

# BIURO INŻYNIERSKIE

**WILHELM JANUSZ SZCZUREK**

**Stabilizacje podłoża, nasypów kolejowych i drogowych**

Siedziba: ul. Biała 22, 54-044 WROCLAW  
NIP: 894-10-92-814 REGON: 020036117 Nr ewidencyjny: 208772  
PKO BP III O/WROCLAW 29 1020 5242 0000 2102 0244 6136

tel/fax/kom:  
**0 71-353-01-91**  
**0 603-999-865**

**Zleceniodawca:**

Zarząd Dróg Powiatowych w Kłodzku  
ul. Objazdowa 20  
57-300 Kłodzko

## ***Dokumentacja geologiczno – inżynierska***

***dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich podłoża w rejonie osuwiska  
powstałego na skarpie zbocza przy drodze powiatowej nr 3232D  
wzdłuż ul. Wojska Polskiego 10 w Międzygórzu***

### **Lokalizacja:**

Miejscowość: Międzygórze  
Gmina: Bystrzyca Kłodzka  
Powiat: kłodzki  
Województwo: dolnośląskie

### **Opracował zespół:**

mgr inż. Milena Kucharska – Ulatowska  
upr. VII – 1527  
mgr Piotr Szczurek  
mgr Ewelina Antczak  
mgr inż. Wilhelm Janusz Szczurek  
upr. CUG 070522

Właściciel Firmy

mgr inż. Wilhelm Janusz Szczurek

## SPIS TREŚCI

<b>1. WSTĘP .....</b>	<b>4</b>
1.1. Podstawa formalna opracowania.....	4
1.2. Cel i zakres wykonanych prac .....	4
1.3. Wykorzystane akty prawne, instrukcje i normy.....	6
<b>CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ .....</b>	<b>6</b>
2.1. Lokalizacja .....	6
2.2. Położenie geograficzne, morfologia i hydrografia.....	6
2.3. Infrastruktura i zagospodarowanie terenu .....	7
2.4. Dysfunkcja infrastruktury drogowej.....	7
<b>CHARAKTERYSTYKA OSUWISKA .....</b>	<b>8</b>
3.1. Rodzaj osuwiska .....	8
3.2. Geometria osuwiska .....	8
3.3. Przyczyna powstania osuwiska .....	9
<b>4. ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ I OPIS METOD BADAWCZYCH.....</b>	<b>9</b>
4.1. Badania terenowe .....	10
4.1.1. Pomiary geodezyjne .....	10
4.1.2. Wiercenia badawcze .....	10
4.1.3. Profilowanie wyrobisk, pobór próbek gruntu i wody gruntowej.....	11
4.1.4. Odkrytki badawcze.....	11
4.1.5. Badania georadarowe.....	12
4.1.6. Wiercenie otworów pod kotwy D-18/20 mm .....	13
4.1.7. Kotwienie. Ładunki klejowe. Technologia zabudowy .....	13
4.1.8. Sprawdzenie nośności osadzenia kotwi.....	13
4.2. Badania laboratoryjne .....	13
4.3. Prace kameralne.....	14
<b>5. BUDOWA GEOLOGICZNA .....</b>	<b>14</b>
<b>6. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE.....</b>	<b>15</b>
<b>7. WARUNKI GEOLOGICZNO - INŻYNIERSKIE .....</b>	<b>16</b>
7.1. Wydzielenie warstw geotechnicznych .....	16
7.2. Charakterystyka warunków geologiczno-inżynierskich .....	17
<b>9. WPŁYW PROJEKTOWANEJ INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO.....</b>	<b>18</b>
<b>10. ZAKRES I SPOSÓB PROWADZENIA MONITORINGU .....</b>	<b>18</b>
<b>11. PODSUMOWANIE I WNIOSKI .....</b>	<b>19</b>
<b>12. ZALECENIA.....</b>	<b>21</b>
<b>13. WYKORZYSTANE MATERIAŁY .....</b>	<b>22</b>

## SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

1. Wycinek Mapy topograficznej w skali 1:25 000
2. Wycinek Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000
3. Wycinek mapy Geośrodowiskowej w skali 1:50 000
4. Mapa dokumentacyjna z lokalizacją punktów badawczych w skali 1:500
5. Przekroje geologiczno-inżynierskie
6. Karty otworów geotechnicznych oraz odkrywek badawczych
7. Badania laboratoryjne
8. Przekroje georadarowe
9. Dokumentacja fotograficzna
10. Decyzja zatwierdzająca „Projekt robót geologicznych...”
11. Karta informacyjna dokumentacji geologiczno-inżynierskiej

## SPIS TABEL

**Tabela nr 1.** Zestawienie wykonanych wierceń badawczych

**Tabela nr 2.** Zestawienie ilościowe wykonanych badań laboratoryjnych

**Tabela nr 3.** Zestawienie warstw geotechnicznych

## 1. WSTĘP

### 1.1. Podstawa formalna opracowania

Niniejsza „*Dokumentacja geologiczno-inżynierska...*” została sporządzona przez Biuro Inżynierskie Wilhelm Szczurek z siedzibą we Wrocławiu przy ulicy Białej 22, na zlecenie Zarządu Dróg Powiatowych w Kłodzku z siedzibą w Kłodzku przy ul. Objazdowej 20. Dokumentację wykonano dla oceny warunków geologiczno – inżynierskich podłoża drogi powiatowej nr 3232D wzdłuż ul. Wojska Polskiego od budynków nr 10 - 12 w Międzygórzu, w celu likwidacji osuwiska na skarpie południowej potoku Wilczka, zdeformowanej nawierzchni drogi i chodnika, zdeformowanej parciem bocznym bariery energochłonnej, odchylonych od pionu latarni, uszkodzonego muru oporowego w rejonie budynku nr 10 oraz rekonstrukcji nasypu w miejscu uszkodzonej skarpy na odcinku koryto potoku Wilczka – chodnik przy ul. Wojska Polskiego nr 10.

Ulica Wojska Polskiego jest jedyną drogą umożliwiającą dojazd do centrum Międzygórza i samego Międzygórza.

Podstawą wykonania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej jest „*Projekt prac geologicznych określający stan podłoża i skarpy w rejonie osuwiska powstałego na skarpie zbocza przy drodze powiatowej nr 3232D przy ul. Wojska Polskiego 10 w Międzygórzu*”, sporządzony przez Biuro Inżynierskie we Wrocławiu, zatwierdzony decyzją nr PG.6540.3.4.2016 z dnia 19 sierpnia 2016 z up. Starosty Kłodzka przez Geologa Powiatowego Pana mgr inż. Piotra Wojtkowskiego (Załącznik nr 10).

Prace projektowe i dokumentacyjne poprzedzone zostały opracowaniem *Karty dokumentacyjnej osuwiska*, w której oprócz lokalizacji, opisu stanu zjawiska geodynamicznego podjęto próbę określenia przyczyn i mechanizmu jego powstania.

Dokumentację opracowano w oparciu o Ustawę z dnia 9 czerwca 2011 roku „Prawo geologiczne i górnicze” (Dz. U. nr 163, poz. 981, z późn. zm.), Ustawę z dnia 27.04.2001 r. „Prawo ochrony środowiska” (Dz. U. Nr 62 poz. 627), Ustawę z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz.U. z 2015 r. poz. 1651 ze zm.), Ustawę z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opieki nad zabytkami ( t.j. Dz. U. z 2014 r. poz. 1446 ze zm.) – z uwagi na położenie terenu w obrębie strefy „A” ochrony konserwatorskiej, jak również w oparciu o wymagania zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno – inżynierskiej (Dz. U. 2014, poz. 596) oraz 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).

Właścicielem terenu, na którym wykonano przedmiotowe badania geologiczne jest:  
Dz. nr 178/1 – Gmina Bystrzyca Kłodzka.

### 1.2. Cel i zakres wykonanych prac

Głównym celem opracowania jest określenie warunków geologiczno-inżynierskich, występujących w rejonie osuwiska powstałego w podłożu drogi powiatowej nr 3232D wzdłuż ul. Wojska Polskiego w Międzygórzu, szczególnie w rejonie budynku nr 10, oraz w podłożu pod konstrukcją jezdni na całym jej odcinku. Na jej podstawie opracowana zostanie technologia stabilizacji podłoża skalnego, na którym oparta jest konstrukcja drogi oraz rekonstrukcja nasypu i muru oporowego w rejonie ściany nośnej budynku nr 10. Opracowana dokumentacja geologiczno-inżynierska wraz z zaleceniami i wnioskami pozwoli na wykonanie projektu budowlanego i wykonawczego dla likwidacji dysfunkcji infrastruktury drogowej na odcinku 280 m [w tym: likwidacji osuwiska, odtworzenia nasypu, stabilizacji i naprawy konstrukcji drogi, chodnika, bariery

energochłonnej, oświetlenia, rekonstrukcji systemu odwodnienia] wraz z obmiarem robót i kosztorysem wykonawczym.

