

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 0112**

w miejscowości Jaworze Dolne, gmina Pilzno

Obiekt :                droga powiatowa nr 1304R Gołęczyna - Jaworze Dolne  
Miejscowość:        Jaworze Dolne  
Gmina:                Pilzno  
Powiat:                dębicki  
Województwo:        podkarpackie

**Opracowali :**

*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, wrzesień 2016 r.

## **SPIS TREŚCI**

- Karta informacyjna dokumentacji geologiczno – inżynierskiej
- Decyzja zatwierdzająca projekt robót geologicznych wydana przez Starostę Dębickiego znak WRL.6540.9.2016 z dnia 09.08.2016 r.
- Opinia do projektu robót geologicznych dla określenia warunków geologiczno -inżynierskich osuwiska nr 0112 w miejscowości Jaworze Dolne
- Karta rejestracyjna osuwiska nr 0112

### **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 : 500
5. Mapa geologiczno - inżynierska na podkładzie mapy sytuacyjno - wysokościowej w skali 1:500
6. Mapa obszarów zagrożonych podtopieniami
7. Legenda do przekrojów i profili - tabela uogólnionych parametrów geotechnicznych gruntów
- 8.1 - 8.2. Przekroje geologiczno- inżynierskie
- 9.1 - 9.4. Karty profili otworów badawczych
10. Karta wyników badań sondą krzyżakową FVT
- 11.1 - 11.4. Karty wyników badania sondą dynamiczną lekką
12. Wyniki badań analitycznych próbki wody podziemnej
- 13.1 - 13.5. Wyniki badania uziarnienia gruntu
14. Tabela wyników oznaczeń laboratoryjnych
15. Wyniki edometrycznego badania ścisłości
- 16.1 - 16.3. Wyniki badania ścinania w aparacie AB
- 17.1 - 17.3. Obliczenia i przekroje analizy stateczności zbocza
- 18.1 - 18.4. Fotografie rdzeni otworów badawczych
19. Objasnienia użytych znaków i symboli

## KARTA INFORMACYJNA DOKUMENTACJI GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEJ

### **Tytuł dokumentacji:**

Dokumentacja geologiczno – inżynierska określająca warunki geologiczno – inżynierskie osuwiska nr 0112 w miejscowości Jaworze Dolne.

**Data rozpoczęcia badań:** 22.08.2016 r

**Data zakończenia badań:** 30.09.2016 r

Liczba wykonanych wierceń: 4, łączny metraż: 36,4 m

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

głębokość wierceń: od 8,0 do 10,4 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 = 5535511; y = 7525307;

Otw.2 x = 5535480; y = 7525273;

Otw.3 x = 5535462; y = 7525274;

Otw.4 x = 5535454; y = 7525250;

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

Liczba wykonanych sondowań: 5 łączny metraż: 23,2 m

rodzaj: sondowanie sondą krzyżakową (FVT) liczba badań: 1,  
sondowanie sondą dynamiczną lekką (SL/DPL) liczba badań: 4,  
wykonawca: mgr inż. Tomasz Bardel upr. geol.-inż. nr VII - 1497

Pomiary presjometryczne, dylatometryczne i inne:

rodzaj - liczba badań - wykonawca -

Badania geofizyczne:

rodzaj - liczba badań - wykonawca -

Badania laboratoryjne:

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

liczba badań: 43, 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. 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 1304R Gołęczyna - Jaworze Górne na odcinku, gdzie doszło do uszkodzenia drogi skutkiem wystąpienia osuwiska. Dokumentację opracowano na podstawie projektu robót geologicznych zatwierdzonego decyzją Starosty Dębickiego znak: WRL.6540.9.2016 z dnia 9.08.2016 r. uwzględniając dane z Karty rejestracyjnej osuwiska nr 0112 z dnia 20.12.2012 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 4 otworów badawczych rdzeniowanych, opisu odsłonięć naturalnych w potoku 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 o numerach 1, 2 i 3 wykonano w miejscach projektowanych, zaś otwór nr 4 przesunięto na południowy-wschód w promieniu założonym w projekcie ze względu na bliskość słupa elektrycznego oraz brak możliwości wjazdu wiertnicą do gęstego lasu oddzielonego od terenu pobocza skarpą. Przy otworach 1,2 i 3 wykonano sondowania dynamiczne, zaś w pierwotnej lokalizacji otworu nr 4 wykonano sondowanie krzyżakowe i dynamiczne. W części graficznej dokumentacji zamieszczono przeglądową mapę z lokalizacją terenu badań, mapę i przekrój geologiczny, mapę dokumentacyjną, mapę geologiczno-inżynierską, mapę terenów zagrożonych podtopieniami, tabelaryczne zestawienia wyników badań laboratoryjnych, wyniki sondowań, 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. 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 Jaworze Dolne, gmina Pilzno, powiat dębicki, województwo podkarpackie, w południowej części miejscowości, obejmując odcinek drogi powiatowej nr 1304R łączącej Gołęczynę z Jaworzem Górnym.

