



PRO-ROAD Krzysztof Buk

60-175 Poznań ul. Przebiśnegowa 17

tel. 608 684 927

biuro@pro-road.pl

NIP 785-167-76-57 REGON 302445607

EKSPERTYZA WRAZ Z PROJEKTEM NAPRAWY PRZEBUDOWY DROGI
POWIATOWEJ NR 4767P NA ODCINKU OSIECZNA - GONIEMBICE

LOKALIZACJA: gmina OSIECZNA
powiat LESZCZYŃSKI
województwo WIELKOPOLSKIE

TOM: 1

STADIUM OPRACOWANIA: EKSPERTYZA

INWESTOR: POWIAT LESZCZYŃSKI
pl. Kościuszki 4b, 64-100 Leszno

REPREZENTOWANY PRZEZ: ZARZĄD DRÓG POWIATOWYCH W LESZNIE
pl. Kościuszki 4c, 64-100 Leszno

	BRANŻA	IMIĘ I NAZWISKO	NUMER UPRAWNIENI	PODPIS
PROJEKTANT	KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANA (GEOTECHNIKA)	mgr inż. Piotr Zalisz	upr. bud. WKP/0056/POOK/06, WKP/0063/OWOK/03 specjalizacja geotechniczna WKP/0255/Sp-PWKb/23 upr. geol. MŚ VII-1446	

Poznań, 23.07.2024r.

EGZ. 5

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

1.	PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA	3
2.	INWESTOR.....	3
3.	PODSTAWA PRAWNA OPRACOWANIA	3
4.	MATERIAŁY WYJŚCIOWE.....	3
5.	POWSTANIE AWARII I JEJ PRZEBIEG.....	4
6.	OPIS WARUNKÓW GRUNTOWO-WODNYCH.....	7
7.	OPIS I OCENA AWARII	9
7.1	Opis uszkodzeń	10
7.2	Analiza stateczności	13
7.3	Ocena awarii	17
8.	PROGRAM NAPRAWCZY	18
9.	PODSUMOWANIE	22

1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest wykonanie ekspertyzy uszkodzonego odcinka Drogi Powiatowej nr 4767P na odcinku Osieczna – Goniembice w km 6+500 ÷ 6+600.

Ekspertyzę wykonano w celu ustalenia przyczyny i oceny awarii drogi na przedmiotowym odcinku oraz wskazanie środków naprawczych niezbędnych do przywrócenia drogi do użytkowania.

2. INWESTOR

Powiat Leszczyński, ul. Kościuszki 4B, 64-100 Leszno, działający przez jednostkę organizacyjną Powiatu: Zarząd Dróg Powiatowych z siedzibą w Lesznie, Pl. Kościuszki 4C, 64-100 Leszno.

3. PODSTAWA PRAWNA OPRACOWANIA

Umowa nr 28/ZDP/2024 z dnia 23.04.2024r.

4. MATERIAŁY WYJŚCIOWE

- Wizja lokalna przeprowadzona w dniu 03.04.2024 roku.
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25. kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. z dn. 27.04.2012, poz. 463).
- Norma PN-EN 1997-1, Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne [1].
- Norma PN-EN 1997-2, Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego [2].
- PN-EN 12699. Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe [3].
- PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli.
- PN-83/B-02428. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych [4].
- PN-82 B-02004. Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Obciążenia pojazdami [5].
- Opinia geotechniczna GEOMAR Marcin Napierała, czerwiec 2020r. [6]
- Raport z badań geotechnicznych (wrzesień/październik 2023r.), IWRA, Kościan [7].
- Badania geotechniczne wykonane przez LABGEO Wit Stanisław Witaszak, wrzesień 2023r. [8].
- Opinia geotechniczna do ekspertyzy dotyczącej awarii ścieżki rowerowej przy drodze powiatowej nr 4767P w m. Osieczna (październik 2023r.) MANGEO, ul. Dworcowa 24, 64-530 Kaźmierz [9].
- Karty otworów geotechnicznych (marzec 2024r.) IWRA Kościan [10].
- Opinia geotechniczna określająca warunki gruntowo – wodne w podłożu drogi powiatowej nr 4767P Osieczna – Goniembice w km 6+500 ÷ 6+600. Inżynieria Wielkopolska Sp. z o.o. Sp. komandytowa ul. Józefa Hallera 6-8, 60-104 Poznań, 07.03.2024r. [11].