Zakres wykonanych prac pod względem merytorycznym jest zgodny z programem prac geologicznych ujętym w *Projekcie prac geologicznych* zatwierdzonym decyzją nr: PG.6540.3.4.2016 z dnia 19 sierpnia 2016 r. przez Starostę Kłodzka. Z uwagi na bardzo trudne warunki panujące w terenie oraz bezpieczeństwo pracy jak i badanego obiektu, zakres i ilość projektowanych robót nieznacznie uległa zmianie. Zmniejszono liczbę otworów z 6 na 5 punktów badawczych oraz liczbę profilowań georadarowych z 13 na 11. Natomiast wydłużono linie profilowań georadarowych nr I, II, III, IV z  $L = 280\text{m}$  do  $L = 320\text{ m}$ . Na podstawie wykonanych odwiertów i przeprowadzonych badań podłoża georadarem GPR, otrzymano pełną informację na temat podbudowy drogi, w związku z powyższym zrezygnowano z projektowanych odkrywek badawczych w konstrukcji jezdni, które po likwidacji mogłyby negatywnie wpłynąć na obecny stan konstrukcji drogi wydłużając czasowo dostęp do jezdni. Z wykonanych odwiertów badawczych nie otrzymano pełnych rdzeni, które miały posłużyć do określenia parametrów wytrzymałościowych na zgniatanie -  $R_c$ .

Dodatkowo wykonano technologią diamentową otwór w celu pozyskania w 100% -ach rdzenia o średnicy  $\varnothing 82\text{ mm}$ . Po wyciągnięciu z otworu rdzeń rozsypał się. Natomiast rdzeń  $\varnothing = 112\text{ mm}$  jest spękany i nie ma możliwości wycięcia próbki nawet o smukłości 1 do badań wytrzymałościowych. W związku z powyższym wykonano dodatkowo w wychodniach skał metamorficznych dwa otwory badawcze  $\varnothing 24\text{ mm}$   $l = 1,50\text{ m}$  celem sprawdzenia stopnia sprężenia górotworu poprzez sprawdzenia wytrzymałości na ścinanie osadzonych w górotworze kotew stalowych d 18/20 mm.

Geolog Powiatowy Starostwa Kłodzka zgodnie z decyzją PG.6540.3.4.2016 z dnia 19 sierpnia 2016 w „*Projekcie robót geologicznych.....*” [10] upoważnił geologa dozorującego do korygowania projektu w zakresie: głębokości otworów wiertniczych zmiany lokalizacji otworów, korekty w konstrukcji projektowanych otworów wiertniczych w zależności od warunków geologicznych.

Bieżąca korekta zakresu prac geologicznych umożliwiła rozpoznanie ilościowe i jakościowe procesów geodynamicznych w tym rejonie.

Wykonane prace i roboty geologiczne przeprowadzono pod nadzorem geologa uprawnionego do wykonywania czynności dozoru geologicznego w zakresie prawidłowości wykonywanych prac geologicznych, zapewniających bezpieczeństwo pracy, zgodnie z przepisami BHP oraz w zakresie ochrony środowiska naturalnego.

W zakres przeprowadzonych w okresie od 12 do 16 września 2016 r. prac terenowych wchodziło:

- prace wiertnicze – odwiertowanie otworów badawczych;
- badania georadarowe;
- pobór próbek gruntu do badań laboratoryjnych w celu wykonania analiz parametrów fizyko-mechanicznych;
- prace geodezyjne;
- obserwacje rozwoju procesów geodynamicznych;
- sprawdzenie nośności osadzenia kotwi;

W zakres badań laboratoryjnych wchodziło:

- badanie podstawowych parametrów fizyko-mechanicznych gruntów oraz podbudowy drogi.

Prace kameralne polegały na zestawieniu uzyskanych wyników badań terenowych i laboratoryjnych w formie graficznej i tabelarycznej oraz ich interpretacji.

Na ich podstawie opracowano niniejszą dokumentację geologiczno-inżynierską, składającą się z części tekstowej i graficznej.

Prace dokumentacyjne obejmowały zebranie i analizę materiałów geologicznych oraz analizę wyników przeprowadzonych prac.

### 1.3. Wykorzystane akty prawne, instrukcje i normy

W opracowaniu wykorzystano następujące akty prawne, normy i instrukcje:

1. Ustawę z dnia 9 czerwca 2011 roku „Prawo geologiczne i górnicze” (Dz. U. nr 163, poz. 981 z późn. zm.),
2. Ustawa z dnia 27.04.2001 r. „Prawo ochrony środowiska” (Dz. U. Nr 62 poz. 627),
3. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz.U. z 2015 r. poz. 1651 ze zm.),
4. Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opieki nad zabytkami ( t.j. Dz. U. z 2014 r. poz. 1446 ze zm.) – z uwagi na położenie terenu w obrębie strefy „A” ochrony konserwatorskiej.
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno – inżynierskiej (Dz. U. 2014, poz. 596),
6. Rozporządzenia 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).
7. PN-EN 1997-1:2009 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego
8. PN-B-02479:1998 Geotechnika – Dokumentowanie geotechniczne – Zasady ogólne.
9. PN-B-06050:1999 Geotechnika – Roboty ziemne – Wymagania ogólne.
10. PN-B-02480:1986 Grunty budowlane - Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
11. PN-B-03020:1981 Grunty budowlane - Posadowienie bezpośrednie budowli.
12. PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe
13. PN-B-04481:19881 Grunty budowlane - Badania próbek gruntu.
14. PN-B-04493:1960 Grunty budowlane - Oznaczanie kapilarności biernej.
15. PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe - Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
16. PN-B-02481:1998 Geotechnika - Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.

## CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

### 2.1. Lokalizacja

Administracyjnie teren badań położony jest w zachodniej Polsce, w województwie dolnośląskim, powiecie kłodzkim, gminie Bystrzyca Kłodzka. Dysfunkcja zbocza nastąpiła w rejonie drogi powiatowej nr 3232D wzdłuż ul. Wojska Polskiego, a osuwisko powstało w rejonie ściany nośnej budynku nr 10, w miejscowości Międzygórze.

Lokalizację terenu badań przedstawiono na Załącznikach nr 1 – 4.

### 2.2. Położenie geograficzne, morfologia i hydrografia

Pod względem fizjograficznym teren badań, (wg J. Kondrackiego), leży w obrębie mezoregionu Masywu Śnieżnika, będących częścią Sudetów wschodnich położonych po obu stronach polsko-czeskiej granicy, na południowy wschód od Kłodzka.

Od zachodu Masyw ograniczony jest rowem Górnej Nysy i Przełęczą Międzyleską od Gór Bystrzyckich, a tym samym od całych Sudetów Środkowych. Na północy granicę Masywu Śnieżnika w ścisłym sensie stanowi Przełęcz Puchaczówka oraz doliny Białej Wody i Siennej Wody, na południu zaś przechodzi w przedgórze Wysokiego Jesionika. Na wschodzie, poprzez Przełęcz Płoszczynę, graniczy z Górami Białskimi

(czes. *Rychlebské hory*). Obszar Masywu w większości należy do Polski (powiat kłodzki, województwo dolnośląskie) – w granicach kraju znajduje się ok. 200 km<sup>2</sup> – pozostała jego część (76 km<sup>2</sup>) leży po stronie Czeskiej.

Morfologia omawianego terenu jest zróżnicowana a różnice spadku terenu wynoszą około ~ 30,00 m tj. 587 - 555 m n.p.m.. Teren badań leży w zlewni Potoku Wilczka po jego stronie południowej.

### 2.3. Infrastruktura i zagospodarowanie terenu

Droga powiatowa 3232D w Międzygórzu stanowi odcinek 280 m [330 m] ul. Wojska Polskiego. Przedmiotem badań geologiczno - inżynierskich był odcinek drogi od budynku nr 12 do budynku nr 10. Odcinek drogi o długości  $L = 280$  m leży na półce skalnej, która mniej więcej w połowie odcinka zwęża się. W tym miejscu krawędź korony skarpy o wysokości  $h = 10$  m dochodzi do krawędzi chodnika i bariery energochłonnej. Na tej linii znajdują się 3 - 4 latarnie oświetlające chodnik i ulicę. Nawierzchnia ul. Wojska Polskiego wykonana jest z kostki granitowej 6 x 6 cm ułożonej na stabilizacji piaskowo-cementowej o grubości  $h_{st} \sim 15$  cm, pod którą znajduje się zasyпка kamienna o zmiennej miąższości i granulacji. Głębiej występuje podłoże skalne o różnym stopniu spękania i zwiętrzenia. Po stronie południowej omawianej drogi na wysokości budynku nr 12 znajduje się mur oporowy wykonany z bloczków kamiennych na zaprawie betonowej, który przechodzi w mur oporowy ażurowy, dalej na wysokości budynku nr 10, przechodzi on w ścianę skalną o nachyleniu 80° i wysokości  $h = 3,0 - 4,0$  m.

Pomiędzy murem oporowym a krawędzią jezdni znajduje się rów przyskarpowy, który zbiera wody opadowe i z roztopów. Rów jest czynny, suchy lecz zanieczyszczony osadem piaszczystym i liśćmi.

### 2.4. Dysfunkcja infrastruktury drogowej

Rodzaj widocznej dysfunkcji infrastruktury drogowej:

- osuwisko + uszkodzony mur oporowy w rejonie budynku nr 10 po jego stronie zachodniej,
- koleiny o charakterze ciągłym w pasie drogowym, który bezpośrednio przylega do rowu przyskarpowego,
- koleiny punktowo umiejscowione w pasie przylegającym do chodnika,
- rozstępy i ugięcia kostki brukowej w nawierzchni chodnika,
- ubytki i wybrzuszenia w murze oporowym – ażurowym,
- zaciśnięty i zanieczyszczony osadem rów przyskarpowy,
- odchylone od pionu latarnie i bariera energochłonna.

Rodzaj dysfunkcji podłoża po rozpoznaniu geologicznym:

- pustki i rozwarne szczeliny w warstwie zwięzłych gnejsów oczkowych w rejonie zwężenia półki [O-3],
- wypłukana przez wodę infiltrującą z rowu przyskarpowego zwięzłina wypełniająca szczeliny gnejsów [O-5],
- uskoki i nieciągłości w stropie skał pod konstrukcją jezdni,
- strefa infiltracyjna wzdłuż rowu przyskarpowego.

