

$$I_c = ((3,47 - \log Q_t)^2 + (\log(F_r + 1,22))^2)^{0,5}$$

- do określenia parametrów stanu gruntów wykorzystano wyznaczone następujące związki empiryczne, w których uwzględniono aktualne rozwiązania teoretyczne oraz publikacje Katedry Geotechniki Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Dla określenia IL-stopnia plastyczności gruntów spoistych wykorzystano lokalne związki empiryczne, w których współczynniki regresji równania uwzględniają genezę osadu i stopnia prekonsolidacji podłoża (za: Katedrą Geotechniki Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu) i (za: Liszkowski i in., 2004) oraz (Tschuschke, 2013):

$$I_L = a - b \cdot \ln(q_n)$$

gdzie: a , b – współczynniki regresji (przyjmuje się wartości w zakresie:

$$a = 0,500-0,230, b = 0,600-0,213)$$

W przypadku wyznaczania wskaźnika konsystencji I_c (zgodnie z normą EC7 w miejsce I_L) można stosować formułę $I_c = 1 - I_L$.

- przy wyznaczaniu parametrów stanu gruntów niespoistych zastosowano formułę opracowaną przez Mayne (2014):

$$I_D = 0.268 \cdot \ln(q_{t1}) - bx,$$

gdzie: $q_{t1} = (q_t / \sigma_{atm}) / (\sigma_{v_o}' / \sigma_{atm})^{0.5}$, a bx - współczynnik w zakresie 0,525-0,825

- parametry ścinania wyodrębnionych w podłożu warstw gruntów wyznaczono odmiennymi metodami dla gruntów spoistych oraz niespoistych. Wartości parametrów ϕ' i c' dla gruntów spoistych zostały określone w przybliżeniu. Stworzony system opiera się na badaniach porównawczych własnych, jak również dostępnych materiałów z badań na terenie innych obiektów, z uwzględnieniem wyników dla gruntów z następujących grup: mało i średnio spoiste, zwięzło-spoiste oraz bardzo spoiste. Tworząc zależności wykorzystano dostępną literaturę przedmiotu (w szczególności Lunne et al. oraz Senneset (1988)). Podane parametry efektywne należy traktować jako orientacyjne. W tabelach podano wartości średnie wyznaczonych parametrów ϕ' i c' w rozważanej warstwie w celu umożliwienia jakościowego porównania nośności poszczególnych warstw.

Do opisu wytrzymałości warstw gruntów spoistych, wykorzystano także inny parametr, taki jak niedrenowaną wytrzymałość na ścinanie S_u :

$$S_u = (q_c - \sigma_{v0}) / N_{kt}$$

gdzie: N_k – współczynnik stożka zależny od wskaźnika plastyczności I_p (typowe wartości współczynnika N_{kt} przyjmuje się z przedziału 10 – 20, a wartość średnia wynosi $N_{kt} = 15$). Przy interpretacji wykorzystano propozycję Szwedzkiego Instytutu Geotechnicznego gdzie $N_{kt} = 13,4 + 6,65W_L$, przy czym w_L jest wartością granicy plastyczności przyjętą na podstawie badań laboratoryjnych, archiwalnych oraz tabeli własności typowych gruntów polskich (Wiłun 2013). W przypadku gruntów prekonsolidowanych stosowano wyższą wartość współczynnika zgodnie z publikacją Lunne, Robertsn and Powell, 1997,

- dla gruntów niespoistych ustalenie wartości efektywnego kąta tarcia wewnętrznego wyznaczono na podstawie korelacji zapisanej w DIN 4094 (1990) oraz

z uwzględnieniem zależności podanej w załączniku D normy PKN-CEN ISO/TS 17892-9:2009:

$$\phi' = 23 + 13,5 \log(q_c),$$

- do wyznaczenia parametrów odkształceniowych, wyrażonych za pomocą edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej – M_{0CPT} , wykorzystano metodę Mayne (2001), Lunne (1997), Sanglerat (1972):

- dla gruntów spoistych:

$$M_0 = 8,25 * (q_t - \sigma_{v0})$$

- dla gruntów niespoistych:

$M_0 = \alpha * \beta * (q_t - \sigma_{v0})$ gdzie: $\alpha = 4,5 - 5,5$ w zależności od wartości q_c , $\beta = 1,1 - 0,92$ w zależności od wielkości ziaren

W wyniku wykonania inwestycji następuje zmiana stanu naprężenia podłoża, a co za tym idzie również następuje zmiana modułu ścisłości pierwotnej. W takim przypadku wartość jego można wyznaczyć za pomocą wzoru Lunnego, (1997).

