

Wykonawca dokumentacji:

**"Geogrunť PPUP Sp. z o.o.  
ul. Zagumnie 49A, 33-100 Tarnów,**

Podmiot zamawiający i finansujący:

**Zarząd Dróg Powiatowych w Dębicy  
ul. Parkowa 28, 39-200 Dębica**

## **DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKA**

**OKREŚLAJĄCA WARUNKI GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKIE**

**OSUWISKA NR 1007**

**w miejscowości Łęki Górne, gmina Pilzno**

Obiekt :                droga powiatowa nr 1307R Łęki Górne - Zwiernik - Zalasowa  
Miejscowość:        Łęki Górne  
Gmina:                Pilzno  
Powiat:                dębicki  
Województwo:        podkarpackie

### **Opracowali :**

*mgr inż. Leszek Bardel  
upr. geol.-inż. nr 071031*

*mgr inż. Tomasz Bardel  
upr. geol.-inż. nr VII-1497*

*mgr inż. Lucyna Brożek  
upr. geol.-inż. nr VII-1443*

*inż. Mariusz Harnowski  
upr. geol.-inż. nr VII-1672*

Tarnów, listopad 2016 r.

## **SPIS TREŚCI**

- Karta informacyjna dokumentacji geologiczno – inżynierskiej
- Decyzja zatwierdzająca projekt robót geologicznych wydana przez Starostę Dębickiego znak WRL.6540.6.2016 z dnia 09.08.2016 r.
- Opinia do projektu robót geologicznych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich osuwiska nr 1007 w miejscowości Łęki Górne
- Karta rejestracyjna osuwiska nr 1007 wraz z opinią

### **Część opisowa:**

1. Wstęp
2. Opis położenia geograficznego i administracyjnego dokumentowanego terenu
3. Ogólne informacje o dokumentowanym terenie dotyczące jego zagospodarowania i infrastruktury podziemnej
4. Opis budowy geologicznej, z uwzględnieniem tektoniki, krasu, litologii i genezy warstw oraz procesów geodynamicznych w szczególności wietrzenia, deformacji filtracyjnych, pełzania, pęcznienia, osiadania zapadowego i procesów antropogenicznych
5. Opis właściwości fizyczno - mechanicznych gruntów i skał oraz charakterystyka wydzielonych zespołów gruntów wraz z oceną ich właściwości fizyko-mechanicznych oraz ocena zakresu badań terenowych i laboratoryjnych wykonanych dla ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich z uwzględnieniem kategorii geotechnicznej inwestycji
6. Opis warunków hydrogeologicznych i ustalenia głębokości pierwszego poziomu wód podziemnych wraz z oceną wpływu agresywności wód podziemnych na materiały konstrukcyjne
7. Ocena warunków geologiczno - inżynierskich wraz z prognozą wpływu projektowanej inwestycji na środowisko wodno-gruntowe mogących wystąpić podczas realizacji inwestycji
8. Informacja o lokalizacji i zasobach złóż kopalin, które mogą być wykorzystywane przy wykonywaniu projektowanej inwestycji, oraz ich jakości
9. Opis zjawisk i procesów geodynamicznych oraz antropogenicznych występujących na badanym terenie wraz z kartą rejestracyjną osuwiska
10. Ogólne określenie metody wzmocnienia podłoża gruntowego na podstawie wykonanych badań, wskazania dotyczące posadowienia oraz założenia technologiczne i konstrukcyjno-budowlane inwestycji oraz zakres i sposób prowadzenia monitoringu

*Materiały źródłowe, literatura, dane archiwalne, przepisy*

## **ZAŁĄCZNIKI:**

1. Mapa topograficzno-administracyjna z lokalizacją terenu badań w skali 1:100 000
- 2.1 - 2.2. Fragment Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000 arkusz Jasło
3. Lokalizacja terenu badań na mapie topograficznej w skali 1 : 10 000
4. Mapa dokumentacyjna - lokalizacja otworów geologiczno – inżynierskich na mapie sytuacyjno - wysokościowej w skali 1 : 1000
5. Mapa geologiczno - inżynierska na podkładzie mapy sytuacyjno - wysokościowej w skali 1:1000
6. Legenda do przekrojów i profili - tabela uogólnionych parametrów geotechnicznych gruntów
- 7.1 - 7.3. Przekroje geologiczno- inżynierskie
- 8.1 - 8.6. Karty profili otworów badawczych
9. Karta wyników badania sondą krzyżkową FVT
10. Wyniki badań analitycznych próbki wody podziemnej
11. Tabela wyników oznaczeń laboratoryjnych
- 12.1 - 12.8. Wyniki badania ścinania w aparacie AB
- 13.1 - 13.3. Obliczenia i przekroje analizy stateczności zbocza
- 14.1 - 14.6. Fotografie rdzeni otworów badawczych
- 15.1 - 15.2 Fotografie odsłoneń naturalnych
16. Objasnienia użytych znaków i symboli

## KARTA INFORMACYJNA DOKUMENTACJI GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEJ

### **Tytuł dokumentacji:**

Dokumentacja geologiczno – inżynierska określająca warunki geologiczno – inżynierskie osuwiska nr 1007 w miejscowości Łęki Górne.

**Data rozpoczęcia badań:** 31.08.2016 r

**Data zakończenia badań:** 30.10.2016 r

Liczba wykonanych wierceń: 6, łączny metraż: 79,6 m

wykonawca: PPUP „GEOGRUNT” spółka z o.o. z/s 33-100 Tarnów, ul. Zagumnie 49A

głębokość wierceń: od 8,0 do 20,0 m

opróbowanie otworów: mgr inż. Tomasz Bardel upr. geol.-inż. nr VII - 1497  
inż. Mariusz Harnowski upr. geol.-inż. VII - 1672

Położenie otworów badawczych w państwowym układzie współrzędnych 2000:

Otw.1 x = 5535906; y = 7514507;

Otw.2 x = 5535830; y = 7514509;

Otw.3 x = 5535847; y = 7514567;

Otw.4 x = 5535865; y = 7514623;

Otw.5 x = 5535892; y = 7514553;

Otw.6 x = 5535975; y = 7514482;

Miejsce przechowywania próbek gruntu: magazyn próbek spółki „Geogrun”  
(próbki czasowego przechowywania)