Dysfunkcja drogi powiatowej nr 3232D łącznie z chodnikiem wystąpiła na skarpie północnej na odcinku 140 m ponad potokiem Wilczka. Stok w rejonie osuwiska jak również stoki sąsiednie pokryte są drzewami kilkudziesięcioletnimi i zaroślami krzewiastymi. Stok zbocza południowy o gęstym drzewostanie 100 - letnim w kierunku Centrum Międzygórza zabezpiecza mur oporowy, ażurowy, miejscami z widocznymi ubytkami bloczków skalnych. W rejonie dysfunkcji skarpy i drogi, po stronie północnej występuje zabudowa mieszkalna i wspomniany budynek nr 10. Wzdłuż korony skarpy znajduje się bariera energochłonna oraz słupy latarni obecnie przechylone w kierunku potoku Wilczka. W pasie drogowym północnym przy krawężniku chodnika

znajdują się 2 kratki kanalizacji burzowej. Ujście kanalizacji wykonano bezpośrednio na skarpę. Kanalizacja jest sprawna, przechwytuje częściowo wody opadowe z jezdni północnej.

## **CHARAKTERYSTYKA OSUWISKA**

### **3.1. Rodzaj osuwiska**

Powstała dysfunkcja, to aktywne osuwisko o charakterze złożonym (asekwentne-obsekwentne) nierejestrowane we wcześniejszych materiałach kartograficzno-geologicznych. Wywołane destrukcyjnym działaniem wody potoku Wilczka w okresach jej wysokich stanów, infiltracyjnym, rozluźniającym zwietrzelinę skalną przepływem wód opadowych z rowu przyskarpowego muru oporowego od strony południowej, pod konstrukcją jezdni w kierunku skłonu skarpy potoku Wilczka. Na stateczność skarpy przy budynku nr 10 ma wpływ budowa geologiczna, obciążenia podłoża pochodzące od drzewostanu rosnącego na skarpach oraz ruchu samochodowego typu ciężkiego.

### **3.2. Geometria osuwiska**

Aktywne osuwisko nierejestrowane we wcześniejszych materiałach kartograficzno-geologicznych powstało wzdłuż drogi powiatowej nr 3232D. Obejmuje stromą skarpę działki ew. nr. 108, deformację jezdni i chodnika w obrębie działki ew. nr. 178/1 oraz wyrzucenia ażurowego muru oporowego w rejonie działki ew. nr 279/174.

Uszkodzenie skarpy o wysokości  $H \sim 10,70$  m w postaci oderwania materiału skalno – zwietrzelinowego nastąpiło na odcinku o szerokości  $B \sim 20,00$  m. U podnóża potoku Wilczka, naruszony został mur oporowy o długości  $L \sim 6,00$  m stanowiący przedłużenie ściany nośnej budynku nr 10 przy ul. Wojska Polskiego. Budynek posadowiony jest na skale pomiędzy ul. Wojska Polskiego a krawędzią koryta Potoku Wilczka. Powierzchnia terenu pomiędzy w/w murem oporowym, którego końcówka uległa uszkodzeniu, a krawędzią chodnika wykorzystana jest przez mieszkańców do celów własnych np. magazyn drewna opałowego. Powierzchnia osuwiska ze względu na duży kąt nachylenia skarpy  $\alpha > 45^\circ$  posiada charakter osuwiska aktywnego, szczególnie w czasie opadów atmosferycznych i roztopów. Koluwium osuwiska wypełnia piasek różnoziarnisty, piasek gliniasty, rumosz kamienny wraz z pozostałościami bloków kamiennych po murze oporowym. Luźny i uplastyczniony materiał z osuwiska niestabilnie zalega na skarpie zbocza, bezpośrednio nad korytem potoku Wilczka. W okresach intensywnych opadów obserwuje się grawitacyjne pełzanie rozluźnionego i uplastycznego materiału.

W trakcie wizji lokalnej zaobserwowano wiele dodatkowych czynników wskazujących na aktywność osuwiska. W koronie skarpy tuż za krawędzią chodnika, stwierdzono pęknięcie - szczelinę o długości  $L = 13,00$  m, o kierunku równoległym do osi drogi. Poza szczeliną, na krawędzi korony, znajdują się drzewo o średnicy pnia  $D > 500$  mm, które jest pochylone w kierunku potoku. Naszym zdaniem drzewo swoim ciężarem będzie powodowało dalszą propagację pęknięcia nasypu drogowego w kierunku równoległym do krawężnika chodnika. Wiatrołom tego drzewa może uszkodzić chodnik i zabrać część nawierzchni drogi. W rejonie tym odwiercono otwór nr O-5. W trakcie odzyskiwania zwierconego urobku z dna otworu nr O-5 obserwowano duże ubytki sprężonego powietrza. Wiążemy to z wypłukaniem szczelin zwietrzałego gnejsu przez infiltrujące wody z rowu biegnącego przy ścianie skalnej po stronie południowej jezdni. Na skarpie obserwuje się pochylone drzew tj. „pijany las” jak powalone drzewa oraz znacznie odchylone od pionu lampy przydrożne oświetlające chodnik i ulicę Wojska Polskiego. Deformacji uległ chodnik ( $L=140$ m) oraz nawierzchnia drogi przy ul. Wojska Polskiego ( $L=280$ m). Zauważa się w nich liczne koleiny obecnie o charakterze ciągłym na nawierzchni południowej. Na jezdni



północnej występują koleiny bezodpływowe wypełnione wodą opadową oraz odspojenie krawężnika, rozsuniecie kostek chodnika w kierunku krawędzi skarpy.

Na skarpie porośniętej lasem iglastym, powyżej drogi nie stwierdzono dodatkowych wyraźnych form wewnątrz - osuwiskowych tj. skarp wtórnych, progów, wałów czy szczelin poprzecznych. Jednakże zaobserwowano wybrzuszenia na odcinku  $L \sim 3,00 - 4,00$  m w murze oporowym ( $H \sim 1,80 - 2,00$ m) wykonanym „na sucho” z bloków kamiennych, jak również obniżenia infiltracyjne skłonu skarpy na wysokości deformacji i ubytków bloków kamiennych muru oporowego. W trakcie rekonstrukcji muru oporowego na odcinkach gdzie są ubytki bloczków należy uzupełnić pustki za murem oporowym materiałem kamiennym dobrze przepuszczalnym o  $k > 50$  m/d.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych, **projektowaną inwestycję zaliczono do III kategorii geotechnicznej.**

### 3.3. Przyczyna powstania osuwiska

Geodynamika procesu osuwiskowego wywołana została obciążeniem dynamicznym - ciężkim ruchem samochodowym. Wibracja i przepływ infiltracyjny wody powoduje prawdopodobne uplastycznienie gruntów zalegających pod konstrukcją drogi i uaktywnienie zjawiska wypierania gruntu spod prawego pasa w kierunku lewego i dalej w kierunku skarpy. Po analizie profilu geologicznego w trakcie wierceń oraz wyników badań laboratoryjnych, wynika że pod warstwą 10-15 cm stabilizacji piaskowo-cementowej znajduje się warstwa zasypki piaszczysto - kamiennego barwy żółto - szarej o przekroczonej zawartości pyłu w granicach 20-40%. Grunt ten jest gruntem wysadzinowym, skłonnym do przemarzania. Po nawodnieniu i przemarznięciu podatny na osiadanie typu zapadowego oraz zjawisko pełzania. Stąd głębokie koleiny na prawym pasie drogi, który przylega do rowu i tylko lokalnie na lewym, pochodzące od obciążenia nawierzchni ciężkimi pojazdami jezdni prawej i lewej, którego parcie boczne [składowa obciążenia jednostkowego pionowego] spowodowało odchylenie od pionu latań [  $\alpha \sim 10-15^\circ$ ] oraz wygięcie w kierunku skarpy bariery dźwiękochłonnej [  $\alpha \sim 20^\circ$ ]. Kolejną przyczyną zjawisk geodynamicznych związana jest z infiltracyjnym przepływem wód opadowych i roztopowych z rowu przyskarpowego, pod i poprzez konstrukcję drogi, po skarpie dalej do potoku Wilczka. Przepływ infiltracyjny wody mógł spowodować również pod wpływem obciążeń dynamicznych częściową utratę jej nośności poprzez wypłukiwanie frakcji drobnej z zasypki kamiennej również ze szczelin warstwy stropowej gnejsów gierałtowskich [otwór nr O-3].

Uwzględniając rodzaj i miąższość gruntu w obrębie, którego powstało osuwisko oraz znaczne nachylenie skarpy zbocza należy jednoznacznie stwierdzić, iż w przypadku braku podjęcia szybkich działań zabezpieczających i stabilizacyjnych skarpe na odcinku: koryto rzeki Wilczka – droga 3232D, rejon otworu O-5, istnieje bezpośrednie zagrożenie dla mieszkańców budynku mieszkalnego przy ul. Wojska Polskiego 10 oraz zerwaniem chodnika, łącznie z korpusem drogi, na odcinku śladu prawego koła drogi powiatowej.

## 4. ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ I OPIS METOD BADAWCZYCH

Zgodnie z harmonogramem zawartym w „*Projekcie robót geologicznych...*” [10], prace terenowe rozpoczęto 12 września 2016 r. i zakończono 16 września 2016 r.

