



# G E O P R O J E C T

GEOPROJECT Sp. z o.o., ul. Leszczyńskiego 4/25, 50-078 Wrocław

Biuro: ul. Oławska 23 J, 55-220 Jelcz-Laskowice

NIP: 898-21-72-148

WWW.GEOPROJECT.COM.PL

Regon: 021220076

**ZLECENIODAWCA:** CCI Sp. z o.o.  
55-095 Mirków-Długołęka, ul. Robotnicza 69

**WYKONAWCA:**  
GEOPROJECT Sp. z o.o.  
50-078 Wrocław, ul. Leszczyńskiego 4/25

**ZADANIE:**  
*Badania geotechniczne w części południowo-zachodniej murów  
obronnych Zamku Joannitów w Łagowie, woj. lubuskie*



**STADIUM:** Ekspertyza Geotechniczna

**OPRACOWANIE:** mgr Anna BUDZIŃSKA-KOŹLIK  
upr. geol. nr 070554  
dr inż. Waldemar TUTAJ  
upr. bud. nr 71/DOŚ/07  
mgr inż. Anna ADAMOWICZ-PALMA  
upr. geol. kat. XI nr 30/2010  
upr. geol. kat. XII nr 18/2011

**WROCLAW, Maj 2018 r.**

# SPIS ZAWARTOŚCI

## OPIS GEOTECHNICZNY

1. Podstawa opracowania.....	3
2. Cel i zakres opracowania .....	3
3. Materiały wyjściowe.....	3
4. Położenie, budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne .....	4
5. Opis wykonanych prac.....	5
5.1 Badania polowe .....	5
5.2 Likwidacja wyrobisk.....	5
5.3 Prace kameralne.....	6
6. Charakterystyka geotechniczna gruntów.....	6
7. Warunki posadowienia obiektu .....	6
8. Propozycja wzmocnienia posadowienia .....	7
9. Wnioski i zalecenia.....	8

**ZAŁĄCZNIK Nr 1 – Plan sytuacyjny - Rozmieszczenie otworów badawczych**

**ZAŁĄCZNIK Nr 2 – Karty dokumentacyjne otworów wiertniczych**

**ZAŁĄCZNIK Nr 3 – Karty dokumentacyjne sondowań dynamicznych**

**ZAŁĄCZNIK Nr 4 – Przekroje geologiczno – inżynierskie**

**ZAŁĄCZNIK Nr 5 – Objaśnienia znaków i symboli zastosowanych w opracowaniu**

**ZAŁĄCZNIK Nr 6 – Wyniki badań laboratoryjnych**

**ZAŁĄCZNIK Nr 7 – Tabela wartości parametrów geologiczno-inżynierskich  
wydzielonych warstw**

**ZAŁĄCZNIK Nr 8 – Dokumentacja fotograficzna**

**ZAŁĄCZNIK Nr 9 – Deklaracja zgodności sondy SD-10 (DPL)**

**ZAŁĄCZNIK Nr 10 – Koncepcja wzmocnienia**

# **OPIS GEOTECHNICZNY**

## **1. Podstawa opracowania**

Ekspertyzę geotechniczną „*Badania geotechniczne w części południowo-zachodniej murów obronnych Zamku Joannitów w Łagowie, woj. lubuskie*” opracowano na podstawie Zlecenia Firmy CCI Sp. z o.o., ul. Robotnicza 69, 55-095 Mirków-Długołęka, z dnia 09.04.2018r.

## **2. Cel i zakres opracowania**

Celem opracowania jest określenie warunków gruntowo-wodnych podłoża w narożu południowo-zachodnim murów obronnych Zamku Joannitów, pow. świebodziński, gm. Łagów.

Przeprowadzono rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych do głębokości 4,50÷6,20 m p.p.t.

Uzgodniony zakres prac obejmował:

- ustalenie rodzaju i stanu gruntów występujących na terenie objętym opracowaniem;
- dokonanie podziału gruntów na warstwy geotechniczne oraz podanie parametrów geotechnicznych poszczególnych warstw;
- ustalenie poziomu występowania wody gruntowej;
- określenie wartości parametrów fizyczno-mechanicznych gruntów w wydzielonych warstwach geotechnicznych;
- wykonanie 4 szt. przewiertów przez mur oraz fundament muru;
- podanie zaleceń projektowych w odniesieniu do rozpoznanych warunków geotechnicznych.