- Opinia techniczna, określenie przyczyny awarii drogi powiatowej nr 4767Pm Osieczna-Goniembice (luty 2024r.), GT Projekt Sp. z o.o., ul. Parkowa 4, 62-080 Swadzim [12].
- Projekt budowlano-wykonawczy Rozbudowa z przebudową drogi powiatowej nr 4767P na odcinku Osieczna - Goniembice, Bartosz Brzozowski, czerwiec 2021r. [13]
- Zamienny projekt techniczny Tom I: Projekt branży drogowej – rozwiązania sytuacyjne i wysokościowe i Tom II: Projekt branży drogowej – konstrukcja i wzmocnienie dla inwestycji pn.: „Rozbudowa i przebudowa drogi powiatowej nr 4767P na odcinku od Osiecznej do Lipna w zakresie zmiany ciągu pieszo-rowerowego od km 6+501,40 do km 6+611,40”, Bartosz Brzozowski, październik 2023r. [14].
- Dokumentacja budowy, w tym: dziennik budowy nr 1/D/2022 Tom I i II, Sprawozdania miesięczne Inspektora Nadzoru (listopad 2022r – wrzesień 2023r.), Protokół z narady koordynacyjnej nr 8 z dnia 10.10.2023r. [15].

5. POWSTANIE AWARII I JEJ PRZEBIEG

Realizację inwestycji rozpoczęto w listopadzie 2022 roku.

Awarię ścieżki pieszo-rowerowej w km 6+500÷6+600 zaobserwowano w trakcie realizacji inwestycji w dniu 8 sierpnia 2023 roku.

Po kilkudniowych opadach uszkodzone zostały warstwy nawierzchni oraz warstwy konstrukcyjne wraz z nasypem drogowym wybudowanej ścieżki. Po wystąpieniu kolejnych opadów w dniach 16-17 sierpnia 2023 roku uszkodzenie ścieżki pogłębiło się i degradacja postępowała [wg 15].

Fot. 1: Uszkodzona ścieżka pieszo-rowerowa: widok w kierunku Goniembic (sierpień 2023r.)



Fot. 2: Uszkodzona ścieżka pieszo-rowerowa: widok w kierunku Osiecznej (sierpień 2023r.)



Na fotografiach nr 1 i 2 widoczne pęknięcia i osiadania ścieżki pieszo-rowerowej.

W wyniku awarii, w dniu 19 sierpnia, wykonano dwa otwory geotechniczne do głębokości 6,0m p.p.t. [7], które wykazały zaleganie słabonośnych gruntów organicznych bezpośrednio pod nasypem budowlanym ścieżki pieszo-rowerowej. Zakres badań rozszerzono w dniu 18.09.2023 roku w ramach opracowania [8], które potwierdziło występowanie osadów słabonośnych do głębokości około 6,0m p.p.t..

Na podstawie wykonanych badań opracowano projekt zamienny [14], który zakładał m. in. korektę przebiegu ciągu pieszo-rowerowego przybliżając go do korpusu drogi powiatowej, korektę niwelety oraz wykonanie podbudowy z pianobetonu gr. 40cm na warstwie geowłókniny i odtworzenie nawierzchni ścieżki. Roboty naprawcze przeprowadzono w dniach od 27.10. do 06.11.2023 roku.

W dniu 08.11.2023 roku zakończono realizację inwestycji co potwierdzone zostało odbiorem całości prac przez Inspektora nadzoru wpisem do dziennika budowy.

W grudniu 2023 roku, po oddaniu do użytkowania drogi powiatowej, na odcinku gdzie miała miejsce awaria ścieżki pieszo-rowerowej, od strony ciągu pieszo-rowerowego pojawiły się pęknięcia nawierzchni drogowej. Na skutek postępującej degradacji konstrukcji nawierzchni i całego nasypu korpusu drogę na przedmiotowym odcinku zamknięto dla ruchu w styczniu 2024 roku.

Fot. 3: Awaria drogi – widok w kierunku Goniembic (luty 2024r.)



Fot. 4: Awaria drogi - widok w kierunku Osiecznej (luty 2024r.)



Na fotografiach nr 3 i 4 powyżej widoczne są pęknięcia nawierzchni drogowej i osiadania nasypu korpusu drogowego.