Zakres wykonanych prac zważywszy na bardzo trudne warunki panujące w terenie, nieznacznie odbiega od programu prac geologicznych ujętym w „*Projekcie...*” [10] z uwzględnieniem założeń projektowych. I tak rozpoznanie georadarowe jezdni pod śladem prawego koła ul. Wojska Polskiego na kierunku do centrum Międzygórza spowodował, że zrezygnowano z odkrywek – wkopów odsłaniających nawierzchnię – kostkę.

Wykonane prace geologiczne przeprowadzono pod nadzorem geologa uprawnionego do wykonywania czynności dozoru geologicznego w zakresie prawidłowości wykonywanych prac geologicznych, zapewniających bezpieczeństwo pracy, zgodnie z przepisami BHP oraz w zakresie ochrony środowiska naturalnego.

#### **4.1. Badania terenowe**

W ramach badań terenowych wykonano:

- pomiary geodezyjne,
- wiercenia badawcze,
- profilowanie wyrobisk oraz pobór próbek gruntu i skał,
- obserwacje przejawów wód gruntowych,
- profilowania georadarowe,
- wiercenie otworów o średnicy  $D=22-24$  mm i długości  $L=1,60$  m pod kotwy RD-18/20 mm oraz ich wklejanie,
- badania wytrzymałościowe nośności osadzonych kotew poprzez ich próbny naciąg aż do zerwania.

##### **4.1.1. Pomiary geodezyjne**

Prace geodezyjne polegały na wyznaczeniu projektowanych punktów badawczych w terenie oraz ich pomiarze wysokościowym w dowiązaniu do państwowej sieci geodezyjnej.

W trakcie omawianych prac, w miejscach wierceń przeprowadzono rozpoznanie uzbrojenia terenu, wykrywaczem urządzeń podziemnych Radiodetection C.A.T.3.

##### **4.1.2. Wiercenia badawcze**

W celu rozpoznania podłoża skalnego w rejonie osuwiska w „Projekcie robót geologicznych” założono wykonanie 6 odwiertów w rejonie chodnika. W rezultacie wykonano 5 otworów badawczych O-1 ÷ O-5, w przedziale głębokości 4,00 – 6,00 m p.p.t., o łącznym metrażu **26,00** mb. Badania przeprowadzono wzdłuż ul. Wojska Polskiego, w śladzie prawego koła w bliskim sąsiedztwie krawężnika chodnika. Decyzją dozoru geologicznego zrezygnowano z jednego punktu badawczego O-6, oraz zmieniono nieznacznie lokalizację punktów badawczych O-1 ÷ O-5 w stosunku do lokalizacji projektowanej. Otwór O-1 przesunięto ze względu na uzbrojenie podziemne. Otwór nr O-3 zlokalizowano w miejscu gdzie korona drogi z chodnikiem jest najwęższa. Otwór O-5 zlokalizowano w rejonie osuwiska – vis a vis zniszczonego muru oporowego.

Wiercenia badawcze wykonano metodą obrotowo-udarową przy użyciu wiertnicy H-25 SN, w kolumnie rur osłonowych o średnicy  $\varnothing 112$  mm oraz  $\varnothing 200$  mm oraz metodą udarową „na sucho” tzw. młotkiem udarowym z napędem pneumatycznym.

Głównym celem wierceń był pobór rdzeni skały do badań wytrzymałościowych. W związku z tym, iż otrzymane rdzenie z odwiertów były silnie spękane, wykonano dodatkowy odwiert R-1 do głębokości 1,00 w wychodni skał znajdujących się na stoku powyżej jezdni [ zał. 9.3]. Niestety pozyskana próbka skały również nie nadawała się do badań wytrzymałościowych. W związku z powyższym wykonano dodatkowo 2 odwierty R-2, R-3, w celu sprawdzenia stopnia sprężenia górotworu wykonania próbnego wyrywania kotew.

Tabelaryczne zestawienie wykonanych wierceń zamieszczono poniżej w Tabeli nr 1:

<b>Tabela nr 1. Zestawienie wykonanych wierceń badawczych</b>	
<b>Symbol otworu</b>	<b>Metraż [mb]</b>
O-1	4,50
O-2	5,50
O-3	6,00
O-4	5,00
O-5	5,00
<b>Suma</b>	<b>26,00 mb</b>
R-1	1,00
R-2	1,60
R-3	1,60
<b>Suma</b>	<b>4,2mb</b>

\*R1 ÷ R3 – odwierty w skale, badania nadprogramowe.

Lokalizację otworów badawczych przedstawiono w Załączniku nr 4, a ich profile geotechniczne zamieszczono w Załączniku nr 6.

#### **4.1.3. Profilowanie wyrobisk, pobór próbek gruntu i wody gruntowej**

Badania polowe obejmowały obserwację urobku w miarę postępu robót geologicznych. Po każdej zmianie warstwy lub co 1m odwiertu były przeprowadzone pełne badania makroskopowe gruntu i skał określające ich rodzaj, stan, wilgotność oraz barwę. W trakcie prac wiertniczych pobrano reprezentatywne próbki gruntów kategorii A i B do badań laboratoryjnych, w celu weryfikacji badań polowych. Próbkę zostały pobrane zgodnie z normą PN-74/B-04452 do worków z tworzywa, zabezpieczając je przed utratą wilgotności naturalnej. Próbkę będą przechowywane w laboratorium firmy Geostandard Sp. z o.o., zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz. U. nr 282, poz. 1657)*., do momentu uzyskania decyzji organu administracji geologicznej o zatwierdzeniu dokumentacji geologiczno – inżynierskiej.

Po opróbowaniu, pomierzeniu zwierciadła wody gruntowej, wszystkie otwory zostały zlikwidowane przez zasypanie urobkiem z zachowaniem kolejności przewiercanych warstw.

W trakcie wiercenia prowadzona była obserwacja wód gruntowych.

Na podstawie przeprowadzonych prac opracowano profile geotechniczne otworów (Załącznik nr 6) oraz przekrój geologiczno-inżynierski (Załącznik nr 5).

#### **4.1.4. Odkrywki badawcze**

W ramach „Projektu robót geologicznych...” przewidziano wykonanie dwóch odkrywek badawczych do głębokości 1,00 m p.p.t. w rejonie nawierzchni jezdni. Jednakże zważywszy na otrzymaną na podstawie wierceń badawczych i georadar pełną informację na temat podbudowy drogi i zalegających poniżej skał, jak również fakt iż wykonanie odkrywek doprowadziłoby do znacznego naruszenia nawierzchni jezdni i jej okresowego wyłączenia z ruchu oraz trudności z odtworzeniem stanu istniejącego, decyzją dozoru geologicznego zrezygnowano z wykonania wkopów badawczych.

#### 4.1.5. Badania georadarowe

##### Opis metody badawczej

Aparatura georadarowa (GPR), jako aparatura przenośna stosowana jest do terenowych badań z powierzchni terenu. W stosunku do innych metod geofizycznych, metoda radarowa (GPR) pozwala w terenie na liniowe śledzenie budowy geologicznej, to znaczy na śledzenie zmienności litologii i płytkich struktur geologicznych. Stosowanie wymienne anten o różnej częstotliwości (10 MHz do 2 GHz), zależy od postawionego zadania i założonej głębokości monitoringu. Im niższa częstotliwość anten tym większy zasięg głębokościowy profilowania i mniejsza dokładność informacji o warstwach płytszych. Podczas badań geotechnicznych i geologiczno-inżynierskich najczęściej stosowane są anteny osłonięte o dużej częstotliwości centralnej.

Georadar, czyli Radar do Penetracji Gruntu (GPR), to elektroniczna aparatura do badań geofizycznych własności gruntu. Aparatura GPR składa się z: anteny nadawczej, anteny odbiorczej, jednostki centralnej i komputera przenośnego z monitorem. Elementy te połączone są światłowodami.

Urządzenie to działa na zasadzie zliczania opóźnień impulsów elektromagnetycznych o bardzo wysokich częstotliwościach (10 – 2000 MHz), wysyłanych przez antenę nadawczą, które odbite od różnych ośrodków gruntu (granic litologicznych), odbierane są przez antenę odbiorczą i przekazywane na jednostkę centralną w celu zliczania czasu opóźnień powrotu fali. Przez granice odbijające sygnał radarowy należy rozumieć granice między ośrodkami różniącymi się wartością stałej dielektrycznej. Grunty podłoża oraz skały mają różne wartości stałej dielektrycznej. Impulsy wysyłane przez antenę nadawczą w głąb ośrodka, wracają z opóźnieniem do anteny odbiorczej i przez światłowody trafiają do sterującej systemem jednostki centralnej, a następnie są przetwarzane i przesyłane do rejestratora (dysk twardy przenośnego komputera).

W terenie impulsy te obserwowane są przez operatora na monitorze w postaci falogramu czasowego, tj. liniowego (pionowego) przekroju zmienności parametrów gruntu (ośrodków przez które przechodzi fala). Wykres taki można następnie przeliczać np. na jednostki metryczne. Uzyskany obraz można porównywać z wzorcowymi obrazami różnych obiektów ukrytych w gruncie lub z wzorcowymi obrazami struktur geologicznych albo z dokumentacją kartograficzną odsłonięć, a także z danymi uzyskanymi z wierceń geologicznych.

Do profilowań w rejonie osuwiska zastosowano antenę osłoniętą o częstotliwości 250 MHz. Linia profilowania georadarowego miała bieg w trzech liniach (skraj drogi, środek drogi oraz przez osuwisko drogi). Antena RAMAC/GPR przesuwana była bezpośrednio po powierzchni drogi z szybkością ok. 2,0 km/h. Odległości mierzono przy pomocy kółka pomiarowego.