Liczba wykonanych sondowań: 1 łączny metraż: 3,5 m

rodzaj: FVT liczba badań: 1

wykonawca: inż. Mariusz Harnowski upr. geol.-inż. VII - 1672

Pomiary presjometryczne, dylatometryczne i inne:

rodzaj - liczba badań - wykonawca -

Badania geofizyczne:

rodzaj - liczba badań - wykonawca -

Badania laboratoryjne:

rodzaj: oznaczenie wilgotności naturalnej, gęstości objętościowej, granic konsystencji i stopnia plastyczności, ścinanie w aparacie AB, oznaczenie wskaźnika pęcznienia, badanie areometryczne, badanie agresywności wody podziemnej względem betonu i stali,

liczba badań: 138, wykonawcy: mgr inż. Lucyna Brożek, upr. geol.-inż. nr VII-1443

mgr inż. Tomasz Bardel upr. geol.-inż. nr VII-1497

inż. Jacek Dąbrowski, specjalista z zakresu geologii inżynierskiej

dr Jan Tarkowski, specjalista z zakresu ochrony i geochemii środowiska

Roboty ziemne:

rodzaj: - liczba - wykonawca: -

### **Sporządzający dokumentację:**

mgr inż. Leszek Bardel upr. geol.-inż. nr 071031

mgr inż. Tomasz Bardel upr. geol.- inż. nr VII-1497

mgr inż. Lucyna Brożek upr. geol. - inż. nr VII-1443

inż. Mariusz Harnowski upr. geol.- inż. nr VII-1672

## 1. Wstęp

Dokumentacja geologiczno - inżynierska wykonana została na zlecenie Zarządu Dróg Powiatowych w Dębicy w związku z potrzebą rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich podłoża drogi powiatowej nr 1307R Łęki Górne - Zwiernik - Zalasowa na odcinku, gdzie doszło do uszkodzenia drogi skutkiem wystąpienia osuwiska. Dokumentację opracowano na podstawie projektu robót geologicznych zatwierdzonego decyzją Starosty Dębickiego znak: WRL.6540.6.2016 z dnia 09.08.2016 r. uwzględniając dane z Karty rejestracyjnej osuwiska nr 1007 z dnia 23.04.2015 r. oraz wytyczne z Opinii do projektu robót geologicznych wydanej dnia 20.07.2016 r. przez O/Karpacki PIG-PIB. Dokumentacja sporządzona została zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2014, poz. 596).

Dokumentacja została sporządzona na podstawie wyników badań terenowych polegających na wykonaniu 6 otworów badawczych rdzeniowanych i kartowania geologiczno-inżynierskiego. W czasie wykonywanych wierceń prowadzonych pod stałym nadzorem geologicznym pobrano próbki do badań makroskopowych oraz laboratoryjnych, a rdzenie do skrzynek (dokumentacja fotograficzna). Otwory wykonano w miejscach projektowanych, z wyjątkiem otworu nr 6, który przesunięto w promieniu założonym w projekcie ze względu na brak możliwości wjazdu i ustawienia wiertnicy w terenie silnie zadrzewionym. W części graficznej dokumentacji zamieszczono przeglądową mapę z lokalizacją terenu badań, wycinek mapy geologicznej, mapę dokumentacyjną, mapę geologiczno-inżynierską, tabelaryczne zestawienia wyników badań laboratoryjnych, przekroje geologiczno-inżynierskie, profile otworów wiertniczych, wyniki obliczeń modelowania stateczności zbocza oraz dokumentację fotograficzną.

Dokumentacja geologiczno – inżynierska stanowić będzie podstawę do ekonomicznej oceny zasadności zabezpieczeń oraz opracowania odpowiednich rozwiązań stabilizacji osuwiska w rejonie uszkodzonego fragmentu drogi powiatowej. W treści dokumentacji ujęto opis położenia terenu, warunków geologicznych, geomorfologii, hydrografii, hydrogeologii, dokonano określenia warunków geologiczno-inżynierskich i cech fizyko-mechanicznych zespołów genetyczno-litologicznych z uwzględnieniem kategorii geotechnicznej inwestycji,

a w szczególności dokonano opisu zjawisk i procesów geodynamicznych oraz wskazano sposoby zabezpieczenia osuwiska poprzez realizację wzmocnienia ośrodka podłoża drogi i innych działań minimalizujących dalszy rozwój osuwiska. W dokumentacji pominięto zagadnienia nie dotyczące analizowanego tematu, takie jak: wskazania dotyczące posadawiania w obszarach morskich i objętych działalnością górnictwem oraz terenów zagrożonych podtopieniami. Wobec technicznej specyfiki obiektu drogowego na terenie o znacznym nachyleniu nie sporządzono map dotyczących warunków budowlanych podłoża, odnoszących się do realizacji posadowienia typowych obiektów budowlanych tj. nośności, przepuszczalności, głębokości do zwierciadła wody, gruntów słabonośnych, antropogenicznych, czy występujących na głębokości 1 m ppt. (wykazane w art. 21 ust.2 *Rozporządzenia w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej*).

## **2. Opis położenia geograficznego i administracyjnego dokumentowanego terenu**

Teren badany położony jest w miejscowości Łęki Górne, gmina Pilzno, powiat dębicki, województwo podkarpackie, w południowej części miejscowości przy granicy ze Zwiernikiem, w obszarze rozproszonej zabudowy zagrodowej (przysiółek Granica), obejmując odcinek drogi powiatowej nr 1307 łączącej Łęki, Zwiernik i Zalasową.

Geograficznie teren objęty badaniami położony jest na obszarze Zewnętrznych Karpat Zachodnich - Pogórza Środkowobeskidzkiego, mezoregion Pogórza Ciężkowickiego, kraina Kotliny Pilźnieńskiej (wg. Klasyfikacji Kondrackiego 1998) wg podziału Karpat polskich na jednostki geomorfologiczne (wg. Starkla, 1991) na terenie Pogórza Ciężkowickiego.

Hydrograficznie badany rejon przynależy do zlewni potoku Dulcza, lewobrzeżnego dopływu rzeki Wisłoki. Przez badany teren przepływa z południa na północ potok Rzeka Zwiernicka, który stanowi zachodnią granicę zasięgu procesów geodynamicznych a w obszarze badanym silnie meandruje podcinając brzegi. W południowej części potok został "odepchnięty" przez jezioro osuwiska i tworzy tam wyraźny meander. Drugi meander potoku w części północnej związany jest z twardym podłożem fliszu piaskowcowego wschodniego brzegu.

Obszar badany dotyczy aktywnej części osuwiska nr 1007, zagrażającej infrastrukturalnej drodze powiatowej. Ten teren osuwiskowy obejmuje powierzchnię około 2,60 ha, przy czym całe osuwisko nr 1007 wyznaczono na powierzchni 11,4 ha, gdzie znajduje się jedna, uszkodzona zabudowa rolnicza, dla której nie przewidziano zabezpieczeń, gdyż nie jest to teren infrastrukturalny a koszt takich zabezpieczeń byłby ekonomicznie nieuzasadniony.