6. OPIS WARUNKÓW GRUNTOWO-WODNYCH

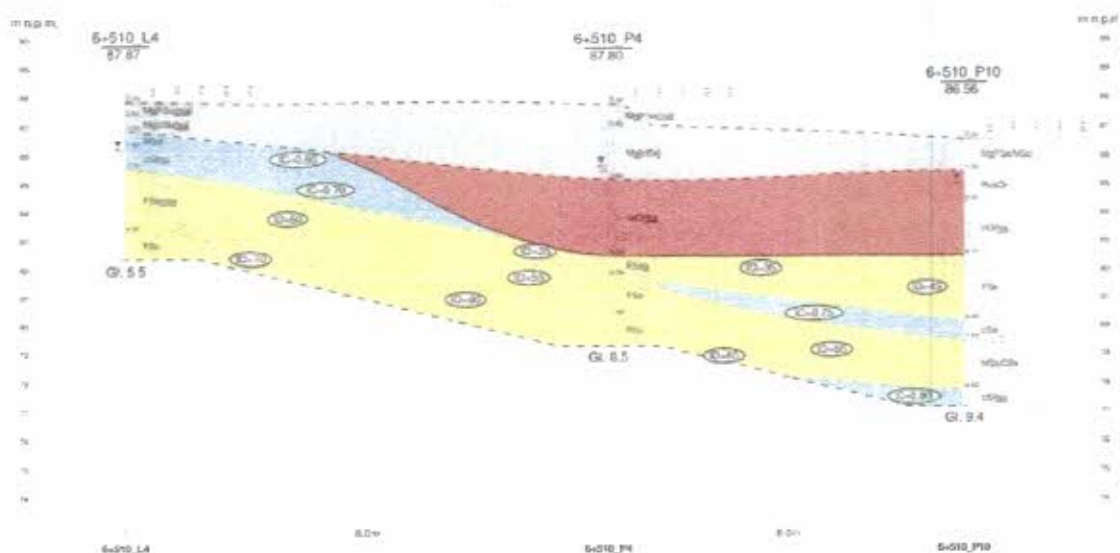
Opis warunków gruntowo-wodnych w miejscu wystąpienia awarii sporządzono na podstawie szczegółowych badań geotechnicznych wykonanych w lutym 2024r. w ramach opracowania [11].