2. Parametry wydzielonych warstw geotechnicznych

W podłożu wydzielono warstwy geotechniczne w oparciu o charakter litologiczny oraz przeprowadzone badania parametrów geotechnicznych gruntów. Wydzielono dziewięć warstw geotechnicznych:

- **warstwa N** – to warstwa gleby i nasypów niekontrolowanych. Warstwę tą należy uznać za nie nadającą się do bezpośredniego posadowienia obiektów kubaturowych.
- **warstwa C** – warstwa glin pylastych pochodzenia zastoiskowo-lodowcowego. Są to grunty w stanie plastycznym o symbolu konsolidacji C.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień plastyczności w oparciu o badania laboratoryjne $I_L = 0,35$,
- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 22,00 \%$,
- wilgotność naturalna w oparciu o badania laboratoryjne $W_n = 25,71 \%$,
- gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,89 \text{ g/cm}^3$,
- gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,41 \text{ g/cm}^3$,
- spójność w oparciu o normę PN-B-03020 $C_u = 10,80 \text{ kPa}$,
- kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\phi_u = 13,95^\circ$,
- edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020

$M_0 = 21 \text{ MPa}$,

- moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 15 \text{ MPa}$.

- **warstwa II1** – warstwa zbudowana z piasku średniego. Są to grunty w stanie zagęszczonym.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień zagęszczenia w oparciu o sondowanie CPTu $I_D = 0,80$,
- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 19,80 \%$,
- gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,85 \text{ g/cm}^3$,
- gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,39 \text{ g/cm}^3$
- kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\phi_u = 31,50^\circ$,
- efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 40,70^\circ$,
- edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 150 \text{ MPa}$,
- moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 106 \text{ MPa}$,
- moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 125 \text{ MPa}$.

- **warstwa II2** – warstwa zbudowana z piasku średniego. Są to grunty w stanie zagęszczonym.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień zagęszczenia w oparciu o sondowanie CPTu $I_D = 0,70$,
- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 24,20 \%$,
- gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,85 \text{ g/cm}^3$,
- gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,39 \text{ g/cm}^3$
- kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\phi_u = 30,78^\circ$,
- efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 39,65^\circ$,
- edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 130 \text{ MPa}$,
- moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 89,5 \text{ MPa}$,
- moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 108 \text{ MPa}$.

- **warstwa II3** – warstwa zbudowana z piasku średniego. Są to grunty w stanie zagęszczonym.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień zagęszczenia w oparciu o sondowanie SL (DPL) $I_D = 0,65$
- stopień zagęszczenia w oparciu o sondowanie CPTu $I_D = 0,63$,
- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 24,20 \%$,
- gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,80 \text{ g/cm}^3$,
- gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,39 \text{ g/cm}^3$
- kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\phi_u = 30,60^\circ$,
- efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 39,20^\circ$,
- edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 120 \text{ MPa}$,
- moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 76 \text{ MPa}$,
- moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 100 \text{ MPa}$.

- **warstwa II4** – warstwa zbudowana z piasku średniego. Są to grunty w stanie średniozagęszczonym.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień zagęszczenia w oparciu o sondowanie CPTu $I_D = 0,60$,
- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 24,20 \%$,
- gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,80 \text{ g/cm}^3$,
- gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,39 \text{ g/cm}^3$
- kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\phi_u = 30,24^\circ$,
- efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 37,57^\circ$,
- edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 112 \text{ MPa}$,
- moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 57,7 \text{ MPa}$,
- moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 95 \text{ MPa}$.

- **warstwa II5** – warstwa zbudowana z piasku średniego. Są to grunty w stanie średniozagęszczonym.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień zagęszczenia w oparciu o sondowanie CPTu $I_D = 0,50$,
 - wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 24,20 \%$,
 - gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,80 \text{ g/cm}^3$,
 - gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,39 \text{ g/cm}^3$
 - kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\phi_u = 29,70^\circ$,
 - efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 33,40^\circ$,
 - edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 98 \text{ MPa}$,
 - moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 26 \text{ MPa}$,
 - moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 80 \text{ MPa}$.
- **warstwa III** – warstwa zbudowana z piasku pylastego. Są to grunty w stanie średniozagęszczonym.
- Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:
- stopień zagęszczenia w oparciu o sondowanie SL (DPL) $I_D = 0,65$,
 - wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 17,60 \%$,
 - gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,58 \text{ g/cm}^3$,
 - gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,39 \text{ g/cm}^3$
 - kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\phi = 27,90^\circ$,
 - edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 80 \text{ MPa}$,
 - moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 60 \text{ MPa}$.
- **warstwa B1** – warstwa glin piaszczystych i piaszczystych zwięzłych. Są to grunty w stanie twardoplastycznym o symbolu konsolidacji B.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień plastyczności w oparciu o badania laboratoryjne $I_L = 0,20$,
- stopień plastyczności w oparciu o sondowanie CPTu $I_L = 0,24$,
- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 13,20 \%$,
- wilgotność naturalna w oparciu o badania laboratoryjne $W_n = 16,98 \%$,
- gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,98 \text{ g/cm}^3$,
- gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,40 \text{ g/cm}^3$
- spójność w oparciu o normę PN-B-03020 $C_u = 27,90 \text{ kPa}$,