## **3. Materiały wyjściowe**

- 3.1. Uproszczona dokumentacja geologiczno-inżynierska do projektu technicznego zabezpieczenia murów zabytkowych przy Zamku w Łagowie Lubuskim, Zielona Góra, listopad 1977r.
- 3.2. Budowa geologiczna Polski – J. Malinowski, Warszawa 1991 r.
- 3.3. Budowa geologiczna Polski – Hydrogeologia. Pod redakcją J. Malinowskiego, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1991 r.
- 3.4. Geografia regionalna Polski – J. Kondracki, PWN, Warszawa 2002 r.
- 3.5. Zarys geotechniki. Z. Wiłun, Warszawa 2007 r.
- 3.6. PN-B-04452:2002 „Geotechnika. Badania Polowe”.

- 3.7. PN-B-03020:1981 „Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie”.
- 3.8. PN-B-02480:1986 „Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów”.
- 3.9. PN-B-04481:1988 „Grunty budowlane badania próbek gruntów”.
- 3.10. PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7: Projektowanie Geotechniczne Część 1: Zasady ogólne, Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- 3.11. PN-B-02479:1998. „Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne”.
- 3.12. Dz. U. Nr 81 z 2012 poz. 463 Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 27 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych.

#### **4. Położenie, budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne**

Obszar badań położony jest we wsi Łągów, gm. Łągów, pow. świebodziński, woj. lubuskie.

Pod względem podziału fizycznogeograficznego Polski wg J. Kondrackiego [3.4] teren badań położony jest w obrębie następujących jednostek:

- Prowincja: Niż Środkowoeuropejski,
- podprowincja: Pojezierza Południowobałtyckie,
- makroregion: Pojezierze Lubuskie,
- mezoregion: Pojezierze Łagowskie.

Ukształtowanie terenu i budowa geologiczna związana jest z plejstoceniową działalnością lądolodów oraz ich topniejących wód, a także późniejszych procesów erozyjnych. Lądolód wkraczał na omawiany obszar kilkakrotnie. Występują tutaj głównie tereny wysoczyznowe przecinane rozcięciami erozyjnymi w postaci dolin rynnowych zalanych na wielu odcinkach wodami jezior, jezior rynnowych (polodowcowych). Przykładem takich jezior są Jezioro Ciecz (Trześniowskie) i Jezioro Łagowskie. Jezioro Trześniowskie łączy się z pobliskim Jeziorem Łagowskim poprzez krótki kanał. Przesmyk dzielący oba jeziora został sztucznie usypany, a na nim Zakon Joannitów wybudował zamek. Obiektem badań terenowych są mury obronne Zamku Joannitów w części południowo-zachodniej.

Powierzchnia terenu w pobliżu terenu badań jest mało zróżnicowana. Rzędne terenu mieszczą się w przedziale 109,30÷109,21 m n.p.m.

Budowa geologiczna omawianego terenu rozpoznana została wierceniami do głębokości 3,8 m p.p.t. i sondowaniami dynamicznymi do głębokości 6,20 m p.p.t. Teren badań położony jest w obrębie rynny polodowcowej spłyconej i zamulonej. Sztuczne

nadsypanie doprowadziło do powstania przesmyku przedzielającego jeziora Łagowskie i Ciecz. W zbadanym podłożu przypowierzchniowo stwierdzono występowanie gruntów nasypowych (miąższości do około 2,0 m) z dodatkiem humusu, gruzu ceglanego i kamieni granitowych. Poniżej we wszystkich otworach (O-1÷O-8) zlokalizowano grunty organiczne tj. namuły piaszczyste i namuły miąższości 1,0÷1,5 m z fragmentami zbutwiałego drewna. Zawartość części organicznych w tych gruntach jest duża i wynosi od ~12% do ~18%. Głębiej występują piaski średnie zamulone przechodzące w piaski średnie i drobne w stanie średniozagęszczonym lokalnie zagęszczonym.