Geograficznie teren projektowanych robót geologicznych położony jest na obszarze Zewnętrznych Karpat Zachodnich w części Pogórza środkowobeskidzkiego, w mezoregionie Pogórza Strzyżowskiego, w krainie Kotliny Pilźnieńskiej (wg. Klasyfikacji Kondrackiego 1998) wg podziału Karpat polskich na jednostki geomorfologiczne (wg. Starkla, 1991) na terenie Pogórza Strzyżowskiego.

Hydrograficznie badany rejon przynależy do zlewni rzeki Wisłoki przepływającej na zachód od terenu badań w odległości około 400 m.

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

Asfaltowa droga powiatowa nr 1304R relacji Jaworze Górne - Gołęczyny na terenie badanym przebiega od lokalnego płaskowyżu do dolinki Grzmiącego Potoku. Droga rozcina piaszczysty płaskowyż i opada do dolinki potoku. Uszkodzony fragment drogi obejmuje strefę na długości około 40 m, zapoczątkowaną poniżej skarpy rozciętej przez drogę i kończącą się około 70 m od mostku na potoku. Obszar osuwiska schodzi do potoku skośnie do przebiegu drogi. Zasadnicza część osuwiska pomiędzy drogą a potokiem obejmuje teren gęstego lasu, z licznymi skarpami i centralną polaną na obszarze jezora. Powierzchnia całego osuwiska wynosi około 0,76 ha i zawiera się pomiędzy rzędnymi 198 - 222 m npm, przy nachyleniu terenu ~11 stopni. Lokalnie skarpy przy potoku lub powyżej jezora osuwiska posiadają nachylenia do 35 stopni. Zachodnią granicę osuwiska stanowi Grzmiący Potok, przez który droga powiatowa przechodzi betonowym mostkiem. Potok na długości około 15 m od mostku ma wybetonowane dno. W dalszej części potok intensywnie wcina się w podłoże i powoduje podcinanie skarp brzegowych.

Teren osuwiska nie jest zabudowany - najbliższy budynek remizy znajduje się około 20 m na południowy-wschód od krawędzi osuwiska. Kilka domów jednorodzinnych usytuowanych jest na płaskowyżu, powyżej górnej krawędzi osuwiska. Przez teren osuwiska przebiega droga powiatowa, która uległa uszkodzeniu. Droga ta obejmuje asfaltową jezdnię o szerokości ~6 m oraz obustronne pobocza nieutwardzone o szerokości rzędu 3 m. Wzdłuż drogi przebiegają napowietrzne linie energetyczne. Dwa słupy w południowej części osuwiska posadowione są na terenie objętym ruchami masowymi, zaś dwa kolejne przy krawędzi osuwiska. W północno-wschodniej części osuwiska, na terenie poniżej skarpy jaru, znajduje się zbiornik kanalizacji (szambo), prawdopodobnie z systemem rozsączania (dren). Pod drogą, pomiędzy słupem a południową krawędzią uszkodzenia drogi, przechodzi płytko wykonany (około 1 m ppt.) dren z rury perforowanej, którego ujście wychodzi na leśną część terenu osuwiska.

Po zachodniej stronie drogi rozciąga się leśny teren osuwiska stanowiący nieruchomość Lasów Państwowych. Jest to obszar intensywnie zadrzewiony i zakrzewiony o stromym nachyleniu – niedostępny dla wjazdu maszyn budowlanych bez wycinki drzew.