Wszystkie pliki profilowań po śladzie wykonano takimi samymi parametrami pomiarowymi.

W wyniku prac terenowych otrzymano falogramy (rysunki echa fal), które zostały przeliczone przez jednostkę centralną aparatury i zapisane na dysku twardym komputera. W laboratorium pliki z danymi zostały przeniesione na stacjonarny komputer obliczeniowy i poddane filtracji w programie GroundVision. W celu analizy danych stosowano różne kombinacje filtrów, a otrzymane syntetyczne obrazy echa odbitych fal elektromagnetycznych (falogramy), porównywano z wierceniami, lokalną geologią oraz z charakterystycznymi obrazami georadarowymi uzyskanymi podczas wieloletnich badań podtorza.

Kalibracja skali głębokościowej przekrojów została wykonana na podstawie danych z wierceń i przyjętej średniej szybkości przebiegu fal dla badanych gruntów  $velocity = 100 \text{ cm}/\mu\text{s}$ . Błąd w określaniu głębokości wynosi około + 0,20 m. Przekroje zawierają informacje o budowie podłoża do głębokości maksymalnie 8,00 m p.p.t.

##### Wyniki badań

Dla oceny zasięgu podłoża skalnego w rejonie deformacji wykonano badania georadarowe GPR tj.:

- **4 profilowania podłużne**, 3 profilowania wzdłuż jezdni ul. Wojska Polskiego oraz 1 wzdłuż chodnika,
- **7 profilowań poprzecznych** w poprzek drogi w rejonie osuwiska.

Łącznie wykonano **1492 m profilowań georadarowych**.

W stosunku do „Projektu robót geologicznych...”, decyzją dozoru geologicznego, nie wykonano 3 profilowań podłużnych na skarpie zbocza powyżej jezdni, ze względu na bardzo strome jej pochylenie. Dla dokładniejszego zobrazowania podłoża zwiększono liczbę, długość oraz zmieniono lokalizację profilowań poprzecznych. Lokalizację badań przedstawiono na załączniku nr 4.

Badania georadarowe wykonano w celu określenia ciągłości stropu podłoża skalnego oraz nadkładu zwietrzelinowego.

#### **4.1.6. Wiercenie otworów pod kotwy D-18/20 mm**

W związku z brakiem możliwości otrzymania rdzeni do badań wytrzymałościowych wykonano nadprogramowo **2 otwory poziome** D – 22/24 mm, do głębokości L= 1,60 m. Wiercenia wykonano za pomocą młota kombi TE 70-ATC/AVR 230V oraz wiertła TE-YX 22/130.

Łącznie odwiercono **3,2 mb otworów w twardej skale**. W trakcie wiercenia nie stwierdzono pustek skalnych, skoków świdra typu zapadowego, klinowania świadczących o nieciągłościach masywu skalnego, pomimo że skała było bardzo spękana.

#### **4.1.7. Kotwienie. Ładunki klejowe. Technologia zabudowy**

Dla doboru kotew i żywic poliestrowych do ich mocowania w masywie skalnym wykorzystano technikę i technologię górnictwą stosowaną w KGHM Polska Miedź. Zastosowano kotwie wklejane typu RM-18js. Żerdź kotwi wykonana jest z pręta żebrowanego jednoskośnie dr =18,2 mm ze stali AP 600 z końcówką ściętą jednoskośnie pod kątem 45°. Dolna część żerdzi zakończona jest gwintem M20. Długość gwintu 150 mm. Podkładka kwadratowa kształtowa o wymiarach 6x150x150 mm z otworem D - 22 mm. Nośność kotwi wg certyfikatu producenta P = 100kN.

Jako ładunki klejowe zastosowano ładunki typu RA i RB wyprodukowane przez Firmę MINOWA-KSANTE Sp. z o.o. w Polkowicach ul. Polna 10. Zgodnie z naszym zamówieniem i certyfikatem dostarczono nam dwa typy żywicy uwzględniające zróżnicowany czas żelowania jako:

- wolno wiążące, barwione pigmentem zielonym. Czas wiązania 3 minuty,
- szybko wiążące barwione pigmentem czerwonym. Czas wiązania 40 sekund.

W/w ładunki zostały wykorzystane do próbnego kotwienia ściany skalnej.

Do otworu kotwiowego wprowadzono ładunek klejowy. Następnie do otworu wprowadzono kotwie ruchem postępowo obrotowym powodując wymieszanie ładunków klejowych. Kotwie pozostawiono do momentu związania żywicy.

#### **4.1.8. Sprawdzenie nośności osadzenia kotwi**

Po osadzeniu kotwi L = 1,50 m w otworach D-22/24 mm i zakończeniu czasu żelowania żywicy przystąpiono do sprawdzenia nośności układu żywica-kotwa utwierdzonego w masywie skalnym. Badanie wykonano urządzeniem pomiarowym nośności kotwi R176-00/DTR produkcji polskiej firmy RADGOR Sp. z o.o. z siedzibą w Radzionkowie. Wszystkie kotwie obciążono siłą naciągu P= 15,5 MPa co odpowiada nośności kotwy Q = 102 kN. Prace sprawdzające wykonano w oparciu o dokumentację techniczną - ruchową urządzenia gwarantującą wykonanie pomiarów w sposób prawidłowy i bezpieczny.

#### **4.2. Badania laboratoryjne**

Badaniom laboratoryjnym poddano próbki gruntów kategorii A oraz B, zgodnie z normą do worków z tworzywa, zabezpieczając je przed utratą wilgotności naturalnej, pobranych z otworów wiertniczych.

Badania obejmowały oznaczenie podstawowych właściwości fizycznych gruntów:

- określenia rodzaju i stanu gruntu oraz skał, przewarstwień i domieszek,
- analizy przydatności warstwy podbudowy.

W trakcie wierceń nie stwierdzono zwierciadła wód gruntowych, w związku z powyższym nie wykonano badań wody na agresywność w stosunku do betonu i żelbetonu.

Wykresy analiz przydatności stanowią Załącznik nr 7.1.

Zestawienie ilościowe wykonanych badań laboratoryjnych przedstawiono poniżej w Tabeli nr 2.

<b>Tabela nr 2. Zestawienie ilościowe wykonanych badań laboratoryjnych</b>	
<b>Rodzaj badania</b>	<b>Liczba badań</b>
Analiza przydatności	5
<b>SUMA:</b>	<b>5</b>

#### 4.3. Prace kameralne

Na podstawie wyników badań terenowych i badań laboratoryjnych oraz ich interpretacji, w ramach prac kameralnych opracowano niniejszą „*Dokumentację geologiczno - inżynierską...*”, sporządzoną zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno – inżynierskiej* (Dz. U. 2014, poz. 596).

Niniejsze opracowanie spełnia również rolę opinii geotechnicznej i dokumentacji badań podłoża gruntowego, zgodnie *Rozporządzeniem 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).

W ramach prac kameralnych opracowano tekst dokumentacji oraz część graficzną dokumentacji, w skład której wchodzi załączniki tabelaryczne i graficzne.

## 5. BUDOWA GEOLOGICZNA

Zgodnie ze *Mapą Geologiczną Polski* (Załącznik nr 2) arkusz Kłodzko oraz *Objaśnieniami do Mapy Geologicznej Polski* arkusz Kłodzko, teren badań położony jest w obrębie jednostki geologiczno-strukturalnej Masywu Śnieżnika, zbudowanych z tzw. metamorfiku Łądko i Śnieżnika. Tworzą je skały metamorficzne: głównie różne odmiany gnejsów (gnejsy śnieżnickie i gnejsy gieraltowskie) oraz łupków łyszczykowych z wkładkami wapieni krystalicznych - marmurów kalcytowych i dolomitowych, amfibolitów, kwarcytów, które powstały w Proterozoiku. Łupki łyszczykowe są to na ogół skały szare lub ciemnoszare, czasem szarobrunatne, drobno- i średniokrystaliczne, o dobrze wykształconej strukturze kierunkowej i oddzielonej łupkowej lub cienkopłytkowej. Gnejsy mylonityczne opisywane jako cienkowarstewkowe, smużyste lub drobnosłojowe to przeważnie skały szare lub różowo szare, cienkolaminowane, o wyraźnej teksturze kierunkowej i nierównoziańskiej strukturze. Mylonity – skały jasnoszare, bardzo drobnokrystaliczne, smugowane lub masywne, przechodzące partiami w jasne brekcje tektoniczne.

Na skałach metamorficznych zalegają utwory górnokredowe: margle, piaskowce i mułowce będące przedłużeniem osadów depresji śródsudeckiej. Piaskowce są jasnoszare, żółte lub żółtobrunatne, drobno- lub średnioziarniste, nierównoziańskie. Zbudowane są głównie z ziaren kwarcu oraz białych skałizowanych skaleni. Spoiwo jest na ogół ilasto–krzemionkowe, krzemionkowe, kolofanowo-ilaste lub kaolinowe, czasem węglanowe. W spągu piaskowców mogą występować wapienie piaszczyste, przechodzące stopniowo w mułowce margliste. Margle w spągowych partiach są bardziej piaszczyste i często zwietrzałe; wtedy skała staje

się drobnopiaszczystym porowatym mułowcem o barwie jasnożółtej lub rdzawej. Niezwietrzałe margle są ciemnoszare, o odcieniu stalowoniebieskim, zwarte o niewyraźnym uławiceniu. Lokalnie w marglach pojawiają się spongiolity, zbudowane z nagromadzenia igieł gąbek. Margle turonu charakteryzują się dużą zmiennością litologiczną, a zwłaszcza stopniem wapnistości, zawartości frakcji piaszczystej i stopniem „skrzemienia” margli, co zależy od zmienności, sekwencji i rodzaju cementu. W strefie kontaktów margli z piaskowcami występują liczne ślady pełzania zwierząt mułożernych.