W wyniku wykonanych prac geologicznych stwierdzono, iż poziom wodonośny występuje w utworach piaszczystych na głębokości 2,00÷3,80 m p.p.t. Zwierciadło wodonośne jest napięte. Zasoby wody gruntowej zmieniają się pod wpływem opadów atmosferycznych, parowania, poziomu lustra wody w pobliskiej rzece oraz mogą ulec wahaniom sezonowym  $\pm 1,0$  m.

Wyniki rozpoznania podłoża budowy geologicznej przedstawiono w postaci kart dokumentacyjnych otworów badawczych (Zał. nr 2) oraz na przekrojach geotechnicznych (Zał. nr 4).

## **5. Opis wykonanych prac**

### **5.1 Badania polowe**

W ramach badań polowych wykonano 8 szt. otworów badawczych średnicy  $\varnothing$  80 mm oraz sondowań dynamicznych DPL-10 do głębokości 3,80÷6,20 m p.p.t. W celu zlokalizowania poziomu posadowienia narożnika południowo-zachodniego muru wykonano przewiert rdzeniowe  $\varnothing$  150 mm przez mur i fundament muru. Lokalizację otworów wiertniczych, sondowań dynamicznych oraz przewiertów przez mur i fundament przedstawiono na Zał. nr 1.

Otwory badawcze odwiercone zostały w systemie wiercenia na sucho bez rur osłonowych. Podczas prowadzenia robót badawczych na bieżąco prowadzono opis makroskopowy gruntów (określono rodzaj, domieszki, przewarstwienia, barwę, wilgotność). Wyniki wierceń badawczych (Zał. nr 2) posłużyły do wydzielenia warstw geotechnicznych w podłożu, tym samym do określenia warunków geologiczno-inżynierskich.

## 5.2 Likwidacja wyrobisk

Po zakończeniu badań otwory badawcze zostały zlikwidowane poprzez zasypianie i ubicie urobkiem. Zachowano naturalny profil litologiczny utworów.

## 5.3 Prace kameralne

W ramach prac kameralnych wykonano analizę wyników badań polowych oraz graficzne i tekstowe opracowanie Ekspertyzy Geotechnicznej.

## 6. Charakterystyka geotechniczna gruntów

Na podstawie cech fizyko-mechanicznych (stopnia plastyczności) podano klasyfikację występujących w podłożu gruntów oraz wydzielono 7 warstw geotechnicznych:

**I a** – nasypy niekontrolowane (humus, gruz ceglany i kamienie granitowe), występujące w plastycznym  $I_L=0,50^*$ ;

**II a** – namuły piaszczyste, wilgotne, średniozagęszczone lokalnie luźne  $I_L=0,50^*$ ,  $I_{om}>12\%$ ;

**II b** – namuły, wilgotne, plastyczne  $I_L=0,55^*$ ,  $I_{om}>17\%$ ;

**III a** – piaski drobne, nawodnione, średniozagęszczone o  $I_D=0,55\div0,66$ ;

**IV a** – piaski średnie przewarstwione namułami, nawodnione, luźne o  $I_D=0,33$ ;

**IV b** – piaski średnie, nawodnione, średniozagęszczone o  $I_D=0,48$ ;

**IV c** – piaski średnie z kamieniami, nawodnione, średniozagęszczone o  $I_D=0,65$ .

Wartości parametrów geologiczno-inżynierskich wydzielonych warstw geotechnicznych zestawione zostały w Zał. nr 7.

## 7. Warunki posadowienia obiektu

Poziom posadowienia narożnika południowo-zachodniego murów zlokalizowano na głębokości około 0,90 m p.p.t. Fundament zbudowany jest z granitowych kamieni polnych (otoczeków) uzupełnianych w górnej części cegłą. Zaprawa wapienna o wytrzymałości około 0,5 MPa, u podstawy fundamentu kamienie ułożone bez zaprawy.