#### **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**

Omawiany teren leży na obszarze Zapadliska Przedkarpackiego utworzonego w neogenie i wypełnionego mioceńskimi osadami ilastymi. Obszar badań znajduje się przy wschodnim brzegu tzw. zatoki Pilźnieńskiej. Mioceńskie utwory w tym rejonie stanowią głównie ropy i mułowce zaliczone na warstw grabowieckich. Osady mioceńskie odsłaniają się w skarpach i w dnie Grzmiącego Potoku na długości około 25 m. Są to szare ropy o oddzielności płytkowej, cienkolaminowane piaskiem pylastym, nachylone pod niewielkim kątem skośnie do nachylenia stoku. Na wschód i południe od obszaru badań przebiega granica nasunięcia Karpat fliszowych. Występują tam piaskowce i łupki warstw inoceramowych płaszczowiny skolskiej.

Na utworach mioceńskich zalega kompleks osadów czwartorzędowych. Bezpośrednio na ropy miocenu spoczywają ropy gliniaste zwietrzeline, zaś czwartorzęd reprezentowany jest na płaskowyżu, powyżej obszaru osuwiska, przez piaszczyste i lokalnie piaszczysto-żwirowe osady rzecze tarasu nadzalewowego i osady wodnolodowcowe. Na obszarze osuwiska w centralnej części występują osady piaszczyste o charakterze rozmytych osadów piaszczystych (deluwialnych). W niższej części osuwiska na zboczu powyżej potoku (obszar leśny), na północny zachód od uszkodzonej drogi, zalegają osady koluwalne piaszczyste oraz gliniaste.

Ukształtowanie podłoża podczwartorzędowego (mioceńskiego) na terenie badanym wpływa na występowanie procesów geodynamicznych, które doprowadziły do uszkodzenia drogi. Nachylenie podłoża mioceńskiego pomiędzy dnem doliny potoku a otworami przy drodze jest strome (~24 stopnie), zaś pomiędzy otworami w wyższej partii zbocza łagodne (pomiędzy otworami nr 1 i nr 2 tylko 1,5 stopnia). Zasadniczą rolę w zapoczątkowaniu procesów osuwiskowych odgrywa Grzmiący Potok, który spływając ze wzgórz karpackich zbudowanych z piaskowców, w obszarze badań łatwo erodował wgłębnie w miękkich ropy miocenu, powodując pogłębianie doliny i postępujące podcinanie brzegów. Skarpy w ropy do pewnej wysokości zachowują stateczność nawet przy bardzo stromych zboczach, jednak przy ich znacznej wysokości dochodzi do gwałtownej utraty stateczności zbocza.



Osunięcie zapoczątkowane zostało na odcinku rozcięcia iłów przez potok i poszerzone na obszar zbocza, z zalegającymi na nim zwietrzelinami iłów i piaskami o miąższości kilku metrów, w spągowej części zawodnionymi.

Drugim zjawiskiem zachodzącym na zboczu są procesy związane z właściwościami filtracyjnymi gruntów. Iły mioceńskie są praktycznie nieprzepuszczalne (współczynnik filtracji  $k < 10^{-7}$  m/s) i stanowią warstwę izolacyjną dla wód powierzchniowych, przesączających się przez przepuszczalne osady piaszczyste. W przypadku piasków drobnych zawierających kilkanaście procent frakcji pyłowej, lub pyłów przewarstwionych piaskami (występujące w otworach nr 2 i 3) wody infiltrujące od strony piaszczystego płaskowyżu (otw. 1) "piętrzą się" w warstwie wodonośnej na obszarze łagodnego nachylenia iłów, skutkując "wybiciem" i osiadaniem drogi, przy osunięciu dolnej partii zbocza.

W odniesieniu do iłów mioceńskich należy zwrócić uwagę na ich silne pęcznienie, które może ujawniać się szczególnie w przypadku rozcięcia laminowanych iłów wykopami i doprowadzenia do nich wody z nadległych piasków.