**Na podstawie wykonanych odwiertów w jezdni**, bezpośrednio od powierzchni terenu poniżej 6 cm kostki brukowej nawiercono warstwę konstrukcyjną drogi o miąższości 0,45 – 0,50 m zbudowaną z ok. 15 cm warstwy stabilizacji piaskowo – cementowej, poniżej zasypki kamienia łamanego z dużą zawartością frakcji drobnej (pylasto – piaszczystej). Poniżej warstwy konstrukcyjnej, do głębokości wierceń tj. 4,00 – 6,00 m p.p.t. nawiercono mniej bądź bardziej spękane skały gnejsu cienko płytowego barwy brunatno – różowej oraz gnejsy grubo płytowe, blokowe silnie i słabo spękane barwy brunatno – czerwonej. W otworze O-5 na głębokości 1,50 - 2,30 m p.p.t. w silnie spękanej skale gnejsu cienkopłytkowego w trakcie wiercenia obserwowano ucieczkę sprężonego powietrza z otworu w górotwór. W otworze O-3 na głębokości 0,70-3,00 m nawiercono silnie spękaną skałę o rozwartych szczelinach pionowych gnejsu płytowego. Z tego przedziału głębokości nie pobrano urobku gdyż świder spiralny wpadł w wpustkę i oparł się na głębokości 3,0 m p.p.t..

Nawiercone skały zalicza się do gnejsów gieraltowskich wieku górno karbońskiego. Są to gnejsy (granitognejsy) drobnowarstewkowe, płasko soczewkowe, smugowane o strukturze drobno i średnioziarnistej. Tło skały zbudowane jest z ziaren kwarcu i skaleni oraz plastrów ciemnych blaszek biotyту. Struktura cienkowarstewkowa w gnejsach gieraltowskich jest często zaburzona fałdowo.

W soczewkowatych nabrzmieniach dominuje kwarc i skalenie. W ten sposób skład mineralny gnejsów odpowiada ściśle składowi granitów.

Gnejsy gieraltowskie są wynikiem procesu migmatytyzacji, który polega na stopniowym upłynnianiu skał w temperaturze przekraczającej 700-750°C przy obniżonym lokalnie ciśnieniu.

Obraz budowy geologicznej analizowanego terenu przedstawiono na przekroju geologiczno-inżynierskim (Załącznik nr 5).

## 6. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Na badanym terenie występują wody podziemne piętra czwartorzędowego oraz wody zawieszone.

Wody piętra czwartorzędowego występują w osadach holocenich - w piaskach i żwirach w dnach dolin rzecznych. Wody o zwierciadle swobodnym występują tu na głębokości 1,50 – 2,50 m. Cechują je nieznaczne wahania okresowe rzędu 0,50-1,0m. Osady holocenich stanowią zasobny kolektor wód podziemnych zasilany infiltrującymi wadami powierzchniowymi.

Wody szczelinowe są wodami płytkiego krążenia, o zwierciadle zwykle napiętym, zwłaszcza w przypadkach występowania ich nad utworami podłoża słabo przepuszczalnych pokryw stokowych, lodowcowych lub peryglacialnych. Wody szczelinowe o niewielkiej zwykle zasobności, są zasilane przez wody opadowe. Często pierwszy poziom wód podziemnych występuje w pokrywach zwietrzelinowych, rezydualnych. Poziom ten jest mało zasobny, wykazuje on znaczne wahania wód. Jest on związany bezpośrednio z wodami szczelinowymi w podłożu krystalicznym.

Obszar Masywu Śnieżnika należy do zlewisk trzech mórz: Morza Bałtyckiego, Morza Północnego i Morza Czarnego. Północną i zachodnią część odwadniają Nysa Kłodzka wraz z dopływami, wpadająca do Odry. Południowo-wschodnią część największa rzeka Morawa – Morawa ze swoimi dopływami, wpadająca do Dunaju. Najmniejszą, południowo-zachodnią część odwadnia Lipkowský potok, dopływ Cichej Orlicy (czes. *Tichá Orlice*),

wpadającej do Łaby. Wymienione trzy rzeki mają swe źródła pod Trójmorskim Wierchem, jedynym w Polsce miejscem, gdzie zbiegają się zlewiska trzech mórz.

Obszar badań należy do zlewni potoku Wilczka, w rejonie którego znajduje się jeden z najwyższych w Sudetach wodospadów – wodospad Wilczki o wysokości 22 m. Na obszarach zbudowanych ze skał wapiennych rozwinęły się zjawiska krasowe – suche dolinki, ponory, wywierzska.

**W rejonie przeprowadzonych badań** w podłożu [otwory O-1 ÷ O-5] nie stwierdzono ciągłego zwierciadła wód gruntowych. Po intensywnych opadach w otworach odwierconych pod kotwy D-22/24 mm oraz w otworze rdzeniowym D-112 mm pojawiła się woda. W otworze rdzeniowym poziom wody był równy z krawędzią otworu z tendencją do przelewania. W otworach małośrednicowych obserwowano zjawisko zaciskania otworu.

Na podstawie wielokrotnych obserwacji terenowych w rejonie osuwiska, stwierdza się:

- wysięki wód gruntowych i opadowych na skarpie głównej,
- wyżłobienia abrazyjne w skarpie zbocza pod wpływem spływającej wody z drenów drogowych, na odcinku L ~ 8,00 m skłonu zbocza,
- stok powyżej muru oporowego – obniżenia infiltracyjne powierzchni skłonu skarpy na wysokości deformacji i ubytków bloków kamiennych muru oporowego wykonanego „na sucho”,
- stojącą wodę opadową w koleinach drogowych,
- infiltrującą wodę z nieoczyszczonego rowu pomiędzy murem oporowym a pasem jezdni w kierunku skarpy doliny potoku Wilczka. Spadek ten na szerokości jezdni tj. = 10 m wynosił 2,0-2,5 m. Przy takim gradiencie hydraulicznym może zachodzić zjawisko wymywania cząstek, sufozja lub kolmatacja co może decydować o stabilności podłoża.

Wyżej opisane zjawisko zasilania wód szczelinowych potwierdzają badania geofizyczne - georadarowe. Przejawy wód przedstawiają obraz falogramów poziomych zaznaczone kolorem zielonym. Na profilu podłużnym nr IV-IV' poprowadzonym na jezdni południowej w odległości 2,0 m od osi rowu przyskarpowego. Na odcinku ponad 300 m zaznacza się wyraźny poziom występowania okresowych wód infiltracyjnych, szczelinowych. Poziom ten występuje wyraźnie na głębokości 1,0 -1,5 m lokalnie 1,5 -2,0 m. Do tej głębokości naszym zdaniem występują skały krystaliczne spękane, które dopiero na głębokości 1,5 m +/- 0,5m wykazują stopień kolmatacji zwietrzelinami, po których spływa woda w kierunku skarpy potoku Wilczka i wiążemy go z infiltracją wody z rowu przyskarpowego. W profilu nr III-III' tj. w osi drogi poziom ten występuje na głębokości  $h_{sz.} \sim 2,0 -3,5$  m p.p.t. Dalej, w pasie północnym pod śladem [profil II - II' ] prawego koła [linia przekroju zał. nr 4] można odczytać głębokość okresowych przepływów wody w przedziale głębokości  $h_{sz.} \sim 3,0 -4,0$  m lokalnie 4,50 m p.p.t.. W profilu I-I' woda infiltracyjna rozprasza się i wychodzi poza skarpe. Należy podkreślić, że wyraźny jest również okresowy, poziom wód zawieszonych na głębokości 0,5 -1,0 m p.p.t.

## 7. WARUNKI GEOLOGICZNO - INŻYNIERSKIE

### 7.1. Wydzielenie warstw geotechnicznych

Charakterystyki geotechnicznej gruntów podłoża budowlanego dokonano w oparciu o stratyografię, genezę, rodzaj i stan gruntów. Wyniki wierceń i badań laboratoryjnych posłużyły do wydzielenia warstw geotechnicznych gruntów.



Na podstawie analizy danych z badań terenowych wydzielono warstwy geotechniczne charakteryzujące się zbliżonymi właściwościami fizycznymi i mechanicznymi według rodzaju gruntu oraz jego stanu.

Parametry wytrzymałościowe dla skał wyznaczono na podstawie normy PN-81/B-03020.

Zestawienie warstw geotechnicznych przedstawiono w tabeli nr 2.