- spójność efektywna w oparciu o sondowanie CPTu $C' = 14,00$ kPa
 - kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\varphi = 16,65^\circ$,
 - efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 20,0^\circ$,
 - edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 37$ MPa,
 - moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 16$ MPa,
 - moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 27$ MPa.
 - wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach bez odpływu w oparciu o sondowanie CPTu $S_u = 111$ MPa.
- **warstwa B2** – warstwa glin piaszczystych i piaszczystych zwięzłych. Są to grunty w stanie plastycznym o symbolu konsolidacji B.

Najważniejsze parametry geotechniczne to:

- stopień plastyczności w oparciu o badania laboratoryjne $I_L = 0,35$,
 - wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 18,70$ %,
 - wilgotność naturalna w oparciu o badania laboratoryjne $W_n = 18,85$ %,
 - gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,89$ g/cm³,
 - gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,40$ g/cm³
 - spójność w oparciu o normę PN-B-03020 $C_u = 24,30$ kPa,
 - kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\varphi = 13,95^\circ$,
 - edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 27$ MPa,
 - moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 19$ MPa,
- **warstwa A0** – warstwa glin piaszczystych i piaszczystych zwięzłych. Są to grunty w stanie półzwartym o symbolu konsolidacji A.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień plastyczności w oparciu o sondowanie CPTu $I_L < 0,00$,
- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 9,90$ %,
- gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,03$ g/cm³,
- gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,40$ g/cm³
- spójność w oparciu o normę PN-B-03020 $C_u = 45,00$ kPa,
- spójność efektywna w oparciu o sondowanie CPTu $C' = 19,33$ kPa
- kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\varphi = 22,50^\circ$,

- efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 25,67^\circ$,
 - edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 80$ MPa,
 - moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 40,33$ MPa,
 - moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 67$ MPa.
 - wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach bez odpływu w oparciu o sondowanie CPTu $S_u = 273,67$ MPa
- **warstwa A1** – warstwa glin piaszczystych i piaszczystych zwięzłych. Są to grunty w stanie twardoplastycznym o symbolu konsolidacji A.

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień plastyczności w oparciu o badania laboratoryjne $I_L = 0,05$,
- stopień plastyczności w oparciu o sondowanie CPTu $I_L = 0,03$,
- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 15,40$ %,
- wilgotność naturalna w oparciu o badania laboratoryjne $W_n = 13,72$ %,
- gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,94$ g/cm³,
- gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,40$ g/cm³
- spójność w oparciu o normę PN-B-03020 $C_u = 43,20$ kPa,
- spójność efektywna w oparciu o sondowanie CPTu $C' = 18,00$ kPa
- kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\phi = 21,60^\circ$,
- efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 24,14^\circ$,
- edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 70$ MPa,
- moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 32,43$ MPa,
- moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 57$ MPa.

wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach bez odpływu w oparciu o sondowanie CPTu $S_u = 218,71$ MPa.

- **warstwa A2** – warstwa glin piaszczystych i piaszczystych zwięzłych. Są to grunty w stanie twardoplastycznym o symbolu konsolidacji A.