### **3. Ogólne informacje o dokumentowanym terenie dotyczące jego zagospodarowania i infrastruktury podziemnej**

Asfaltowa droga powiatowa nr 1307R Łęki Górne - Zwiernik - Zalasowa na terenie badanym przebiega z północy na południe po zachodnim zboczu wyniesienia o kulminacji na 293,0 m npm. Droga powiatowa od strony północnej wznosi się od mostku na potoku Rzeka Zwiernicka na rzędnej ~236,5 m npm do załamania wzniesienia na rzędnej ok. 237,2 m npm. Odcinek ten posiada długość ~260 m, w tym na długości ~200 m droga przebiega przez obszar aktywnego osuwiska, którego północna granica przebiega ok. 50 m od mostu na potoku a granicę południową wyznaczono w pobliżu załamania profilu drogi, w odległości ~200 m od północnego zasięgu osuwiska. Po zachodniej stronie drogi powiatowej przebiega potok tworzący zakola pomiędzy dwoma mostami oddalonymi od siebie w linii prostej ok. 500 m. Potok ten silnie podmywa wschodni brzeg na obszarze wydzielonym jako aktywne osuwisko. W zasięgu czoła tego osuwiska zaistniały znaczne zmiany przebiegu tego potoku w stosunku do stanu zaewidencjonowanego na uprzedniej mapie zasadniczej. Najpoważniejsza zmiana ujawniła się jako wytworzenie się w centralnej strefie osuwiska skarpy brzegowej sięgającej na odległość kilku metrów od przebiegu trasy drogowej. Obsunięcie to wystąpiło na pograniczu wynurzenia piaskowcowego fliszu z ośrodkiem podłoża łupków ilastych. Obserwuje się rozwój obsunięć brzegowych w kierunku południowym w obszarze czynnym osuwiskowo. Po stronie zachodniej drogi na części północnej i środkowej osuwiska występuje obszar leśny o niskiej kulturze użytkowania; natomiast część południową stanowi zdegradowana łąka, która w pobliżu potoku jest nasadzona kilkuletnimi drzewami, głównie brzoźowymi. Również po wschodniej stronie drogi, północna część terenu osuwiska stanowi las porastający stromą, skalistą skarpe zbocową z młodymi nasadzeniami sosnowymi na wysokim zboczu ponad osuwiskiem. Środkowa i południowa część terenu aktywnego osuwiska ponad drogą powiatową obejmuje obszar sklasyfikowany jako grunty orne; natomiast obecnie jest to obszar zdegradowanej łąki, którą zarastają smosiewy olszynowe a wobec nierówności powierzchni występują liczne podmokłości i zastoiska wód opadowych. Aktywna część osuwiska, uszkadzająca drogę obejmuje obszar około 2,6 ha. Zasadnicza część osuwiska obejmuje teren na wschód od drogi o powierzchni ok. 1.6 ha oraz obszar drogi i stok pomiędzy drogą i potokiem o powierzchni ~1 ha. Stok na południowej, zasadniczej części osuwiska powyżej drogi posiada nachylenie rzędu 6 - 7 stopni. Droga przebiega na niższym zboczu, przez poprowadzenie północnego odcinka u podnóża stromej, skalistej skarpy oraz

jako wcięcie w zbocze na średnią głębokość ~1,5 m na południowym przebiegu drogi przez obszar osuwiska. Po zachodniej stronie drogi wytworzono nasyp na stoku zbocza opadającego do doliny głęboko wciętego potoku, którego brzegi są podmywane i ulegają obsunięciom.

Droga powiatowa ma szerokość jezdni asfaltowej około 7 m z obustronnymi poboczami o szerokości rzędu 1 m, a od strony wyższego stoku posiada rów o głębokości względem drogi ~0,5 – 0,7 m. Na rowie tym zabudowane są dwa przepusty w strefie osuwiskowej. Północny przepust na zjeździe na drogę gruntową prowadzącą w górę stromego zbocza do zlokalizowanego wyżej hydrantu i dalej do zabudowań gospodarstwa rolnego a przepust na południowym odcinku drogi jest zjazdem na działki rolne – obecnie nieużytkowane.

Na terenie czynnego osuwiska, po wschodniej stronie drogi znajdują się infrastrukturalne linie przesyłowe. Wzdłuż przydrożnego rowu w niewielkiej odległości przebiega napowietrzna linia energetyczna, której 5 słupów jest zagrożonych procesami osuwiskowymi. Przez zbocze przebiega rurociąg gazowy średnioprężny 100 mm w odległości od drogi ~10 m na północy i ~30 m na południu. Ponadto terenem zbocza wzdłuż drogi biegnie wodociąg gminny z hydrantem zlokalizowanym ponad skalistą skarpą, poza zasięgiem północnego obszaru czynnego osuwiska. Poza północną granicą obszaru aktywnego osuwiska znajduje się końcówka podziemnej linii telekomunikacyjnej.

#### **4. Opis budowy geologicznej, z uwzględnieniem tektoniki, krasu, litologii i genezy warstw oraz procesów geodynamicznych w szczególności wietrzenia, deformacji filtracyjnych, pęłzania, pęcznienia, osiadania zapadowego i procesów antropogenicznych**

Omawiany obszar położony jest w strefie brzeżnej nasunięcia karpackiego (Karpacie fliszowych). W omawianym rejonie podczwartorzędowe podłoże stanowią silnie zaburzone tektonicznie utwory fliszowe jednostki śląskiej reprezentowane przez utwory kredy dolnej (łupki wierzowskie). W korycie oraz skarpach potoku odsłaniają się utwory skalne o zróżnicowanym wykształceniu i zmiennym nachyleniu. W części północnej odsłaniają się utwory fliszowe (łupki przewarstwione cienko- i średnioławicowymi piaskowcami) w skarpie potoku o wysokości ~4 m (ON-1). W północno-zachodniej części odsłonięcia dominują stromo nachylone (lokalnie "wygięte") szare i ciemnoszare łupki (zał. 15.1), zaś w części południowo-wschodniej występują prawie płasko zalegające szare łupki przewarstwione żółtawymi piaskowcami. Profil skarpy odpowiada generalnie profilowi podłoża z OTW.6.



Okolo 50 m na wschód od OTW.6 w obszarze leśnym występuje wychodnia silnie zwietrzałych piaskowców (ON-3). W rejonie płytkiego występowania podłoża fliszowych łupków i piaskowców dochodzi do niszczenia skarp przy cieku wskutek erozji potoku o charakterze meandrującym i płytkich zsuwów na obszarze pomiędzy wychodnią piaskowca po wschodniej stronie drogi a brzegiem potoku.

Okolo 60 m na południe od odsłonięcia skarpy ON-1 w dnie potoku odsłaniają się czarne łupki ilaste (ON-1 - zał. 15.2), na których rozwinięte jest osuwisko strukturalne, skalno-zwietrzelinowe (zał. 5).