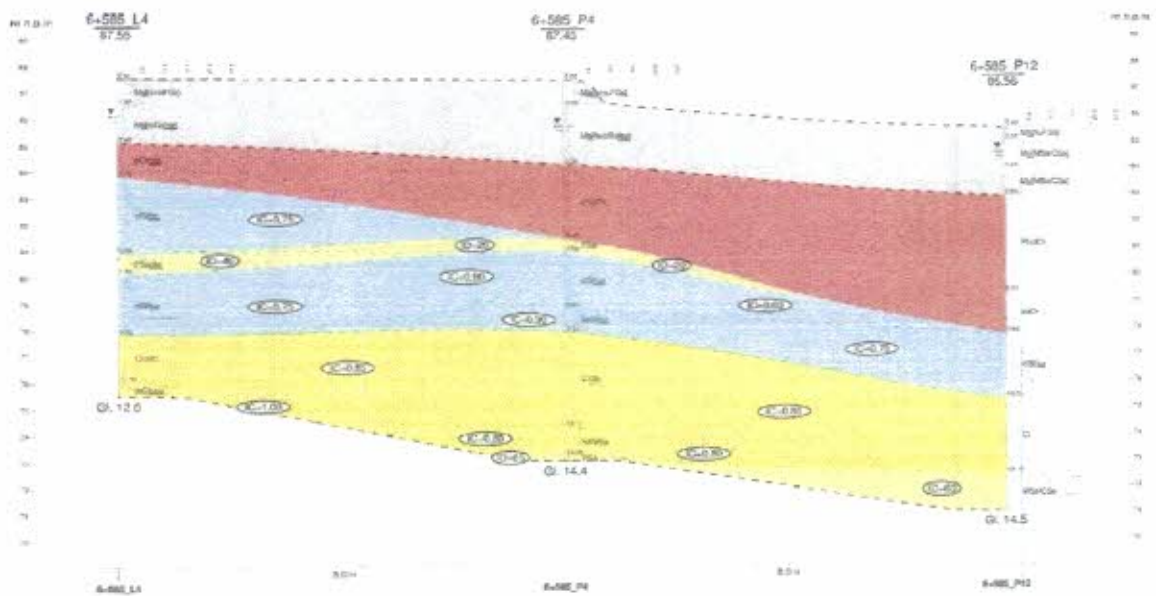
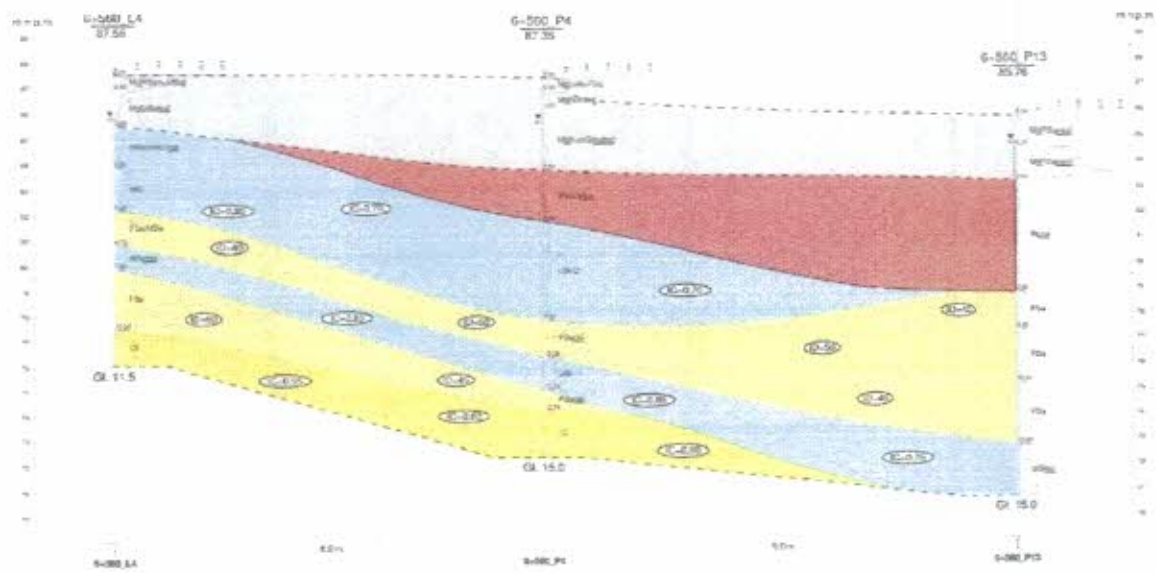
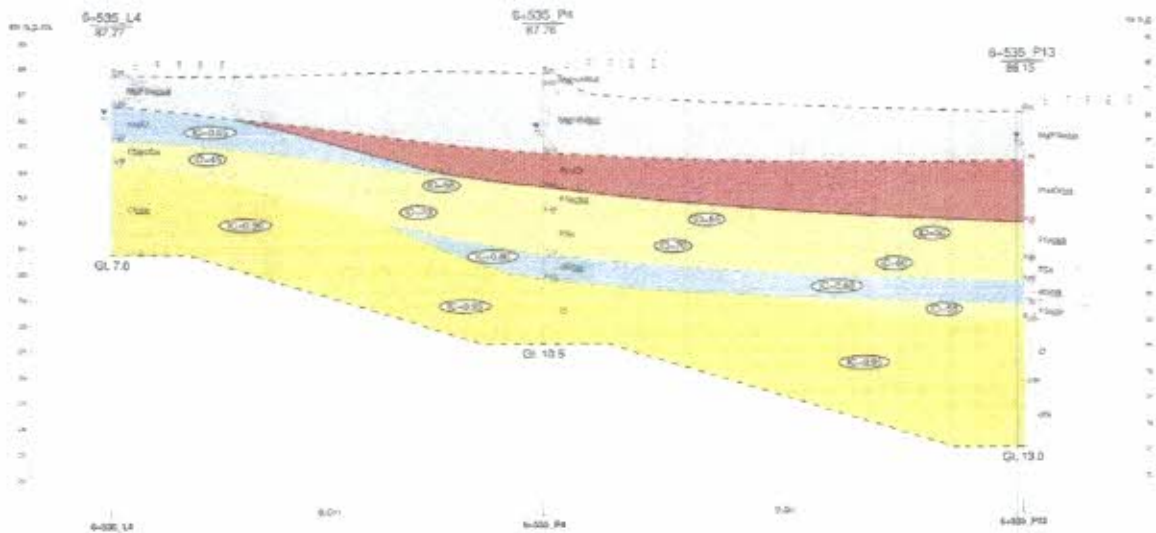
W podłożu gruntowym w obszarze badań od powierzchni terenu stwierdzono występowanie nasypów związanych z korpusem drogi powiatowej i ścieżki rowerowej. Nasypy uformowane są z mieszaniny piasków drobnych i gliniastych z domieszkami humusu, namulów organicznych i żwiru, o stwierdzonej maksymalnej miąższości około 1,0-3,6m, w stanie luźnym i średnio zagęszczonym oraz twar doplastycznym i plastycznym.