##### **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 4 otworów pełnordzeniowych dla ustalenia profilu podłoża i uzyskania próbek do badań laboratoryjnych oraz ustalenia płaszczyzn poślizgu wraz z zawierzeniem co najmniej 3 m w nienaruszone podłoże poniżej płaszczyzny poślizgu,
- wykonanie 4 sondowań dynamicznych dla określenia stopnia zagęszczenia gruntów piaszczystych,
- wykonanie 1 sondowania sonda krzyżakową dla określenia granicznej i resztkowej wytrzymałości na ścinanie bez odpływu dla gruntów gliniastych i ilastych,

- identyfikacja odsłoneń utworów miocennych w dnie potoku
- pomiar niwelacyjny i tachimetryczny w liniach przekrojów geologiczno-inżynierskich dla dokładnego odwzorowania ukształtowania terenu na linii przekroju (ukształtowanie terenu na linii przekroju może, w związku z tym, w niewielkim stopniu różnić się od danych z mapy sytuacyjno-wysokościowej)
- kartowanie geologiczno-inżynierskie dla 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 uziarnienia gruntów piaszczystych dla określenia rozkładu poszczególnych frakcji i możliwości oszacowania przepuszczalności,
- 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,
- badanie edometryczne oraz wskaźnika pęcznienia łąw miocennych dla określenia ich ściśliwości i pęcznienia, parametrów istotnych przy sadowieniu obiektów budowlanych (także kotwieniu elementów zabezpieczeń) w łąwach

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 5 podstawowych zespołów osadów, odróżniające się właściwościami fizyczno - mechanicznymi:

- grunty antropogeniczne (warstwa N),
- grunty piaszczyste (warstwa I),
- grunty małospoiste (warstwa II),
- gliny zwięzłe (warstwa III)
- łąwy miocenne (warstwa IV)

Grunty antropogeniczne (**warstwa N**), wykształcone są jako nasypy budowlane stanowiące podbudowę drogi powiatowej oraz żwirowe nasypy niebudowlane stwierdzone w rejonie otworu nr 4 do głębokości 1,1m, prawdopodobnie związane z przekopem drenażowym.

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

**warstwa I** - obejmuje grunty niespoiste: piaski drobne, rozdzielone ze względu na zróżnicowane zagęszczenie i warunki zalegania na zboczu na:

- **IA:** piaski w stanie średniozagęszczonym, występujące w centralnej części osuwiska, na obszarze osiadania podłoża uszkodzonego fragmentu drogi; piaski te zalegają pod cienką warstwą humusu (w-wa H) do głębokości wystąpienia zwierciadła wód podziemnych lub stropu gruntów warstwy II, tj. w otworach nr 2 i 3 do głębokości średnie 4,3 m, zaś w otworach 1 i 4 zalegają do głębokości średnio 1,8 m;
- **IB:** piaski w stanie średniozagęszczonym, występujące w centralnej części osuwiska, w obszarze osiadania podłoża uszkodzonego fragmentu drogi, poniżej zwierciadła wód podziemnych, zalegające na łożach miocenu i ich gliniastych zwietrzelinach;
- **IC:** piaski w obszarze koluwium, wyraźnie odróżniające się niższym zagęszczeniem (luźne) od piasków występujących w centralnej części osuwiska (IA, IB); piaski te zalegają na zboczu w obszarze leśnym na zasadniczej części osuwiska oraz na jezorze osuwiska;
- **ID:** piaski poza obszarem osuwiska, wyraźnie odróżniające się wysokim zagęszczeniem od luźnym i średniozagęszczonych piasków zalegających w terenie objętym procesami geodynamicznymi;

**warstwa II** - obejmuje grunty małospoiste (pyły) przewarstwione niespoistymi (piaski drobne) stwierdzone w otworze nr 3 w przedziale głębokości 4 - 5 m; generalnie mokre, w stanie twardoplastycznym;

**warstwa III** – obejmuje grunty spoiste: gliny zwięzłe będące zwietrzelinami iłówo-miocenickich, zasadniczo wilgotne, w stanie twardoplastycznym, zalegające w otworze nr 4 w przedziale głębokości 1,7 - 3,2 m, zaś na obszarze objętym aktywnym osuwiskiem (otw. 2 i 3) stanowiące cienką warstwę poślizgową w przedziale głębokości 5,4 - 5,7 m oddzielając nawodnione piaski (IB) i nieprzepuszczalne ropy (IV);

**warstwa IV** - obejmuje grunty spoiste: ropy cienkolaminowane piaskiem pylastym; wilgotne i mało wilgotne, w stanie półzwałym i zwałym, wraz z głębokością przechodzące w ropy;