**Tabela nr 3. Zestawienie warstw geotechnicznych**

Lp.	Nr warstwy geotechnicznej	Głębokość zalegania grubość w-wy H [m]	Rodzaj gruntu, skały	Stopień zagęszczenia spękania	Materiał wypełniający szczeliny	Wytrzymałość na ściskanie Rc [MPa]
1	I	kostka granitowa 6 x 6 cm	brak	brak	spoina cementowo-piaskowa	25-35
2		~ 0,06 - 0,20	stabilizacja piaskowo-cementowa	uszkodzona mechanicznie	cement	1,5
3		~ 0,20 - 0,50	zasypka kamienia łamanego	stabilizowana mechanicznie	pył	-
4	II	~ 0,50 – 1,50	gnejs cienko-płytowy	silnie spękany, szczeliny rozwarte	brak	3-5
5	Ila	~ 1,50 - 2,50	gnejs cienko-płytowy	spękany szczeliny rozwarte lub częściowo zaciśnięte	brak	3-5
6	III	~ 2,50 - 3,50 lokalnie 4,0	gnejs grubo-płytowy, blokowy	spękany, szczeliny częściowo zaciśnięte wypełnione zwietrzeliną	zwietrzelina pylasto-gliniasta	>5
7	IV	~ 3,50 - 5,00 lokalnie > 5,0	gnejs grubo-płytowy, blokowy	spękany, szczeliny zaciśnięte	-	>5

Przestrzenny układ warstw geotechnicznych i granice lito-stratygraficzne przedstawiono na przekrojach geologiczno-inżynierskich (Załącznik nr 5). Zostały one wyinterpretowane pomiędzy otworami wiertniczymi, badaniami georadarowymi oraz poparte obserwacjami terenowymi i mogą być pewnym, bądź prawdopodobnym odzwierciedleniem warunków geologiczno-inżynierskich panujących w podłożu.

## 7.2. Charakterystyka warunków geologiczno-inżynierskich

Zbocze skarpy w rejonie osuwiska, bezpośrednio pod warstwą konstrukcyjną drogi o miąższości 0,50 m p.p.t. budują osady górnokarbońskie, wykształcone w postaci skał silnie spękanych wykazujących wytrzymałość rzędu  $3,0 \leq R_c \leq 5,00$  MPa i słabo spękanych przy wytrzymałości  $R_c > 5,00$  MPa.

Należy zwrócić szczególną uwagę na fakt, iż skały te są silnie spękane, a w skałach mogą występować pustki co może stanowić utrudnienie w trakcie rekonstrukcji i wzmocnienia skarpy zbocza i nawierzchni drogowej. Powierzchnie spękań są nierówne, cienkowarstewkowe. Mają podzielność płytową od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Z analizy przekrojów georadarowych wynika, że pod warstwą stabilizacji i zasypki kamiennej warstwa gnejsu silnie spękana z rozwartymi i wypłukanymi szczelinami może przy współudziale infiltrującej wody przechwytywać drobne frakcje pylasto-piaszczyste z zasypki kamiennej.

## **9. WPŁYW PROJEKTOWANEJ INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO**

Projektowana inwestycja, zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów w sprawie *przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko* z dnia 9 listopada 2010 r., nie należy do inwestycji mogących mieć negatywny wpływ na środowisko.

Jedynie w fazie prac budowlanych mających na celu wzmocnienie osuwiska zaobserwuje się podwyższony poziom hałasu spowodowany pracą ciężkich maszyn.

Dla etapu budowy należy:

- zorganizować prawidłowo plac budowy i jego zaplecze. W obrębie budowy, jak i zaplecza nie wolno lokalizować magazynów czy miejsc przechowywania paliw, olejów czy środków chemicznych,
- sam proces budowlany winien być prowadzony przy użyciu sprawnego sprzętu. Wszelkie usterki i awarie winny być likwidowane natychmiast i o ile to możliwe poza terenem budowy (zaplecza) w warsztacie, odpowiednio do tego celu przygotowanym,
- na terenie budowy i zaplecza postawić pojemniki i kontenery na gromadzenie odpadów, ze szczególnym uwzględnieniem odpadów niebezpiecznych,
- w przypadku konieczności przeprowadzenia odwodnienia należy uwzględnić konieczność ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami.

Przedmiotowa inwestycja wchodzi w skład obszaru chronionego krajobrazu „Śnieżnickiego Parku Krajobrazowego”. Masyw Śnieżnika wchodzi w skład projektowanego Specjalnego Obszaru Ochrony Siedlisk (SOO) sieci Natura 2000. W odległości ~ 200 m od omawianego obszaru badań, w kierunku na północny zachód znajduje się Rezerwat przyrody - jeden z najwyższych w Sudetach wodospadów – wodospad Wilczki o wysokości 22 m. Obszar badań położony jest poza granicami obszarów ochronnych Głównych Zbiorników Wód Podziemnych.

## **10. ZAKRES I SPOSÓB PROWADZENIA MONITORINGU**

Rodzaj i zakres prowadzenia monitoringu powinien być dostosowany do konstrukcji budowli, warunków geologiczno-inżynierskich podłoża oraz możliwych zagrożeń, mogących się pojawić zarówno na etapie realizacji, jak i eksploatacji inwestycji. Program monitoringu powinien uwzględniać:

- liczbę oraz lokalizację punktów pomiarowych, w razie potrzeby reperów głębinowych lub inklinometrów w wytypowanych punktach budowli,
- dokładność, zakres i częstotliwość pomiarów oraz badań,
- wartości ostrzegawcze i graniczne, których przekroczenie będzie wymagało natychmiastowej interwencji,
- sposób oraz częstotliwość dokumentowania i przedstawiania wyników monitorowania.

W związku z III-cią kategorią geotechniczną inwestycji oraz charakterystyką terenu badań zaleca się by monitoring obejmował:

- obserwacje wielkości osiadań i przemieszczeń elementów konstrukcji wzmacniającej osuwisko,
- pomiary kontrolne parametrów technologicznych, wyników zabiegów wzmacniających podłoże podczas wykonywania oraz po ich zakończeniu, właściwości wykorzystanego materiału, jak również zachowania wykonanych elementów i konstrukcji.

## 11. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych, projektowaną inwestycję zaliczono do **III kategorii geotechnicznej**, a warunki gruntowe określono jako **złożone**.
2. Prace geologiczno-inżynierskie na terenie osuwiska powstałego w rejonie drogi powiatowej nr 3232D wzdłuż ul. Wojska polskiego 10 w Międzygórzu na podstawie decyzji nr PG.6540.3.4.2016 z dnia 19 sierpnia 2016 z up. Starosty Kłodzka zatwierdzającego „Projekt robót geologicznych...” oraz obowiązujących norm i przepisów prawnych. Prace geologiczne w tym odwierty, badania laboratoryjne, geofizyczne, wykonano w miesiącu wrześniu 2016.
3. Dysfunkcja skarpy, na koronie której zlokalizowano drogę 3232D w postaci oderwania materiału skalno – zwietrzelinowego na odcinku o szerokości  $B \sim 20,00$  m i po jego zsunięciu powstała podłużna niska na skarpie o wysokości  $H \sim 10,70$  m. W koronie skarpy stwierdzono szczelinę o długości 13,00 m, o kierunku równoległym do osi drogi. Naszym zdaniem jest to sygnał o możliwości powiększenia istniejącego osuwiska w rejonie budynku nr 10. Na skarpie obserwuje się pochylenie drzew tj. „pijany las” jak powalone drzewa oraz znacznie odchylone od pionu lampy przydrożne.
4. Deformacji uległ chodnik ( $L=140$ m) oraz nawierzchnia drogi przy ul. Wojska Polskiego ( $L=280$ m). Zauważa się w nich liczne bezodpływowe koleiny wypełnione wodą opadową oraz odspojenie krawężnika chodnika w kierunku skarpy. U podnóża skarpy, w rejonie potoku naruszony został mur oporowy o długości  $L \sim 6,00$  m stanowiący przedłużenie ściany nośnej budynku nr 10 posadowionego na skale. Powierzchnia osuwiska posiada charakter zapadliska aktywnego, szczególnie w czasie opadów atmosferycznych i obciążeń dynamicznych od ciężkich pojazdów samochodowych zwiększających parcie boczne.
5. Na podstawie wykonanych odwiertów, bezpośrednio pod warstwą konstrukcji drogi, do głębokości wierceń tj. 4,00 – 6,00 m p.p.t. nawiercono spękane skały gnejsu cienko płytowego oraz gnejsy grubo płytowe, blokowe silnie spękane o wytrzymałości  $3,00 \leq R_c \leq 5,00$  i słabo spękane o wytrzymałości  $R_c > 5,00$ .
6. Należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość występowania pustek w górotworze. W otworze O-5 na głębokości 1,50 - 2,30 m p.p.t. w silnie spękanej skale gnejsu cienkopłytowego w trakcie wiercenia obserwowano ucieczkę sprężonego powietrza z otworu w górotwór. W otworze O-3 na głębokości 0,70-3,00 m nawiercono silnie spękaną skalę o rozwartych szczelinach pionowych gnejsu płytowego. Z tego przedziału głębokości nie pobrano urobku gdyż świder spiralny wpadł w wpustkę i oparł się na głębokości 3,0 m p.p.t..
7. Analiza przekrojów georadarowych potwierdza, że dysfunkcja nawierzchni, mogła powstać przy współdziale infiltrującej wody z niesprawnego rowu. Strumień Infiltrującej wody z pod warstwy stabilizacji i zasypki kamiennej żółto-szarej oraz warstwa gnejsu silnie spękana z rozwartymi i wypłukanymi szczelinami może przechwytywać drobne frakcje pylasto piaszczyste z zasypki kamiennej destabilizując nawierzchnię ul. Wojska Polskiego.