Warstwa nasypowa podścielona jest nieciągłą serią osadów organicznych słabonośnych wykształconych jako torfy i namuły organiczne, której spąg zalegał na głębokości około **1,8-7,8m p.p.t.**

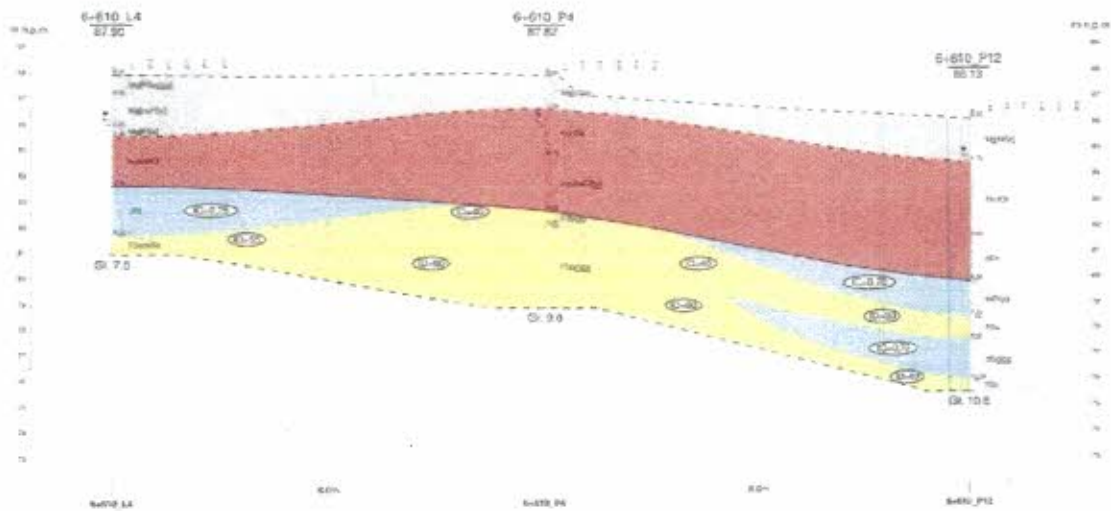
Poniżej osadów organicznych stwierdzono występowanie osadów piaszczystych (głównie piaski drobne w stanie luźnym, średnio zagęszczonym i zagęszczonym o wartości stopnia zagęszczenia $ID \sim 20-70$ [%]) i mułków zastoiskowych (głównie gliny pylaste, gliny pylaste zwarte oraz pyły i pyły piaszczyste w stanie plastycznym i twar doplastycznym o wartości wskaźnika konsystencji $IC \sim 0,60-0,90$ / wartość stopnia plastyczności $IL \sim 0,40-0,10$). W najgłębszym zbadanym podłożu stwierdzono występowanie serii iltów (głównie ility i ility pylaste oraz lokalnie pyły piaszczyste w stanie twar doplastycznym o wartości wskaźnika konsystencji $IC \sim 0,80-1,00$ / wartość stopnia plastyczności $IL \sim 0,20-0,00$) z wkładkami piasków drobnych i średnich w stanie średnio zagęszczonym (wartość stopnia zagęszczenia $ID \sim 40-65$ [%]), których strop nawiercano na głębokości około 3,4-13,1m p.p.t..