Najważniejsze parametry geotechniczne to:

Najważniejsze obliczeniowe parametry geotechniczne to:

- stopień plastyczności w oparciu o badania laboratoryjne $I_L = 0,10$,
- stopień plastyczności w oparciu o sondowanie CPTu $I_L = 0,11$,

- wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 15,40 \%$,
 - wilgotność naturalna w oparciu o badania laboratoryjne $W_n = 14,49 \%$,
 - gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,94 \text{ g/cm}^3$,
 - gęstość właściwa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 2,40 \text{ g/cm}^3$
 - spójność w oparciu o normę PN-B-03020 $C_u = 40,50 \text{ kPa}$,
 - spójność efektywna w oparciu o sondowanie CPTu $C' = 17,25 \text{ kPa}$
 - kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\varphi = 20,97^\circ$,
 - efektywny kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o sondowanie CPTu $\phi' = 23,0^\circ$,
 - edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 60 \text{ MPa}$,
 - moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o sondowanie CPTu $M_0 = 24 \text{ MPa}$,
 - moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 50 \text{ MPa}$.
 - wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach bez odpływu w oparciu o sondowanie CPTu $S_u = 166,75 \text{ MPa}$.
- **warstwa D** – warstwa ilów. Są to grunty w stanie twardoplastycznym o symbolu konsolidacji D.
- Najważniejsze parametry geotechniczne to:
- stopień plastyczności w oparciu o badania laboratoryjne $I_L = 0,05$,
 - wilgotność naturalna w oparciu o normę PN-B-03020 $W_n = 29,70 \%$,
 - gęstość objętościowa w oparciu o normę PN-B-03020 $\rho = 1,80 \text{ g/cm}^3$,
 - spójność w oparciu o normę PN-B-03020 $C_u = 51,30 \text{ kPa}$,
 - kąt tarcia wewnętrznego w oparciu o normę PN-B-03020 $\varphi = 11,07^\circ$,
 - edometryczny moduł ścisłości pierwotnej w oparciu o normę PN-B-03020 $M_0 = 35 \text{ MPa}$,
 - moduł odkształcenia pierwotnego w oparciu o normę PN-B-03020 $E_0 = 20 \text{ MPa}$,

Pozostałe parametry geotechniczne zostały określone w oparciu o badania laboratoryjne i polowe, a ich wartości przedstawione w tabelarycznym zestawieniu właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów (Zał. 4.).

Ocena wysadzinowości

Ze względu na charakter wysadzinowości grunty należy zaliczyć do:

- grunty spoiste (warstwy C, B1, B2, A0, A1, A2) – grunt bardzo wysadzinowy - GBW,
- grunty sypkie (warstwa II1, II2, II3, II4, II5, III) – grunt niewysadzinowy – GN.

3. Ocena warunków geotechnicznych

W oparciu o przeprowadzone badania można stwierdzić że warunki gruntowo-wodne są złożone. Głównie determinowane jest to przez występowanie wody gruntowej w poziomie i powyżej planowanego poziomu posadowienia. Podłoże budowlane charakteryzuje się występowaniem gruntów średnio zróżnicowanych pod względem genetycznym i litologicznym, grunty stwierdzone podczas badań wykazują parametry fizyczno-mechaniczne od dobrych po bardzo dobre.

Rodzaj gruntów, ich charakterystykę techniczną oraz zarys układu warstw przedstawiają karty dokumentacyjne otworów badawczych (Zał. 5) i przekroje geotechniczne (Zał. 6), a także zestawienie właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów (Zał. 4).

Przypowierzchniową warstwę N stanowią gleby i nasypów, które należy uznać za nie nadające się do bezpośredniego posadowienia obiektów kubaturowych.

W przewidywanym poziomie posadowienia występują głównie osady warstw B1, A1 i A2 oraz lokalnie II i D. Wszystkie grunty niespoiste to grunty w stanie średniozagęszczonym. Grunty spoiste warstw B1, A1, A2 i D to grunty twardoplastyczne o dobrych i bardzo dobrych parametrach fizyczno-mechanicznych.

Wszystkie z tych gruntów mogą stanowić podłoże dla bezpośredniego posadowienia projektowanego obiektu.

Grunty warstwy C oraz B2 to grunty w stanie plastycznym. Obecność gruntów plastycznych poniżej poziomu posadowienia, może prowadzić do nierównomiernego osiadania budynku. Obniżone wartości parametrów geotechnicznych tych gruntów należy uwzględnić podczas projektowania płyty fundamentowej.

Grunty warstw C, B, A i D są wrażliwe na obecność niskich temperatur, są to grunty wysadzinowe, dlatego należy chronić je przed przemarzaniem. Należy również chronić je przed dodatkowym nawodnieniem (przez wody gruntowe, opadowe, technologiczne, itp.). W przypadku nawodnienia grunty te ulegną uplastycznieniu, a w skrajnych przypadkach upłynnieniu, co znacznie pogorszy ich parametry geotechniczne.