## Ocena właściwości fizyko-mechanicznych gruntów:

**Piaski drobne** poza obszarem osuwiska (**ID**) wykazują wysokie zagęszczenie (stopień zagęszczenia powyżej 0,68) i niską wilgotność (<10%). Piaski w obszarze zapadnięcia drogi, na terenie łagodnie nachylonego podłoża iłów (**IA i IB**) są średniozagęszczone, przy wilgotności generalnie wzrastającej z głębokością od kilku do ponad 16 %, zaś w obszarze koluwium piaski (**IC**) są luźne, przy wilgotności rzędu 21%. Istotna jest znaczna zawartość frakcji pylastej w piaskach wynosząca od 8 do 15%, co pomimo równoziarnistości piasków wpływa na ich stosunkowo niską przepuszczalność. Wsiąkanie wód opadowych w piaski na płaskowyżu powyżej osuwiska i infiltracja w kierunku potoku jest uzależniona przepuszczalności piasków i nachylenia podłoża nieprzepuszczalnego. W obszarze łagodnego nachylenia podłoża ilaste wody "napierają" od strony wyższych terenów, co na obszarze stromego nachylenia podłoża prowadzi do upłynnienia piasków i osiadania podłoża. Piaski te są również podatne na wypłukiwanie drobnych frakcji (sufozję), co należy uwzględnić przy projektowaniu odwodnień.

Pyły (**warstwa II**) mają niższą przepuszczalność niż piaski i wykazują jeszcze wyższą skłonność do upłynnienia, jednak ze względu na ich jedynie lokalne występowania wśród piasków, wody w rzeczywistości infiltrują w piaskach i w przewarstwieniach piaszczystych wśród pyłu.

Gliny zwięzłe (**warstwa III**) charakteryzują się znacząco zmiennością i stosunkowo wysoką wilgotnością (w obszarze koluwium nawet do 39%), więc ich właściwości wytrzymałościowe uzależnione są od wilgotności. Na kontakcie z podłożem nieprzepuszczalnym i nawodnionymi piaskami następuje wzrost wilgotności tych glin i spadek ich wytrzymałości. Według badań sondą krzyżakową wartości wytrzymałości resztkowej są dwukrotnie niższe niż wytrzymałości granicznej (maksymalnej), stąd przy obliczeniach stateczności odpowiednio pomniejszono wartości parametrów wytrzymałości na ścinanie (tabele - zał. 7 i zał. 17.1). Warstwę tę należy traktować jako poślizgową i projektowanie zabezpieczeń przewidzieć poniżej jej zalegania.

Iły miocenu (**warstwa IV**) charakteryzują się niewielką zmiennością litologiczną oraz wartości parametrów fizyko-mechanicznych. Charakteryzują się bardzo wysoką spójnością (75 kPa), w szczególności w obrębie lamin ilastych. Iły ocenione w strefie uszkodzonego fragmentu drogi wykazują silne własności pęcznienia wynikające z ich charakterystycznego wykształcenie, przejawiającego się występowaniem smugowań (cienkich lamin) piasków pylastych i grubszych lamin ilastych. Dostarczenie wody do piaszczystych warstwowań (np. poprzez zagłębione w iły kolumny żwirowe, czy kamienne) może pobudzać pęcznienie iłów.

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

Na terenie badanym wody podziemne występują w obrębie piaszczystych osadów czwartorzędowych, zalegających na nieprzepuszczalnym podłożu iłów mioceńskich. Warstwę wodonośną stanowią równouziarnione piaski drobne, o znacznej zawartości frakcji pylastej. Współczynnik filtracji piasków drobnych oszacowany na podstawie analizy uziarnienia i wzorów empirycznych wynosi w granicach:

- wg uproszczonego wzoru Hazena -  $k$  w przedziale 0,7 - 3,9 m/d, przy wartości średniej współczynnika filtracji  $k = 2,7 \text{ m/d}$  ( $3,10 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ )
- wg wzoru amerykańskiego -  $k$  w przedziale 0,76 - 2,4 m/d, przy wartości średniej współczynnika filtracji  $k = 1,7 \text{ m/d}$  ( $1,94 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ );

Najniższe wartości współczynnika filtracji ( $k=8,5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ ) wykazywała próbka piasku w obszarze osuwiska (Otw.2) poniżej zwierciadła wód podziemnych (5,1 - 5,3 m). Określone wartości współczynnika filtracji wskazują, że piaski warstwy wodonośnej wykazują średnią przepuszczalność.