Wodę gruntową stwierdzono we wszystkich otworach badawczych w postaci zwierciadła o charakterze swobodnym i napiętym oraz w postaci sączeń. Woda gruntowa w trakcie wykonywania badań terenowych (luty 2024 roku) stabilizowała się w wyrobiskach badawczych na rzędnych około 84,8-86,4m n.p.m. Powierzchnia tafli wody w przyległym zbiorniku bezodpływowym zlokalizowana była na rzędnej około 84,65m n.p.m. Szczegółowo warunki gruntowo wodne przedstawiają poniższe przekroje [11]:





EKSPERTYZA WRAZ Z PROJEKTEM NAPRAWY PRZEBUDOWY DROGI POWIATOWEJ NR 4767P
NA ODCINKU OSIECZNA - GONIEMBICE



7. OPIS I OCENA AWARII

W dniu 03.04.2024 roku przeprowadzona została wizja lokalna w miejscu wystąpienia awarii. Podczas wizji lokalnej wykonano dokumentację fotograficzną.

Uszkodzony odcinek drogi powiatowej wraz z ciągiem pieszo-rowerowym był zamknięty dla ruchu.

Fot. 5 Widok ogólny na uszkodzony odcinek drogi powiatowej (widok w kierunku Goniembic)



7.1 Opis uszkodzeń

Stwierdzono osiadanie i przemieszczenie nasypu korpusu drogowego sięgające aż do osi jezdni. W nawierzchni powstały pęknięcia i szczeliny o rozwarciu do kilkunastu centymetrów i głębokości kilkudziesięciu centymetrów.

Fot. 6, 7 i 8: Uszkodzona nawierzchnia drogi powiatowej (widok w kierunku Osiecznej)



EKSPERTYZA WRAZ Z PROJEKTEM NAPRAWY PRZEBUDOWY DROGI POWIATOWEJ NR 4767P
NA ODCINKU OSIECZNA - GONIEMBICE

Na krawędzi jezdni tuż poza strefą pęknięć nawierzchni widoczne osiadanie pobocza w stosunku do nawierzchni drogi o wartości około 10 centymetrów.

Fot. 9: Osiadanie pobocza (widok w kierunku Goniembic)



Zaobserwowano postępujące osiadanie i przemieszczanie nasypu ścieżki pieszo-rowerowej w kierunku zbiornika wodnego i degradację skarp nasypu drogowego

Fot. 10: Osiadanie pobocza (widok w kierunku Osiecznej)