W okresie badań stwierdzono występowanie wody podziemnej o napiętym i swobodnym zwierciadle w dwóch warstwach wodonośnych. Pierwsza warstwa nawiercona została na głębokości od 1,80 m p.p.t. (rzędna 117,33 m n.p.m.) w otworze 8 do 4,5 m p.p.t. w otworze 2, 7 i 9 (rzędna odpowiednio 115,64 m n.p.m., 115,69 m n.p.m. i 113,79 m n.p.m.). Ustabilizowany poziom tej warstwy znajduje się na głębokości od 1,80 m p.p.t. (rzędna 117,33 m n.p.m.) w otworze 8 do 2,72 m p.p.t. (rzędna 115,57 m n.p.m.) w otworze 9.

Druga warstwa nawiercona została na głębokości od 4,0 m p.p.t. (rzędna 115,13 m n.p.m.) w otworze 8 do 12,8 m p.p.t. w otworze 7 (rzędna 107,39 m n.p.m.). Ustabilizowany poziom tej warstwy znajduje się na głębokości od 2,40 m p.p.t. (rzędna 116,73 m n.p.m.) w otworze 8 do 8,10 m p.p.t. (rzędna 112,09 m n.p.m.) w otworze 7.

W przypadku wkładek i soczew piaszczystych prowadzących wody podziemne, zalegających powyżej poziomu posadowienia, zostaną one usunięte podczas robót ziemnych. W takim przypadku problem nawadniania obszaru wykopu wielkoprzestrzennego zostanie zniwelowany do minimum.

W przypadku soczew zlokalizowanych w obrębie skarp wykopu, może dochodzić do okresowego wypływu wody, zwłaszcza w trakcie i po intensywnych opadach atmosferycznych.

W przypadku soczewy i warstw piaszczystych zlokalizowanych w dnie wykopu, należy przewidzieć konieczność lokalnego odwadniania poprzez zastosowanie igłofiltrów lub niewielkich studni odwadniających.

4. Wnioski i zalecenia

- 4.1. Na części terenu powierzchnię warstwę stanowią gleby i nasypy antropogeniczne. Grunty te należy traktować jako nie nadające się do bezpośredniego posadowienia obiektów kubaturowych.
- 4.2. Grunty warstw C, B1, B2, A0, A1, A2 i D należy chronić przed wodą gruntową, opadową, technologiczną, itp.
- 4.3. Grunty warstw C, B1, B2, A0, A1, A2 i D należy chronić przed niskimi temperaturami i przemarzaniem.
- 4.4. Grunty warstw B1, A0, A1, A2 i D są gruntami w stanie półzwałym i twardoplastycznym, o dobrych i bardzo dobrych parametrach

- wytrzymałościowych i mogą stanowić podłoże do bezpośredniego posadowienia.
- 4.5. Grunty warstwy C oraz B2 to grunty w stanie plastycznym. Obecność gruntów plastycznych poniżej poziomu posadowienia, może prowadzić do nierównomiernego osiadania budynku
- 4.6. Grunty warstw II1, II2, II3 są gruntami w stanie zagęszczonym o dobrych parametrach geotechnicznych, a grunty warstw II4, II5 i III są gruntami w stanie średniozagęszczonym, o dobrych parametrach geotechnicznych. Mogą stanowić podłoże do bezpośredniego posadowienia.
- 4.6. W badanej przestrzeni geologicznej w okresie badań stwierdzono występowanie wody podziemnej o napiętym i swobodnym zwierciadle w dwóch warstwach wodonośnych.
- 4.7. W przypadku soczewy i warstw piaszczystych zlokalizowanych w dnie wykopu, należy przewidzieć konieczność lokalnego odwadniania poprzez zastosowanie igłofiltrów lub niewielkich studni odwadniających
- 4.8. Stan wód podziemnych uznać należy za zbliżony do średniego, w okresach mokrych (intensywne opady deszczu, wiosenne roztopy), pojawiać się będą intensywne sączenia wody na powierzchniach stropowych gruntów spoistych oraz zostaną zasilane zewnątrz warstwy wodonośne.
- 4.9. Grunty warstw A, B i D należy zaliczyć do klasy przepuszczalności E czyli gruntów nieprzepuszczalnych, grunty warstwy C i III do klasy C czyli średnio przepuszczalnych, grunty warstw II do klasy B czyli dobrze przepuszczalnych.
- 4.10. Do obliczeń statycznych podaje się w zestawieniu tabelarycznych (Zał. 4) wartości parametrów geotechnicznych gruntów budujących poszczególne warstwy.
- 4.11. Rodzaj opracowania jest zgodny z wymogami Prawa Budowlanego (Ustawa z dn. 7 lipca 1994 r., Dz. u. Nr 89, poz. 414) oraz Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz. U. poz. 463).