Warstwa wodonośna na badanym terenie wykazuje generalnie charakter swobodny w piaskach, jedynie w otworze nr 3 warstwa ma charakter naporowy, ze względu na występowanie wkładki pyłów. Zwierciadło wód podziemnych w obszarze uszkodzenia drogi (Otw. 2 i 3) stabilizowało się na głębokościach 4,0 m (Otw.3) i 4,6 m (Otw.2).

W najwyższej położonym otworze nr 1 (poza osuwiskiem) zwierciadło wód podziemnych nawiercono na głębokości 8,8 m. W skarpie wysięk wód z piasków następował ~1,3 m powyżej dna potoku. W otworze nr 4 poza obszarem aktywności procesów geodynamicznych, gdzie płytko występowały gliny zwięzłe, nie stwierdzono występowania wód podziemnych.

Wody podziemne mają istotne znaczenie dla rozwoju osuwiska, gdyż zasięg uszkodzenia drogi ograniczony jest od strony południowej obszarem płytkiego podłoża gliniastego, poza terenem występowania warstwy nawodnionych piasków. Ograniczenie warstwy wodonośnej od południa "garbem" gruntów gliniastych sprzyja "spiętrzeniu się" wody w warstwie wodonośnej powyżej "garbu" i intensyfikacji upłynnienia gruntu oraz osiadania podłoża drogi.

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 12. 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 1304R. Istnieje możliwość wystąpienia dalszych ruchów osuwiskowych po długotrwałych opadach atmosferycznych tudzież poprzez nasycenie gruntów podłoża drogi z nieodpowiedniego odprowadzenia wód powierzchniowych spływających po zboczu oraz z nieszczelnej kanalizacji. Upłynnienie koluwiów może powodować powstawanie kolejnych powierzchni ścięcia i poszerzania osuwiska. Stwarza to zagrożenie dalszego uszkadzania drogi powiatowej, uszkodzenia słupów linii energetycznej przy drodze oraz zablokowania koryta potoku, co może doprowadzić do lokalnych podtopień lub uszkodzenia mostku na Grzmiącym Potoku.

Istnieje możliwość zabezpieczenia drogi powiatowej przed uszkodzeniami ze strony rozwoju procesów geodynamicznych. Realizacja zabezpieczeń powinna dotyczyć po pierwsze zabezpieczenia drogi powiatowej w obszarze osuwiska, a po drugie minimalizację zagrożenia ze strony potoku, podcinającego brzeg zbocza. Zabezpieczenie osuwiska i odcinkowego umocnienia dna i skarp potoku oraz uregulowania stosunków wodnych winny zapewnić stabilność zbocza i podłoża drogi.

## **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 lokalne złoża piasków są udokumentowane na płaskowyżu, zaś złoża kruszywa naturalnego w dolinie Wisłoki. 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 zalecane jest stosowanie kruszywa łamanego.

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

Osuwisko uszkadzające drogę powiatową zapoczątkowane jest w dolnej części zbocza, gdzie dochodzi do podcinania zbocza przez potok i ustawicznego pogłębienia jego koryta. W obrębie osuwiska występują liczne skarpy o wysokości 0,5 - 7,0 m, szczeliny i pęknięcia gruntu oraz jęzor osuwiskowy schodzący po potoku. W północno-wschodniej części osuwiska osuwisko spowodowało uszkodzenie drogi na długości 40 m poprzez osiadanie podłoża. Zasadniczą przyczyną ruchu osuwiskowego było upłynnienie gruntu przepojonego wodą zalegającego na stromo nachylonym podłożu nieprzepuszczalnych iłów. Ostatnie osunięcia wystąpiły w 2010 i 2012 roku po obfitych opadach atmosferycznych (*dane z Karty rejestracyjnej osuwiska nr 0112*). Do powstania osuwiska przyczyniły się również niewłaściwe odprowadzanie wód ze stoku i korpusu drogi oraz nieszczelna kanalizacja w sąsiedztwie drogi.