Grubość muru pomierzona na wysokości 1,50 m powyżej poziomu terenu wynosi: 1,80 m w części południowej i 1,60 m w części północnej. Lico muru wykonane z cegły na zaprawie cementowo-wapiennej o wytrzymałości 1,0÷2,0 MPa, wewnątrz kamienie granitowe

przekładane cegłą na zaprawie wapiennej o wytrzymałości około 1,0 MPa. Mur na głębokości powyżej 0,30 m spękany, rozwarstwiony, zaprawa luźna.

## **8. Propozycja wzmocnienia posadowienia**

Mur w rejonie narożnika południowo-zachodniego jest spękany, wychylony i rozwarstwiony. Widoczne uszkodzenia powstały na skutek obrotu i przesuwu (poziomego na zewnątrz) podstawy fundamentu mury.

W celu wyeliminowania stanu awaryjnego należy bezwzględnie wzmocnić posadowienie fundamentów narożnika muru od strony południowo-zachodniej w zakresie nie mniejszym niż wskazanym w Zał. nr 10. Proponuje się wykonanie kolumn cementowo-gruntowych w technologii iniekcji strumieniowej „jet-grouting”. Metoda ta pozwala na bezdarurowe wzmocnienie posadowienia, a „wycinany” pod podstawą fundamentu grunt „nienośny” zostaje wymieniony na grutobeton o wytrzymałości od 3,0 do 7,0 MPa. Zakres wzmocnienia powinien obejmować południowo-zachodnią część fundamentów murów. Należy natychmiast podjąć prace zabezpieczające i naprawcze. W pozostałej części mur jest w złym stanie technicznym, lokalnie awaryjnym – należy pilnie dokonać oceny stanu technicznego całego muru.

Przed przystąpieniem do prac iniekcyjnych wzmacniających posadowienie należy założyć repery do pomiaru przemieszczeń pionowych i poziomych murów oraz szerokości rozwarcia istniejących pęknięć. Zaleca się wykonać „zerowy” pomiar geodezyjny przed przystąpieniem do robót na uprzednio obsadzonych reperach. Podczas rozpoczęcia prac należy prowadzić pomiary geodezyjne minimum raz w tygodniu. Na podstawie wykonanych pomiarów należy sporządzać operaty geodezyjne. O wynikach pomiarów należy informować kierownictwo budowy.

Jako medium iniekcyjne zastosować zaczyn cementowy na bazie cementu portlandzkiego CEM I klasy 42,5 R. Minimalne zużycie cementu na kolumny o średnicy  $\varnothing 800$  mm - 350 kg oraz na kolumny o średnicy  $\varnothing 800/1000$  mm - 420 kg.



## 9. Wnioski i zalecenia

- 9.1 Zgodnie z Rozporządzeniem MTBiGM z dnia 27 kwietnia 2012 r. (Dz.U. Nr 81, poz. 463) w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych stwierdzono, że w podłożu gruntowym w poziomie posadowienia występują proste warunki gruntowo-wodne. Obiekt badań (ze względu na charakter zabytkowy) należy zaliczyć go do III kategorii geotechnicznej.
- 9.2 Budowa geologiczna omawianego terenu rozpoznana została wierceniami i sondowaniami dynamicznymi do głębokości 4,50÷6,20 m p.p.t. Teren badań położony jest w obrębie rynny polodowcowej spłyconej i zamulonej. Sztuczne nadsypanie doprowadziło do powstania przesmyku przedzielającego jeziora Łagowskie i Ciecz. Przesmyk dzielący oba jeziora został sztucznie usypany, a na nim Zakon Joannitów wybudował zamek.
- 9.3 W zbadanym podłożu przypowierzchniowo stwierdzono występowanie gruntów nasypowych (miąższości do około 2,0 m) z dodatkiem humusu, gruzu ceglanego i kamieni granitowych. Poniżej we wszystkich otworach (O-1÷O-8) zlokalizowano grunty organiczne tj. namuły piaszczyste i namuły miąższości 1,0÷1,5 m z fragmentami zbutwiałego drewna. Zawartość części organicznych w tych gruntach jest duża i wynosi od ~12% do ~18%. Głębiej występują piaski średnie zamulone przechodzące w piaski średnie i drobne w stanie średniozagęszczonym lokalnie zagęszczonym.
- 9.4 W wyniku wykonanych prac geologicznych stwierdzono, iż poziom wodonośny występuje w utworach piaszczystych na głębokości 2,00÷3,80 m p.p.t. Zwierciadło wodonośne jest napięte. Zasoby wody gruntowej zmieniają się pod wpływem opadów atmosferycznych, parowania, poziomu lustra wody w pobliskiej rzece oraz mogą ulec wahaniom sezonowym  $\pm 1,0$  m.
- 9.5 Na podstawie uziarnienia i cech fizyko-mechanicznych podano klasyfikacje gruntów dla posadowienia jako:

**Warstwa I a** – nasypy niekontrolowane (humus, gruz ceglany i kamienie granitowe), występujące w stanie plastycznym  $I_L=0,50^*$ , przydatność tych gruntów do posadowienia można ocenić jako złą – grunty „nienośne”;

**Warstwa II a** – namuły piaszczyste, wilgotne, występujące w stanie plastycznym  $I_L=0,50^*$ ,  $I_{om}>12\%$ , przydatność tych gruntów do posadowienia można ocenić jako złą – grunty „nienośne”;

**Warstwa II b** – namuły, wilgotne, występujące w stanie plastycznym  $I_L=0,55^*$ ,  $I_{om}>17\%$ , przydatność tych gruntów do posadowienia można ocenić jako złą – grunty „nienośne”;

**Warstwa III a** – piaski drobne, nawodnione, występujące w stanie średniozagęszczonym o  $I_D=0,55\div0,66$ , przydatność tych gruntów do posadowienia można ocenić jako dobrą – grunty „nośne”;

**Warstwa IV a** – piaski średnie przewarstwione namułami, nawodnione, występujące w stanie luźnym o  $I_D=0,33$ , przydatność tych gruntów do posadowienia można ocenić jako złą – grunty „nienośne”;

**Warstwa IV b** – piaski średnie, nawodnione, występujące w stanie średniozagęszczonym o  $I_D=0,48$ , przydatność tych gruntów do posadowienia można ocenić jako dobrą – grunty „nośne”;

**Warstwa IV c** – piaski średnie z kamieniami, nawodnione, występujące w stanie średniozagęszczonym o  $I_D=0,65$ , przydatność tych gruntów do posadowienia można ocenić jako dobrą – grunty „nośne”.

- 9.6 Głębokość przemarzania gruntu dla miejscowości Łągów wynosi  $H_z=0,8$  m. Podłoże wrażliwe na przemarzanie, nawodnienie oraz wahania wód gruntowych.
- 9.7 W ramach prac polowych wykonano 8 szt. otworów badawczych średnicy  $\varnothing 80$  mm oraz sondowań dynamicznych DPL-10 do głębokości  $4,50\div6,20$  m p.p.t. W celu zlokalizowania poziomu posadowienia narożnika muru wykonano przewiert rdzeniowe  $\varnothing 150$  mm przez mur i fundament muru. Dokładną lokalizację wykonanych wierceń geologicznych oraz odkrywek fundamentowych przedstawiono na Zał. nr 1 (Plan sytuacyjny – Rozmieszczenie otworów badawczych).
- 9.8 Poziom posadowienia narożnika południowo-zachodniego murów zlokalizowano na głębokości około  $0,90$  m p.p.t. Fundament zbudowany jest z granitowych kamieni polnych (otoczaków) uzupełnianych w górnej części cegłą. Zaprawa wapienna o wytrzymałości około  $0,5$  MPa, u podstawy fundamentu kamienie ułożone bez zaprawy.
- 9.9 Grubość muru pomierzona na wysokości  $1,50$  m powyżej poziomu terenu wynosi:  $1,80$  m w części południowej i  $1,60$  m w części północnej. Lico muru wykonane z cegły na zaprawie cementowo-wapiennej o wytrzymałości  $1,0\div2,0$  MPa, wewnątrz kamienie granitowe przekładane cegłą na zaprawie wapiennej o wytrzymałości około  $1,0$  MPa. Mur na głębokości powyżej  $0,30$  m spękany, zaprawa luźna.
- 9.10 Mur w rejonie narożnika południowo-zachodniego jest spękany, wychylony i rozwarstwiony. Widoczne uszkodzenia powstały na skutek obrotu i przesuwu (poziomego na zewnątrz) podstawy fundamentu mury.