Na utworach fliszu karpackiego zalegają osady czwartorzędowe pokrywą o różnej miąższości i genezie. Osady czwartorzędowe reprezentowane są przez pyłowe pokrywy eoliczne i deluwialne oraz koluwia. Litologicznie są to pyły lessopodobne i gliny lessowate, gliny i gliny zwięzłe oraz gliny z rumoszami. Utwory koluwialne obejmują utwory pyłowe, gliniasto-rumoszowe, ilasto-rumoszowe oraz różnorodne gliny od zwięzłych do piaszczystych. Na podłożu skalnym zalegają zwietrzeliny, których miąższość uzależniona jest od rodzaju skały macierzystej. Na twardych utworach fliszu miąższość strefy wietrzenia wynosi okolo 1 m, zaś na stosunkowo miękkich czarnych łupkach dochodzi do 7 m. Granica pomiędzy skalnym podłożem a zwietrzeliną czarnych łupków nie jest ostra, gdyż ility zwietrzelinowe przechodzą stopniowo w iłołupki. Miąższość utworów czwartorzędowych zalegających na zwietrzelinach fliszu jest zmienna - niewielka (1-2 m) na obszarze płytkiego występowania podłoża skalnego w północnej części obszaru (OTW.6), zaś na obszarze występowania czarnych łupków dochodzi do kilku metrów. Koluwium o miąższości zwykle 4 - 6 m, na obszarze występowania czarnych łupków, obejmuje grunty pylaste i gliniaste oraz stropową partię zwietrzelin

Teren aktywnych procesów geodynamicznych, w wyniku których doszło do uszkodzenia drogi powiatowej, obejmuje dwa obszary o odmiennym charakterze ruchów masowych, co związane jest z odmienną budową geologiczną:

- teren powierzchniowego zsuwu na obszarze płytkiego zalegania twardego podłoża fliszowego w północnej części osuwiska,
- obszar osuwiska skalno-zwietrzelinowego, rozwiniętego na miękkich czarnych łupkach, obejmujący południową część osuwiska.

W odniesieniu do czarnych łupków i ich zwietrzelin należy zwrócić uwagę na zróżnicowane pęcznienie (od średnio do bardzo pęczniejących), które może ujawniać się szczególnie w przypadku zagłębienia w nich elementów mogących prowadzić wodę (np. kolumny kamienne, pale żwirowe, itp.).

#### **5. Opis właściwości fizyczno - mechanicznych gruntów i skał oraz charakterystyka wydzielonych zespołów gruntów wraz z oceną ich właściwości fizyko-mechanicznych oraz ocena zakresu badań terenowych i laboratoryjnych wykonanych dla ustalenia warunków geologiczno - inżynierskich z uwzględnieniem kategorii geotechnicznej inwestycji**

Dla określenia właściwości fizyko-mechanicznych gruntów oraz określenia warunków geologiczno-inżynierskich przeprowadzono następujące badania terenowe:

- wiercenie 6 otworów pełnordzeniowych dla ustalenia profilu podłoża i uzyskania próbek do badań laboratoryjnych oraz ustalenia płaszczyzn poślizgu wraz z zawierceniem co najmniej 3 m w nienaruszone podłoże poniżej płaszczyzny poślizgu,
- wykonanie sondowania krzyżakowego FVT dla określenia granicznej i reszkowej wytrzymałości gruntów koluwalnych,
- kartowanie geologiczno-inżynierskie dla identyfikacji i opisu odsłoneń naturalnych oraz odwzorowania przebiegu skarp i zasięgu oraz charakteru zjawisk geodynamicznych.

Dla określenia właściwości fizyko-mechanicznych gruntów i charakterystyki wydzielonych zespołów gruntów przeprowadzono następujące badania laboratoryjne:

- badania wilgotności, gęstości objętościowej, granic konsystencji i stopnia plastyczności gruntów jako podstawowych parametrów geotechnicznych gruntów,
- badanie ścinania w aparacie bezpośredniego ścinania AB dla określenia parametrów wytrzymałościowych gruntów,
- badania areometryczne oraz oznaczenie wskaźnika pęcznienia łupków ilastych i ich zwietrzelin istotnego przy sadowieniu obiektów budowlanych (także kotwieniu elementów zabezpieczeń) w ilastych łupkach.

Zakres badań terenowych i laboratoryjnych dostosowano do specyfiki obiektu drogowego i charakteru występujących na terenie badanym procesów geodynamicznych, przy uwzględnieniu wytycznych z karty osuwiska, koniecznych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla III kategorii geotechnicznej (obszar osuwiskowy).

Grunty podłoża można podzielić na 4 podstawowe zespoły osadów, odróżniające się właściwościami fizyczno - mechanicznymi:

- grunty antropogeniczne (warstwa N),
- grunty gliniaste i pylaste (warstwa I),
- grunty zwietrzelinowe (warstwa II),
- łupki ilaste i łupki z przewarstwieniami piaskowców (warstwa III)

Grunty antropogeniczne (**warstwa N**), wykształcone są jako nasypy budowlane stanowiące podbudowę drogi powiatowej.

#### **Opis wydzielonych zespołów warstw w obrębie gruntów rodzimych:**

**warstwa I** - obejmuje grunty małospoiste i spoiste: pyły i gliny, rozdzielone ze względu na zróżnicowane własności fizykomechaniczne i warunki zalegania na zboczu na:

- **IA:** pyły, gliny pylaste, gliny i gliny zwięzłe, generalnie w stanie twardoplastycznym (koluwium), występujące na obszarze osuwiska strukturalnego w warstwie zalegającej do głębokości 3 - 5,5 m;
- **IB:** gliny zwięzłe lub pylaste, w stanie plastycznym (koluwium), występujące jako cienka warstwa (0,5 - 0,8 m) na pograniczu gruntów gliniasto-pylastych i ilastych zwietrzelin w centralnej części osuwiska strukturalnego;
- **IC:** pyły, gliny pylaste i zwięzłe, w stanie półzwartym, zalegające zasadniczo poza obszarem aktywnego osuwiska strukturalnego i osięgające miąższość do ~3 m;

**warstwa II** - obejmuje grunty zwietrzelinowe rozdzielone ze względu na zróżnicowanie własności fizykomechanicznych i warunki zalegania na zboczu na:

- **IIA:** zwietrzeliny gliniaste łupków ilastych, w stanie zasadniczo twardoplastycznym (koluwium), zalegające na obszarze osuwiska strukturalnego na nienaruszonych zwietrzelinach łupków warstwą o miąższości 1 - 4 m;
- **IIB:** zwietrzeliny łupków ilastych w stanie zwartym, stopniowo przechodzące w łupki, zalegające na całym badanym obszarze; niewielkiej miąższości (1 - 2 m) na twardych zwietrzelinach fliszu (rejon OTW.6), zaś na miękkich czarnych łupkach ich miąższość dochodzi do 7 m;

**warstwa III** – obejmuje grunty skaliste rozdzielone ze względu na odmienną litologię i zróżnicowanie własności fizykomechanicznych na:

- **IIIA:** łupki ilaste, traktowane jako skała miękka, odpowiadające ilom w stanie zwartym, stanowiące podłoże osadów zwietrzelinowych na obszarze osuwiska strukturalnego;
- **IIIB:** piaskowce (skała twarda) przewarstwione łupkami (skała miękka), stanowiące podłoże fliszowe na obszarze powierzchniowego zsuwu, w północnej części osuwiska;