Mechanizm zachodzenia procesów geodynamicznych na zboczu obejmuje dwa procesy. Zasadniczą część osuwiska obejmuje porośniętą lasem, dolną część zbocza z licznymi skarpami i jęzorem schodzącym do potoku. Na tej części zbocza zalegają grunty koluwalne - piaski drobne w stanie luźnym na uplastycznionych glinach zwięzłych, stanowiących warstwę poślizgową. Grunty koluwalne zalegają na stromo nachylonym podłożu iłów mioceńskich, które rozcinane są przez pogłębiający się potok. Na tej części zbocza doszło do osunięcia się gruntów poprzez wystąpienie kolejnych powierzchni ścięcia, poszerzając osuwisko

począwszy od odsłonięcia ilów w potoku w górę zbocza, aż do obszaru łagodnego nachylenia stropu ilów. Na obszarze łagodnego nachylenia ilów doszło natomiast do osiadania podłoża i uszkodzenia fragmentu drogi powiatowej. Osiadanie wystąpiło wskutek utraty oparcia dla gruntów podłoża drogi oraz wskutek upłynnienia piasków zalegających na nieprzepuszczalnych ilach. Osuwisko w tej części zbocza przebiega skośnie do nachylenia terenu, gdyż w południowej części terenu (rejon Otw. 4) płytko występują ily, stanowiące barierę do wód podziemnych infiltrujących w piaskach od strony wyższych terenów (płaskowyżu). W związku z tym wody podziemne infiltrują wąską strefą (o szerokości około 40 m) w piaskach pomiędzy terenem płytkiego podłoża ilów (Otw.4) a wysoką skarpą północną i dochodzi tam do "piętrzenia się" wody w warstwie wodonośnej. Wzrost ciśnienia spływowego oprócz zawężenia strefy przepływu związana jest także ze stosunkowo słabą przepuszczalnością piasków, zawierających znaczną zawartość frakcji pylastej. Wykonanie otworu nr 4 w obszarze poza zasięgiem uszkodzenia drogi pozwoliło potwierdzić zasadniczą różnicę w głębokości występowania piasków oraz zidentyfikować odmienne warunki hydrogeologiczne w strefie uszkodzenia drogi. Osiadająca wąska strefa uszkodzenia drogi (~40 m) pokrywa się ze strefą występowania zawodnionych piasków w podłożu. Poszerzanie się osuwiska na zboczu powyżej potoku spowodowało, że na obszarze występowania nawodnionych piasków, na łagodnie nachylonym podłożu ilów, doszło do "wybicia" upłynnionych gruntów na obszar koluwiów i zapadnięcia podłoża drogi.

Czynnikami, które mogły mieć wpływ na poszerzanie osuwiska są także nieszczelna kanalizacja przy północno-wschodniej krawędzi osuwiska oraz nieodpowiednie odwodnienie podłoża drogi. Na północ od otworu 4 zidentyfikowano ujście płytkiego drenażu ukierunkowane wprost na świeżą skarpę obrywu po północnej stronie drogi. Drenaż w tym rejonie niekorzystnie wpływa na stabilność zbocza nawadniając zbocze bezpośrednio przy krawędzi osunięcia, a jednocześnie nie zapewnia odwodnienia podłoża drogi, gdyż jest zbyt płytki. Na obszarze leśnym niekorzystnym jest również wyrzucanie na zbocze gałęzi i kompostu, które uniemożliwiają naturalny spływ wód opadowych i magazynują wodę.



Dla oceny stabilności zbocza i opisu mechanizmu wystąpienia osuwiska wykonano modelowania stateczności zbocza w programie GeoSlope1.2. Modelowania wykonano w kilku wariantach:

- modelowania stateczności dla obecnego zbocza przy granicznych i resztkowych parametrach wytrzymałościowych warstwy poślizgowej (zał. 17.2);
- modelowanie odwrotne dla sprawdzenia stabilności pierwotnego zbocza przy granicznej i resztkowej wytrzymałości na ścinanie warstwy poślizgowej (zał. 17.3);
- modelowania automatycznego generowania płaszczyzn poślizgu przy założeniu wartości bezpiecznego wskaźnika stateczności  $FS < 1,5$  (zał. 17.3).