- 9.11** Występujące poniżej poziomu posadowienia grunty organiczne są bardzo wrażliwe na zmianę poziomu wody gruntowej. Nawet niewielkie obniżenie poziomu wody skutkować będzie konsolidacją namulów. Dodatkowo przepływ wód podziemnych w rejonie muru powoduje wymywanie części organicznych oraz mineralnych pylastych, powodując rozluźnienie gruntu pod fundamentem.
- 9.12** Posadowienie muru nie spełnia żadnego warunku stateczności (nośności pionowej, obrotu i przesuwu). Należy przypuszczać, że mur pierwotnie posadowiony był na palach drewnianych a poziom wody gruntowej historycznie był około 0,50÷1,0 m wyższy – zgodnie z poziomem stropu namulów.
- 9.13** Aby ustabilizować posadowienie muru należy wykonać kolumny iniekcyjne wchodzące podstawami min. 1,50 m w średniozagęszczone piaski. Przed wzmocnieniem posadowienia należy rozebrać górną część wychylonego muru.
- 9.14** Wodę opadową spływającą ze skarp oraz wypływającą z rynien zamku należy wyprowadzić kanalizację deszczową poza obrys murów.
- 9.15** Od strony wewnętrznej murów zaleca się wykonać izolację pionową, np. metodą iniekcji bentonitowo-cementowej. Można rozważyć wykonanie drenów wgłębnych przechodzących przez mury i odprowadzających wodę gruntową napierającą od strony wewnętrznej.
- 9.16** W istniejącym stanie technicznym należy bezwzględnie utrzymać krzewy i drzewa na skarpie pomiędzy zamkiem a murem. Można ewentualnie przyciąć korony drzew. Istniejąca roślinność odparowuje nadmiar wody, a system korzeniowy wzmacnia skarpy, zmniejszając napór gruntu na mury.
- 9.17** Przed przystąpieniem do prac iniekcyjnych wzmacniających posadowienie należy założyć repery do pomiaru przemieszczeń pionowych i poziomych murów oraz szerokości rozwarcia istniejących pęknięć. Zaleca się wykonać „zerowy” pomiar geodezyjny przed przystąpieniem do robót na uprzednio obsadzonych reperach. Podczas rozpoczęcia prac należy prowadzić pomiary geodezyjne minimum raz w tygodniu. Na podstawie wykonanych pomiarów należy sporządzać operaty geodezyjne. O wynikach pomiarów należy informować kierownictwo budowy.
- 9.18** Stan techniczny narożnika południowo-zachodniego murów jest katastrofalny. Należy natychmiast podjąć prace zabezpieczające i naprawcze. W pozostałej części mur jest w

złym stanie technicznym, lokalnie awaryjnym – należy pilnie dokonać oceny stanu technicznego całego muru.

## **ZAŁĄCZNIK Nr 1**

### **Plan sytuacyjny – Rozmieszczenie otworów badawczych**

## **ZAŁĄCZNIK Nr 2**

### **Karty dokumentacyjne otworów wiertniczych**

## **ZAŁĄCZNIK Nr 3**

### **Karty dokumentacyjne sondowań dynamicznych DPL-10**

## **ZAŁĄCZNIK Nr 4**

### **Przekroje geologiczno-inżynierskie**



## **ZAŁĄCZNIK Nr 5**

**Objaśnienie znaków i symboli zastosowanych  
w opracowaniu**

## **ZAŁĄCZNIK Nr 6**

### **Wyniki badań laboratoryjnych**

## **ZAŁĄCZNIK Nr 7**

**Tabela wartości parametrów geologiczno-  
inżynierskich wydzielonych warstw**

## **ZAŁĄCZNIK Nr 8**

### **Dokumentacja fotograficzna**

## **ZAŁĄCZNIK Nr 9**

### **Deklaracja zgodności sondy DPL-10**

## **ZAŁĄCZNIK Nr 10**

### **Koncepcja wzmocnienia**