#### **Ocena właściwości fizyko-mechanicznych gruntów:**

Pyły i gliny w obszarze koluwium (**warstwy IA i IB**) przy ich średniej wilgotności wykazują stan twardoplastyczny  $I_L=0,22$  (**IA**) lub plastyczny  $I_L=0,28$  (**IB**). Wartości stopnia plastyczności korespondują z wynikami korelacji stopnia plastyczności z wytrzymałością na ścinanie z badania FVT (graniczne wytrzymałości odpowiadają  $I_L=0,27-0,33$ ). Przy maksymalnych wilgotnościach utworów koluwium stopień plastyczności wynosi  $I_L=0,48$ , zaś resztkowe wytrzymałości na ścinanie odpowiadają  $I_L=0,40-0,57$ . Wynika stąd, że przy zwiększeniu wilgotności, szczególnie grunty zalegające na podłożu ilastych zwietrzelin, mogą przejść w stan miękoplastyczny. Grunty gliniasto-pyłowe (**IC**) poza obszarem koluwium osuwiska strukturalnego wykazują niższe wilgotności, odpowiadające  $I_L=0,0$  (stan półzwarty).

Utwory zwietrzelinowe (**warstwa II**) znacząco różnią się wilgotnością i stanem gruntu. Zwietrzelinowe utwory koluwalne (**IIA**) przy średniej wilgotności są w stanie twardoplastycznym ( $I_L=0,19$ ), zaś przy maksymalnej przechodzą w stan plastyczny ( $I_L=0,41$ ). Wykazują również 3-krotnie niższą spójność ( $c=20,5$  kPa) niż zwietrzeliny nienaruszone. Zwarte zwietrzeliny łuków (**IIIB**) charakteryzują praktycznie takie same parametry fizyko-mechaniczne jak czarnych łupków warstwy IIIA. Wskazuje to, że rozdział zwietrzelina/łupek jest w znacznej mierze umowny, a ilaste zwietrzeliny przechodzą stopniowo w łupki ilaste, dlatego przy obliczeniach stateczności traktowane są łącznie jako jedna warstwa (zał. 13).

Utwory fliszowe podłoża osuwiska (**warstwa III**) zasadniczo różnią się w obszarze zsuwu powierzchniowego i osuwiska strukturalnego. Czarne łupki ilaste (**IIIA**) strukturalnej części osuwiska cechuje wyższa wilgotność i niższa gęstość objętościowa w stosunku do utworów fliszowych (**IIIB**) północnej części omawianego obszaru. Czarne łupki odpowiadają ilom pylastym i iłołupkom, stąd należy traktować je jako skałę miękką ( $R_C < 5$  MPa), zaś utwory fliszowych piaskowców przewarstwionych łupkami generalnie jako skałę twardą ( $R_C > 5$  MPa). Czarne łupki ilaste mogą wykazywać silne pęcznienie.

#### **6. Opis warunków hydrogeologicznych i ustalenia głębokości pierwszego poziomu wód podziemnych wraz z oceną wpływu agresywności wód podziemnych na materiały konstrukcyjne**

Na terenie badanym wody podziemne występują w obrębie przewarstwień piaszczystych zwietrzelin (OTW.4) lub wkładek piaskowców wśród łupków (OTW.1 i OTW.6) na niższym terenie przy potoku. Wody we wkładkach piaskowców w otworach przy potoku (nr 1 i 6) odpowiadają poziomowi wody w cieku. Wody w obrębie rumoszu piaskowcowego na wypłaszczeniu wzgórza (OTW.4) nawiercono na głębokości 4,1 m. Wody gruntowe występują także jako sączenia w obrębie zwietrzelin koluwium na obszarze osuwiska strukturalnego w przedziale głębokości 5 - 6 m. Sączenia te mają istotne znaczenie dla rozwoju osuwiska w ilastych zwietrzelinach, gdyż w strefach zawodnienia dochodzi do drastycznego spadku wytrzymałości na ścinanie i wytworzenia płaszczyzn poślizgu.

Grunty spoiste zalegające na osuwisku nie stanowią warstwy wodonośnej, gdyż nie mają zdolności do efektywnego przewodzenia wody. Dochodzi natomiast do nasycania i gromadzenia wody w osadach słaboprzepuszczalnych pyłów podścielonych przez praktycznie nieprzepuszczalne gliny zwięzłe i ilaste zwietrzeliny. Występują również sączenia w spękanych zwietrzelinach łupków i lokalne zawilgocenia zwietrzelin. Ilość wód w podłożu jest uzależniona od ilości opadów oraz warunków wnikania wody w podłoże (przesączanie w podłożu następuje od strony płaskiego wschodniego wyniesienia oraz prawdopodobnie również poprzecznymi przekopami wodociągu i gazociągu).

Występowanie zaniżeń na zboczu pomiędzy wschodnim wyniesieniem a drogą sprzyja stagnacji wód opadowych i może prowadzić do nasycania gruntów powierzchniowych, co przejawia się występowaniem podwyższonej wilgotności pyłów czy glin pylastych na pograniczu z ilastymi zwietrzelinami.

Badania agresywności wody względem betonu i stali zostały przeprowadzone przez dr Jana Tarkowskiego zgodnie z normą PN-80/B-01800 i normami szczegółowymi. Wyniki przeprowadzonych badań zostały przedstawione na załączniku nr 10. Na podstawie wykonanych analiz wodę podziemną określono jako słabo agresywną (klasa XA1).

## **7. Ocena warunków geologiczno - inżynierskich wraz z prognozą wpływu projektowanej inwestycji na środowisko wodno-gruntowe mogących wystąpić podczas realizacji inwestycji**

Warunki geologiczne na terenie objętym badaniami są niekorzystne ze względu na aktywne osuwisko, uszkadzające drogę powiatową nr 1307R. Istnieje możliwość wystąpienia dalszych ruchów osuwiskowych po długotrwałych lub katastrofalnych opadach atmosferycznych poprzez nasycenie gruntów na zboczu oraz w podłożu drogi przy nieodpowiednim odprowadzeniu wód powierzchniowych spływających po zboczu i zbierających się w nieumocnionym rowie przydrożnym. Wnikanie wód opadowych w ośrodek gruntów koluwalnych na zboczu może powodować powstawanie kolejnych powierzchni ścięcia i przyspieszenie rozwoju osuwiska. Znaczne przyspieszenie rozwoju osuwiska może spowodować postęp erozji bocznej potoku w dolnej części osuwiska. Procesy rozwoju osuwiska stwarzają zagrożenie zniszczenia drogi powiatowej, zabudowań na wyższym stoku oraz sieci wodociągowej, gazociągu i linii energetycznej.