Wyniki modelowań (opisane na załącznikach nr 17) wskazują, że wzdłuż zasadniczych płaszczyzn ścinania wskaźniki stateczności przekraczają przyjętą wartość bezpieczną ( $FS > 1,5$ ), natomiast nie jest stateczny teren powyżej brzegu potoku i może dochodzić do kolejnych ścięć w dolnej części rozpatrywanego zbocza. Grozi to zatamowaniem potoku i zaistnieniem podtopień, a także uszkodzeniem mostku. Przy długotrwałych opadach atmosferycznych istnieje także ryzyko uaktywnienia procesu upłynnienia gruntów i wtedy prawdopodobne jest dalsze zapadanie podłoża drogi.

#### **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**

Stabilizacja osuwiska i zabezpieczenie drogi przed uszkodzeniem powinny dotyczyć dwóch zasadniczych elementów. Po pierwsze minimalizacja zagrożenia dalszego osuwania dolnej partii zbocza wskutek erozyjnej działalności potoku oraz zabezpieczenie podłoża drogi przed procesami geodynamicznymi.

Zaleca się dokonanie umocnienia dna i skarp potoku na odcinku począwszy od wybetonowego dna za mostkiem, czyli na długości ~80 m poprzez umocnienie dna potoku narzutem kamienny oraz wyprofilowanie skarp i przyparcie brzegów (np. płyty ażurowe, geosyntetyki).

Koszt wykonania tych robót kształtowałby się w przedziale : 70 000 - 100 000 zł netto

Dla zabezpieczenia podłoża drogi zaleca się wykonać ściankę szczelną częściowo perforowaną na odcinku od rejonu płytkiego zalegania ilów w części południowej do terenu wysokiej skarpy powyżej północnej krawędzi osuwiska, czyli na długości około 60 m. Zakotwienie ścianki należy przewidzieć w ilach miocenu poniżej płaszczyzny poślizgu (czyli na głębokości rzędu 10 m). Ścianka winna posiadać perforację otworową lub szczelinową w strefie powyżej zakotwienia w ilach dla umożliwienia przesączania się wód podziemnych spoza tej ścianki. Ze względu na charakterystyczne wykształcenie laminowanych ilów nie należy wykonywać, wprowadzających wodę w podłoże, konstrukcji zagłębionych w ilach (np. kolumn kamiennych, pali żwirowych, itp.), bo może to prowadzić do uaktywnienia pęcznienia gruntu, który jest kwalifikowany jako silnie pęczniący.

Koszt wykonania tych robót kształtowałby się w przedziale : 500 000 - 650 000 zł netto

Należy dokonać przebudowy podbudowy drogi na uszkodzonym fragmencie. Preferowane jest wykonanie nasypu wzmocnionego geosyntetykami zmniejszającymi ryzyko uszkodzenia drogi wskutek nierównomiernych osiadań podbudowy (wzmocnienie przeciwko naprężeniem rozciągającym, czyli np. geokrata). Należy przeprowadzić regulacje stosunków wodnych poprzez wykonanie po wschodniej stronie drogi rowu odprowadzającego wody opadowe do potoku z przejściem rurociągiem pod wjazdem do remizy i pod wjazdem na boczną drogę. Rów powinien być umocniony z uszczelnionym dnem w sposób uniemożliwiający infiltrację wody w piaszczyste podłoże. Umocniona część rowu powinna być zagłębiona poniżej konstrukcji ulepszanego podłoża i podbudowy drogowej, natomiast istniejący, płytki drenaż należy zlikwidować. Należy wykonać roboty regulujące spływ wód z terenu zapadliskowego zbocza po zachodniej stronie drogi poprzez wyrównanie powierzchni terenu z likwidacją "garbów" przegradzających spływ wód i wykonaniem odcinkowych przekopów odwadniających zagłębienia zastoiskowe. Rowy i ewentualne drenaże zza ścianki szczelnej należy sprowadzić do potoku. Należy spowodować skuteczne uszczelnienie kanalizacji (zbiornika i rurociągu) w północno-wschodniej części terenu lub dokonać przebudowy na współcześnie stosowany typ zbiornika szamba ze szczelnymi przyłączami.

Koszt wykonania tych robót kształtowałby się w przedziale : 220 000 - 260 000 zł netto.

***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.