8. W podłożu nie stwierdzono ciągłego zwierciadła wód gruntowych. Jednakże na podstawie wielokrotnych obserwacji terenowych w rejonie osuwiska, stwierdza się wysięki wód gruntowych i opadowych na skarpie głównej, wyżłobienia abrazyjne w skarpie zbocza pod wpływem spływającej wody z drenów drogowych, na odcinku  $L \sim 8,00$  m skłonu zbocza, stojącą wodę opadową w koleinach drogowych oraz infiltrującą wodę z nieoczyszczonego rowu pomiędzy murem oporowym a pasem jezdni w kierunku skarpy doliny potoku Wilczka.
9. Na podstawie wykonanych badań laboratoryjnych, stwierdza się iż obecna podbudowa – niesort kamienia łamanego nie spełnia wymagań projektowych zawierając zbyt dużo drobnej frakcji szczególnie pyłów. W trakcie rekonstrukcji drogi należy przewidzieć nowy materiał na warstwy konstrukcyjne parametrami fizyko-mechanicznymi uwzględniające obowiązujące normy.
10. Badania geofizyczne – georadarowe potwierdziły występowanie skał w postaci metamorficznych gnejsów, ich zmienność fizyko-mechaniczną wraz z głębokością w tym występowanie szczelin o różnym stopniu spękania i wypełnienia zwietrzeliną. Zmienność ta wyraźnie determinuje kierunki spływu wody szczelinowej w kierunku doliny potoku Wilczka.
11. Czynnikiem uaktywniającym osuwisko są warunki gruntowo – wodne jak również obciążenia dynamiczne wywołane ciężkim ruchem samochodowym. Wibracja powoduje prawdopodobnie uplastycznienie gruntów zalegających pod konstrukcją drogi i uaktywnienie zjawiska wypierania gruntu spod prawego pasa w kierunku lewego i dalej w kierunku skarpy. Na podstawie przeprowadzonych badań oraz obserwacji terenowych stwierdza się, że powstałą dysfunkcję spowodowały również wody opadowe i roztopowe, infiltrując z rowu przyskarpowego poprzez przepuszczalną podbudowę w poprzek drogi, dalej po skarpie do potoku Wilczki. Dodatkowo przekroczona zawartość pyłów w podsypce kamiennej uaktywniło zjawisko reologicznego pełzania, co spowodowało dysfunkcję nawierzchni drogi.
12. Uwzględniając rodzaj i miąższość gruntu w obrębie, którego powstało osuwisko oraz znaczne nachylenie skarpy zbocza należy jednoznacznie stwierdzić, iż w przypadku braku podjęcia działań zabezpieczających i stabilizacyjnych podbudowę drogi i na w/w osuwisku istnieje bezpośrednie zagrożenie dla mieszkańców budynku mieszkalnego przy ul. Wojska Polskiego 10, zerwaniem chodnika a nawet korpusu drogi powiatowej obejmującego ślad prawego koła. Potwierdza to otwór badawczy O-5
13. Ponieważ z odwierconego rdzenia skalnego nie uzyskano odpowiedniego materiału do badań wytrzymałościowych, stopień sprężenia górotworu sprawdzono przy zastosowaniu pojedynczych ładunków klejowych typu RA i RB wolno i szybkowiążących w otworach o średnicy D-20 mm i długości 450 mm i obciążeniu osiowym kotwi  $P_o = 15,5$  MPa, uzyskano wytrzymałość na ścinanie rzędu  $P = 102$  kN.
14. Opracowanie niniejszej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wraz z zaleceniami i wnioskami dotyczącymi zabezpieczenia osuwiska pozwoli na wykonanie projektu wykonawczego wraz z obmiarem robót i kosztorysem powykonawczym.
15. Projektowana inwestycja, zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów *w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko* z dnia 9 listopada 2010 r., nie należy do inwestycji mogących mieć negatywny wpływ na środowisko.

## 12. ZALECENIA

1. Zaleca się w trybie pilnym rekonstrukcję uszkodzonego muru oporowego [w rejonie budynku mieszkalnego, nr 10] wykonanego wzdłuż koryta rzeki Wilczka oraz odtworzenie nasypu i stabilizację skarpy zbocza, na odcinku: koryto rzeki Wilczka – chodnik przy ul. Wojska Polskiego w rejonie którego wystąpiło zjawisko geodynamiczne.
2. Zaleca się naprawę nawierzchni drogowej wraz z chodnikiem, zwracając szczególną uwagę na drenaż drogi, w tym udrożnienie oraz rekonstrukcję istniejącego rowu przyskarpowego. Proponujemy zmianę systemu drenażowego na dreno - kolektor typu francuskiego a nad nim wbudowanie koryta typu Gara lub wykonanie szczelnego koryta z bloków kamiennych spojenie zaprawa cementową. Taki system odprowadzi wody opadowe i infiltracyjne ze skarpy zbocza. Naprawa i rekonstrukcja infrastruktury drogowej przy ul. Wojska Polskiego należy wykonać w oparciu o projekt budowlany – wykonawczy.
3. Stabilizację konstrukcji drogi i podłoża gruntowego zwietrzelinowego zaleca się wykonać za pomocą muru oporowego, segmentowego, zlokalizowanego na wysokości istniejącego chodnika. Mur oporowy, oparty i zakotwiony będzie do stropu skał za pomocą kotew wklejanych żywicami produkcji Minowa-Ksante o udźwigu  $Q > 100$  kN i jej wytrzymałości na ścinanie  $P = 15 - 20$  MPa. Mur oporowy połączony będzie na stałe z podłożem stalowymi kształtownikami typu HEB 280x280 mm o długości  $L = 4,00 - 6,00$  m wprowadzonych w górotwór na głębokość  $H_{\min} = - 4,00$  m. Do wystających końcówek HEB-ów należy przytwierdzić barierę energochłonną. Zdylatowane segmenty muru oporowego oparte będą na wylewce betonowej wyrównującej nierówności stropu skał. W mur oporowy, na całym jego odcinku należy wbudować sączki drenarskie co 5,00 m z odpowiednimi spadkami w kierunku skarpy. Dodatkowo mur oporowy kotwiony będzie do podłoża skalnego gnejsów kotwami wklejanymi w otworach pionowych mała - średnicowych D-24 mm na głębokość 1,20-1,40 m poniżej stropu skały. Lepkość żywic do wklejania kotew w strefę skał zwietrzałych będzie odpowiednio skonsultowana i dobrana przez firmę Minowa Xante z Polkowic.
4. Wkop fundamentowy pod mur oporowy o głębokości  $1,0 < h < 1,5$  m p.p.t., lub do stropu skały należy wykonać w sposób gwarantujący bezpieczne prowadzenie prac budowlanych.
5. Mur oporowy od strony skarpy zaleca się obsypać kamieniem łamanym na wysokość 0,7-1,0 m od jego podstawy. Przestrzeń pomiędzy ścianą muru oporowego należy wypełnić warstwami filtracyjnymi, od dołu tłuczniem 31,5/50 mm, kolejno niesortem kamienia 0/31,5 mm i dalej kłińcem 04/31,5 mm do warstw konstrukcji drogi. Nie wykluczamy konieczności zastosowania gabionów dla podparcia skarpy i neutralizacji parcia bocznego na odcinku otworów nr O-3 – O-4 [zał. 5].
6. Roboty ziemne należy prowadzić pod stałym nadzorem geotechnicznym, polegającym na bieżącej kontroli zgodności z dokumentacją warunków gruntowych i wodnych, zapobieganiu działaniom pogarszającym warunki gruntowe, kontroli zgodności wbudowywanych materiałów, sposobu wykonywania robót oraz uzyskanych wyników pomiarów i innych parametrów ze specyfikacją robót.

7. W razie konieczności należy wnioskować o badania uzupełniające i sprawdzające, których potrzeba wyniknie w czasie prowadzonych robót.
8. Roboty ziemne należy prowadzić w sposób nie pogarszający istniejących warunków gruntowych. Dla gruntów o słabych parametrach fizyko-mechanicznych występujących w poziomie posadowienia zaleca się modyfikację warunków gruntowych poprzez ich dogęszczenie, wymianę lub wzmocnienie (np. stabilizacja mechaniczna podłoża, wbudowanie warstw wzmacniających z kruszyw łamanych, z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi). Wybraną metodę należy skonsultować z projektantem.
9. Prace budowlane i ziemne należy prowadzić zgonie z obowiązującymi normami i zaleceniami wykonania, ograniczając do minimum ich negatywny wpływ na poszczególne komponenty środowiska.
10. Niniejszą „Dokumentację geologiczno-inżynierską ...” należy złożyć w 4 egzemplarzach do Starostwa Powiatowego w Kłodzku celem przyjęcia.

### 13. WYKORZYSTANE MATERIAŁY

1. *Mapa Geologiczna Polski w skali 1:200 000* – Arkusz Kłodzko – Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1980 r.,
2. *Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000* - Arkusz Kłodzko - Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1996 r.,
3. *Objaśnienia do Mapy Geologicznej Sudetów w skali 1:25 000* - Arkusz Kłodzko, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1981 r.,
4. *Mapa topograficzna w skali 1: 25 000* – arkusz Domaszków, Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno – Kartograficzne, Poznań 1983,
5. *Mapa Geośrodowiskowa Polski w skali 1: 50 000* - Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2004 r.,
6. *Geografia regionalna Polski*, J. Kondracki – PWN Warszawa, 1988 r.,
7. *Hydrogeologia ogólna*, Zdzisław Pazdro, Warszawa 1983 r.,
8. *Hydrogeologia Regionalna Polski*, Państwowy Instytut Geologiczny - Paczyński B., Sadurski A. -Warszawa, 2007 r.,
9. *Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich* - Ministerstwo Środowiska – praca zbiorowa, Warszawa, 1999 r.,
10. *Projekt robót geologicznych dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich podłoża w rejonie osuwiska powstałego na skarpie zbocza przy drodze powiatowej nr 3232D przy ul. Wojska Polskiego 10 w Międzygórzu* – Biuro Inżynierskie Wilhelm Szczurek – Wrocław 2016 r.
11. Informacje uzyskane od Zleceniodawcy.