Dla dokonania ustaleń dotyczących możliwości i sposobów wyeliminowania lub ograniczenia zagrożenia osuwiskowego wykonane zostały badania geologiczno – inżynierskie obejmujące prace wiertnicze wykonane podwójną rdzeniówką dla uzyskania rdzeni o nienaruszonej strukturze. Badania i interpretacje geologiczne pozwoliły na wydzielenie dwu obszarów w granicach zasięgu aktywnej części osuwiska. Obszar północny, obejmujący ~100 m odcinek drogi powiatowej charakteryzuje się płytkim przebiegiem płaszczyzny poślizgowej na pograniczu wynurzonego fliszu głównie piaskowcowego; natomiast obszar południowy czynnego osuwiska na około 100 m odcinku drogi obejmuje ośrodek wytworzony z czarnych łupków ilastych, pokrytych zwietrzelinami, podlegającymi procesom przemieszczania się po płaszczyznach strefy osuwiskowej na głębokości rzędu 6 – 7,5 m.

Istnieje ograniczona możliwość zabezpieczenia drogi powiatowej przed uszkodzeniami ze strony rozwoju procesów geodynamicznych na stoku obejmującym odcinek drogi o długości około 200 m w strefie aktywnego osuwiska na dolnej jego części. Realizacja zabezpieczeń powinna dotyczyć po pierwsze odprowadzenia wód opadowych ze zbocza powyżej drogi przez spływowe wyprofilowanie powierzchni terenu wraz z przebudową i umocnieniem rowu przydrożnego oraz wykonanie umocnień dolnej części osuwiska w strefie brzegowej potoku. Dalsze prace winny objąć przebudowę drogi na odcinku aktywnego osuwiska przy czym rozważeniu podlegać mogą rozwiązania przebudowy z wykonaniem umocnień poprzez palowanie w ośrodku łupków ilastych (odcinek ~100 m długości) lub też samą przebudowę drogi z zastosowaniem geokompozytów, przy przewidywanych w przyszłości nakładach na remonty tego odcinka.

Określone prace zabezpieczenia i przebudowy drogi nie mają negatywnego wpływu na środowisko; natomiast ewentualne zmiany przebiegu drogi lub przełożenia koryta potoku mogłyby spowodować zmiany środowiskowe o niekorzystnym charakterze.

Nie przewiduje się rezygnacji z wykonania prac zachowania przebiegu drogi przez osuwisko ponieważ alternatywnym rozwiązaniem byłaby znacznie kosztowniejsza budowa drogi objazdowej. Realizacja takiej drogi wymagałaby budowy dwu mostów oraz wykupu gruntów na znacznej powierzchni a przełożenie trasy drogowej nie gwarantowałoby wystąpienia procesów geodynamicznych na terenach przekształcanych robotami budowlanymi. Duże znaczenie przy realizacji nowej inwestycji miałyby wysoce prawdopodobne opory społeczności miejscowej przy dalece kłopotliwych procesach i formalnościach przygotowania takiej inwestycji.

Należy zważyć, że prognozowane koszty inwestycji nawet dla alternatywy z zastosowaniem palowania nie odbiegają od rzeczywistych kosztów realizowanych zabezpieczeń osuwisk dla utrzymania istotnych miejscowo połączeń komunikacyjnych.

#### **8. Informacja o lokalizacji i zasobach złóż kopalin, które mogą być wykorzystywane przy wykonywaniu projektowanej inwestycji, oraz ich jakości**

Na badanym terenie nie występują udokumentowane złoża kopalin, natomiast złoża kruszywa naturalnego występują, na wschód od badanego obszaru, w dolinie Wiślaki oraz na północ w dolinie potoku Czarna (Stare Żukowice). Ewentualne zapotrzebowanie na kruszywo

naturalne przy przebudowie podbudowy drogowej może zostać zaspokojone przez lokalnych dostawców (piaskownie, żwirownie). Piaski i żwiry z lokalnych złóż nadają się do dolnych warstw nasypów, drenaży, itp., zaś do górnych warstw podbudowy drogowej, umocnień dna i brzegów potoku narzutem kamiennym zalecane jest stosowanie kruszywa łamanego.

## **9. Opis zjawisk i procesów geodynamicznych oraz antropogenicznych występujących na badanym terenie wraz z kartą rejestracyjną osuwiska**

Zgodnie z danymi z Karty rejestracyjnej osuwiska ostatnie osunięcia na omawianym zboczu wystąpiły w 2010 i 2012 roku po obfitych opadach atmosferycznych, a przyczynami uaktywnienia procesów osuwiskowych było uplastycznienie się gruntu przepojonego wodą oraz niewłaściwe odprowadzanie wód ze stoku i korpusu drogi.

Teren osuwiska aktywnego powodujący niszczenie drogi powiatowej można podzielić na dwa obszary o odmiennej charakterystyce procesów geodynamicznych. Część północna obejmuje powierzchniowy zsuw gruntów pylasto-gliniastych po podłożu fliszowych piaskowców, łupków i ich zwietrzelin. Długość odcinka drogi powiatowej w obszarze płytkiego zsuwu wynosi ~100 m. Zsuw występuje pomiędzy brzegiem potoku a wzgórzem o stromych zboczach zbudowanym z piaskowcowo-łupkowego fliszu. Szerokość strefy zsuwu wynosi 40 - 80 m. Północna granica zsuwu przebiega około 50 m od mostu na potoku. Zsuw jest konsekwencją obrywów brzegów potoku o charakterze meandrującym. W tej części osuwiska zasadniczym sposobem zabezpieczenia drogi przed dalszym osuwaniem jest odcinkowe umocnienie brzegu i dna potoku.

Południowa część osuwiska charakteryzuje się odmiennym ukształtowaniem terenu, wynikającym z warunków geologicznych podłoża zbocza zbudowanego z czarnych łupków ilastych (osuwisko konsekwentne). Na czarnych łupkach i ich ilastych zwietrzelinach rozwinęło się osuwisko strukturalne, skalno-zwietrzelinowe o powierzchni około 1,6 ha. Odcinek drogi powiatowej na obszarze osuwiska strukturalnego wynosi ~100 m, przy czym na odcinku ~80 m wyraźnie ujawnia się zniszczenie drogi. Droga przebiega przez środkową część zbocza aktywnego osuwiska. Długość zbocza aktywnego osuwiska wynosi 140 - 180 m. Na zboczu zalegają osady gliniasto-pylaste na ilastych zwietrzelinach fliszu, które stopniowo przechodzą w łupki ilaste. Płaszczyzny osuwiskowe rozwinięte są w obrębie osadów gliniasto-pylastych oraz w stropowej partii zwietrzelin. Miąższość gruntów koluwalnych



wynosi 6 – 7,5 m. Na rozwój osuwiska wpływ mają warunki wodne podłoża. Istnieje wyraźna zależność pomiędzy poziomami ścieżek w otworach na zboczu osuwiska strukturalnego (Otw.1, Otw. 2, Otw. 3 i Otw. 5) a strefą poślizgu, przejawiającą się występowaniem gruntów w stanie plastycznym oraz poziomów rumoszy.

Czynnikami wpływającymi na ryzyko dalszego rozwoju osuwiska są:

- dalsze, postępujące podmywanie brzegów przez potok, skutkujące występowaniem obrywów skarp brzegowych;
- występowanie w podłożu gruntów różniących się przepuszczalnością (pyły zalegają na praktycznie nieprzepuszczalnych glinach zwięzłych i ilastych zwietrzelinach łupków);
- nasycanie gruntów koluwalnych wodami opadowymi oraz występowanie poziomów ścieżek w stropowej partii zwietrzelin łupków.

Dla oceny stabilności zbocza i opisu mechanizmu wystąpienia osuwiska strukturalnego wykonano modelowanie stateczności zbocza w programie GeoSlope1.2. Modelowanie wykonano po linii najniekorzystniejszego przekroju (zał. 13.1), który przebiega od stromej skarpy przy potoku, przez obszar niecki poniżej drogi, następnie przez uszkodzoną drogę z wyraźnym obrywem i obszar zbocza powyżej drogi aż do otworu nr 4 poza zasięgiem aktywnych procesów geodynamicznych. Modelowania wykonano w kilku wariantach dla płaszczyzny poślizgu o największym zasięgu, rozwiniętej w strefie ścieżek w ośrodku ilastych zwietrzelin:

- modelowanie stateczności obecnego zbocza przy parametrach warstw, określonych w badaniach laboratoryjnych (parametry graniczne) (zał. 13.2)
- modelowanie odwrotne przy pierwotnym układzie warstw dla określenia parametrów wytrzymałościowych (reszkowych), przy których doszło do osunięcia zbocza (zał. 13.3),
- modelowanie stateczności obecnego zbocza w warunkach najniekorzystniejszych, czyli przy poślizgowych parametrach wytrzymałościowych, ze wzmocnieniem zbocza palami i kotwami dla uzyskania bezpiecznego wskaźnika stateczności zbocza ( $FS > 1,5$ ) (zał. 13.3).

Wyniki modelowania zbocza przy parametrach granicznych wskazują na wysoką stateczność zbocza ( $FS > 4$ ). Wynika to z niewielkiego nachylenia zbocza oraz stosunkowo wysokich parametrów wytrzymałościowych ilastych zwietrzelin. Jednakże na powierzchniach strukturalnych ilastych zwietrzelin przy ich zawodnieniu (ścienienia) wytrzymałość na ścinanie

będzie dużo niższa i wytwarza się wówczas cienka warstewka poślizgowa, której nie uchwycą laboratoryjne badania ścinania rdzeni. Modelowanie odwrotne wskazuje, że przy poślizgu spójność ilastych zwietrzelin była 4-krotnie niższa, zaś kąt tarcia wewnętrznego 10-krotnie niższy (*w praktyce efektywny kąt tarcia mógł być zerowy, zaś do obliczeń konieczne jest przyjęcie wartości kąta większej od zera*).

W ostatnim etapie modelowano stateczność zbocza przy wzmocnieniu palami i kotwami podłoża drogi powiatowej dla zachowania bezpiecznego wskaźnika stateczności ( $FS > 1,5$ ). Założono warunki najniekorzystniejsze, czyli podobne jak w okresie osunięć wysokie nasycenie wodą zwietrzelin, skutkujące skrajnie niskimi parametrami wytrzymałościowymi całej warstwy ilastych zwietrzelin w strefie sączeń. Wartość bezpiecznego wskaźnika stateczności uzyskano przy wykonaniu palisady z pali o średnicy 0,6 m w odstępach 0,8 m, zakotwionych w nienaruszone podłoże na głębokość 3 - 3,5 m oraz kotwieniu w odstępach co 1,5 m z ukształtowaniem buławy o długości około 7,5 m w nienaruszonym podłożu (długość kotew ~16 m). Dodatkowym elementem stabilizacji zbocza będzie oczep żelbetowy, którego nie uwzględniono przy obliczeniach, a który połączy głowice pali i kotwy w konstrukcję oporową. Zakłada się wykonanie konstrukcji oporowej na rozciągłości strukturalnego osuwiska na długości ~100 m.

Wartość bezpieczna wskaźnika stateczności nie uwzględnia również pozytywnego wpływu innych prac zabezpieczających (odwodnienia zbocza, umocnienia skarp potoku, wykonania rowów i wzmocnienia podłoża drogi), więc ostateczna, bezpieczna wartość wskaźnika stateczności zbocza, powinna być określona podczas projektowania, uwzględniając zakres zabezpieczeń, przy wykorzystaniu w modelowaniu resztkowej wytrzymałości na ścinanie ilastych zwietrzelin w strefie sączeń.

#### **10. Ogólne określenie metody wzmocnienia podłoża gruntowego na podstawie wykonanych badań, wskazania dotyczące posadowienia oraz założenia technologiczne i konstrukcyjno - budowlane inwestycji oraz zakres i sposób prowadzenia monitoringu**

Droga powiatowa nr 1307R Łęki Górne - Zwiernik – Zalasowa przebiega przez obszar rozległego osuwiska, które w strefie przebiegu tej drogi rozciąga się pomiędzy dwoma mostami na potoku Rzeka Zwiernicka. Część aktywna osuwiska powoduje uszkodzenie drogi

na odcinku około 200 m – na południe od mostu na potoku. Uszkodzona droga przebiega w dolnej strefie aktywnego osuwiska gdzie występują trzy rodzaje procesów mających znaczenie dla stabilności podłoża posadowienia konstrukcji drogi. Północny odcinek drogi – od strony mostu na długości około 100 m obejmuje podłoże, gdzie ujawniają się procesy płytkiego zsuwu powierzchniowego u podnóża wysokiej, zalesionej skarpy. Odcinek południowy – o długości ok. 100 m przebiega przez osuwisko strukturalne obejmującego stok wschodniego wzgórza, zbiegającego czołem jezora osuwiskowego do koryta potoku. Na obszarze tym ruchy masowe powodowane są głównie przez przemieszczanie się części zbocza po płaszczyznach poślizgowych na głębokości rzędu 6-7 m a nadto czoło osuwiska jest silnie erodowane przez potok, powodujący obrywy i osunięcia brzegowe.

Stabilizację osuwiska i naprawę oraz zabezpieczenie uszkodzonej drogi należy rozpatrywać w aspekcie jej położenia na rozległym obszarze osuwiskowym, którego całościowa stabilizacja nie jest możliwa ani uzasadniona ekonomicznie. W związku z tym rozważa się zaproponowanie rozwiązań dotyczących aktywnej części osuwiska, uszkadzającego drogę powiatową na odcinku około 200 m na południe od mostu na potoku. W odniesieniu do tego fragmentu drogi można uznać, że możliwe jest wykonanie odcinkowej stabilizacji osuwiska oraz dokonanie przeciwsuwiskowej przebudowy drogi.

Ewentualność odcinkowej stabilizacji osuwiska można wskazać dla południowego fragmentu drogi na długości około 100 m. Dla odcinka tego można rozważyć zastosowanie palowania na głębokość ok. 10 m z oczepem kotwionym do skalnego podłoża poniżej strefy poślizgowej.

Zakotwienie pala wierconego należy przewidzieć w łupkach ilasto-mułowcowych na głębokość 3 – 3,5 m (*palowanie należy prowadzić pod nadzorem uprawnionego geologa*). Rozstaw pali będzie zależny od zastosowanego zbrojenia (np. HEB) oraz współdziałania pali, oczepu oraz kotwienia skośnego. Ze względu na pęcznienie ilastych łupków nie należy stosować rozwiązań wprowadzających wodę w podłoże (np. kolumn kamiennych, pali żwirowych, itp.), bo może to prowadzić do uaktywnienia pęcznienia gruntu.

Koszt tych prac szacuje się w przedziale 1.100 tys. zł – 1.200 tys. zł netto.

Jako podstawowe rozwiązania naprawy i zabezpieczenia odcinka drogi na aktywnej części osuwiska celowym jest wykonanie przebudowy konstrukcji drogi przez rozebranie nawierzchni i części podbudowy, wykonanie stabilizacji podłoża z sączkami poprzecznymi oraz dolnej warstwy nowej podbudowy na geosyntetykach (geokrata), przebudowa rowu

przydrożnego z umocnieniem korytkami betonowymi, zagłębionymi poniżej konstrukcji podbudowy a także przebudowę przepustów zjazdowych. Koszt tych robót szacuje się w przedziale 550 tys. zł – 610 tys. zł netto.

Dla zabezpieczenia przebudowanego odcinka drogowego konieczne jest właściwe odprowadzenie wód opadowych z wyższego stoku oraz usunięcie uszkodzeń i zabezpieczenie niskiego stoku w strefie brzegowej potoku. Odprowadzenie wód opadowych z wyższego stoku ma przeciwdziałać wnikaniu opadów w podłoże i przenikaniu w strefę poślizgową. Wskazany jest przeprowadzenie profilowania wyrównanych spadków zbocza oraz wykonanie kilku szerokich i płytkich nieckowatych rowów skierowanych do rowu przydrożnego. Wobec postępującego zarastania terenu zbocza samosiewami olszy można rozważyć wprowadzenie nasadzeń krzewów i drzew wilgociolubnych. Koszt tych robót szacuje się w przedziale 140 tys. zł – 170 tys. zł netto

Zabezpieczenie dolnego stoku w strefie brzegowej potoku można wykonać poprzez zastosowanie narzutu kamiennego dla likwidacji istniejących obrywów brzegowych z przyparciem murem gabionowym na długości ~130 m. Koszt tych robót szacuje się w przedziale 370 tys. zł – 430 tys. zł netto.

Oceniony zakres prac częściowej stabilizacji osuwiska oraz przebudowy odcinka drogi w strefie aktywnego osuwiska wraz z umocnieniami i odwodnieniem terenów przylegających winien zawierać się w przedziale kosztowym 2.160 tys. – 2.410 tys. zł netto. Określone prace mogą być realizowane etapowo stosownie do przedstawionych wyżej wydzielen kosztowych.

Określone koszty stabilizacji osuwiska dotyczą obszaru aktywnego osuwiska o powierzchni ~2,6 ha uszkadzającego infrastrukturalną drogę powiatową o znaczeniu ponadlokalnym – łączącej tereny gmin : Pilzno, Ryglice i Jodłową. Obszar tej aktywności osuwiskowej stanowi fragment rozległego osuwiska nr 1007 wyznaczonego na powierzchni 11,4 ha. W granicach tego osuwiska występuje również obszar okresowo aktywny na wyższej części zbocza, gdzie znajdują się uszkodzone zabudowania gospodarstwa rolnego. Pomędzy tymi obszarami oraz na południowej części stoku rozciąga obszar nieaktywnego osuwiska. Dokumentacja niniejsza dotyczy zabezpieczenia osuwiska uszkadzającego infrastrukturalną drogę i sąsiadujące zagrożone sieci (wodociąg, gaz i linia energetyczna). Przewidywane prace pozwalają na skuteczne zabezpieczenie istotnych obiektów infrastrukturalnych. Brak jest natomiast uzasadnienia ekonomicznego ani technicznego zabezpieczania nieruchomości prywatnych o wartości wielokrotnie mniejszej niż nakłady na takie zabezpieczenia.

***Materiały źródłowe, literatura, dane archiwalne, przepisy***

- 1) M. Klimaszewski - "Geomorfologia Polski" - PWN Warszawa 1998 r.
- 2) „Budowa geologiczna Polski” – Instytut Geologiczny, Warszawa 1972r.
- 3) Mapa geologiczna Polski w skali 1:200 000 z objaśnieniami. Ark. Jasło. PIG-PIB.  
[Nescieruk P., Wójcik A., Paul Z.], 1992 (1996 - objaśnienia)
- 4) Józef Bażyński, Andrzej Drągowski, Zbigniew Frankowski, Ryszard Kaczyński, Stanisław Rybicki, Lech Wysokiński - „Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich” poradnik metodyczny Ministerstwa Środowiska , Warszawa 1999r.
- 5) „Poradnik Hydrogeologa” . Wyd. geologiczne Warszawa 1971 r.
- 6) Zdzisław Pazdro „Hydrogeologia ogólna”. Wydawnictwa Geologiczne. W-wa 1983 r.
- 7) Jerzy Kondracki "Geografia regionalna Polski" Wydawnictwo Naukowe PWN-1998 r.
- 8) Ewa Stupnicka "Geologia regionalna Polski". Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa 1997 r)
- 9) Elżbieta Myślińska "Laboratoryjne badania gruntów". Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2001 r.
- 10) Zenon Wiłun „Zarys Geotechniki”. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2000 r.
- 11) Lech Wysokiński. Metody prognozowania i zabezpieczania osuwiska. XXV Konf. Nauk-Techn. Międzyzdroje, 2011.
- 12) "Geozagrożenia" - Zmniejszanie ryzyka, podnoszenie świadomości [mat. konfer.]. PIG. Warszawa, 2007.
- 13) Ustawa z dnia 9 czerwca 2011r. prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. Nr 163, poz. 981 z późniejszymi zmianami )
- 14) Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 r w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno - inżynierskiej (Dziennik Ustaw 2014 Nr 596 z późniejszymi zmianami)
- 15) Leszek Starkel. Rzeźba terenu, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), *Dorzecze górnej Wisły*, część I. PWN, Warszawa-Kraków, 42-54. 1991

***Wykorzystane normy:***

- PN-81 B-03020, Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- PN-88/B-04481, Grunty budowlane. Badania próbek gruntów,
- PN-86/B-02480, Grunty budowlane, określenia, symbole, podział i opis gruntów
- PN-74/B-04452, Grunty budowlane, badania polowe.