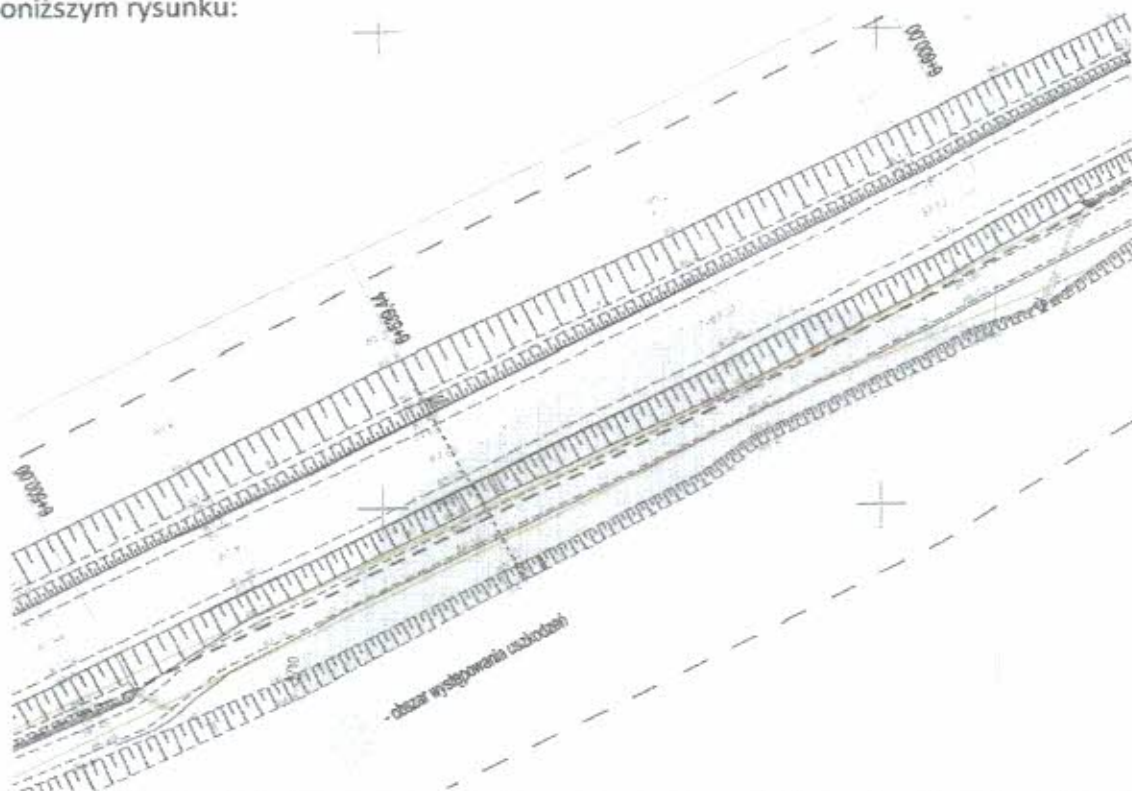


oraz osiadanie i przemieszczanie nasypu pomiędzy konstrukcją nawierzchni ścieżki, a zbiornikiem wodnym.

Fot. 11: Osiadanie pobocza (widok w kierunku Osiecznej)



Orientacyjny zakres powstałych uszkodzeń drogi powiatowej przedstawiono na poniższym rysunku:

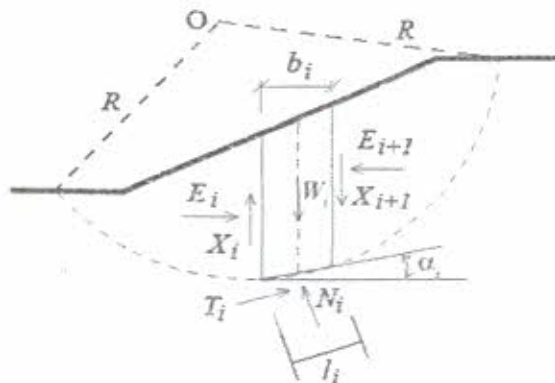


EKSPERTYZA WRAZ Z PROJEKTEM NAPRAWY PRZEBUDOWY DROGI POWIATOWEJ NR 4767P
NA ODCINKU OSIECZNA - GONIEMBICE

7.2 Analiza stateczności

Na potrzeby oceny awarii wykonano obliczenia stateczności dla nasypu drogowego w trzech wybranych przekrojach geotechnicznych w km 6+510, 6+560 i 6+610. Do obliczeń przyjęto układ warstw oraz parametry geotechniczne zawarte w [11]. Przyjęto obciążenie układu drogowego 25 kN/m^2 .

Obliczenia statyczne wykonano w programie GGU Stability w oparciu o metodę Bishopa, w której zakłada się, że potencjalne powierzchnie poślizgu są walcowe. Dla danego konturu zbocza istnieje najbardziej niebezpieczna powierzchnia poślizgu, czyli charakteryzująca się najniższym współczynnikiem bezpieczeństwa. Zakłada się, że siły między blokami są skierowane poziomo, a ich rzut na kierunek pionowy jest równy zero. Ich wartość określa się za pomocą kolejnych przybliżeń z zastosowaniem ogólnych równań równowagi wewnętrznej, a wartość normalnej określa się z sumy rzutów na kierunek pionowy. W równaniu równowagi momentów sił względem środka potencjalnej powierzchni poślizgu, z którego określa się wskaźnik stateczności F , nie uwzględnia się oddziaływania pomiędzy blokami – ich wypadkowa wywołuje moment przy analizie pojedynczego bloku, ale traktowane są one jako siły wewnętrzne, więc wywołany przez nie moment dla całej bryły jest równy zero.



$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [(G_i - u_i \cdot D_{xi}) \cdot \text{tg} \phi' + c' \cdot D_{xi}]}{\cos \alpha_i \left(1 + \frac{\text{tg} \phi' \cdot \text{tg} \alpha_i}{F} \right) \sum_{i=1}^n (G_i \cos \alpha_i)}$$

gdzie:

G_i – ciężar paska;

α_i – kąt nachylenia siły normalnej do powierzchni poślizgu;

ϕ' – kąt tarcia wewnętrznej;

c – spistość materiału;

l_i – długość podstawy paska;

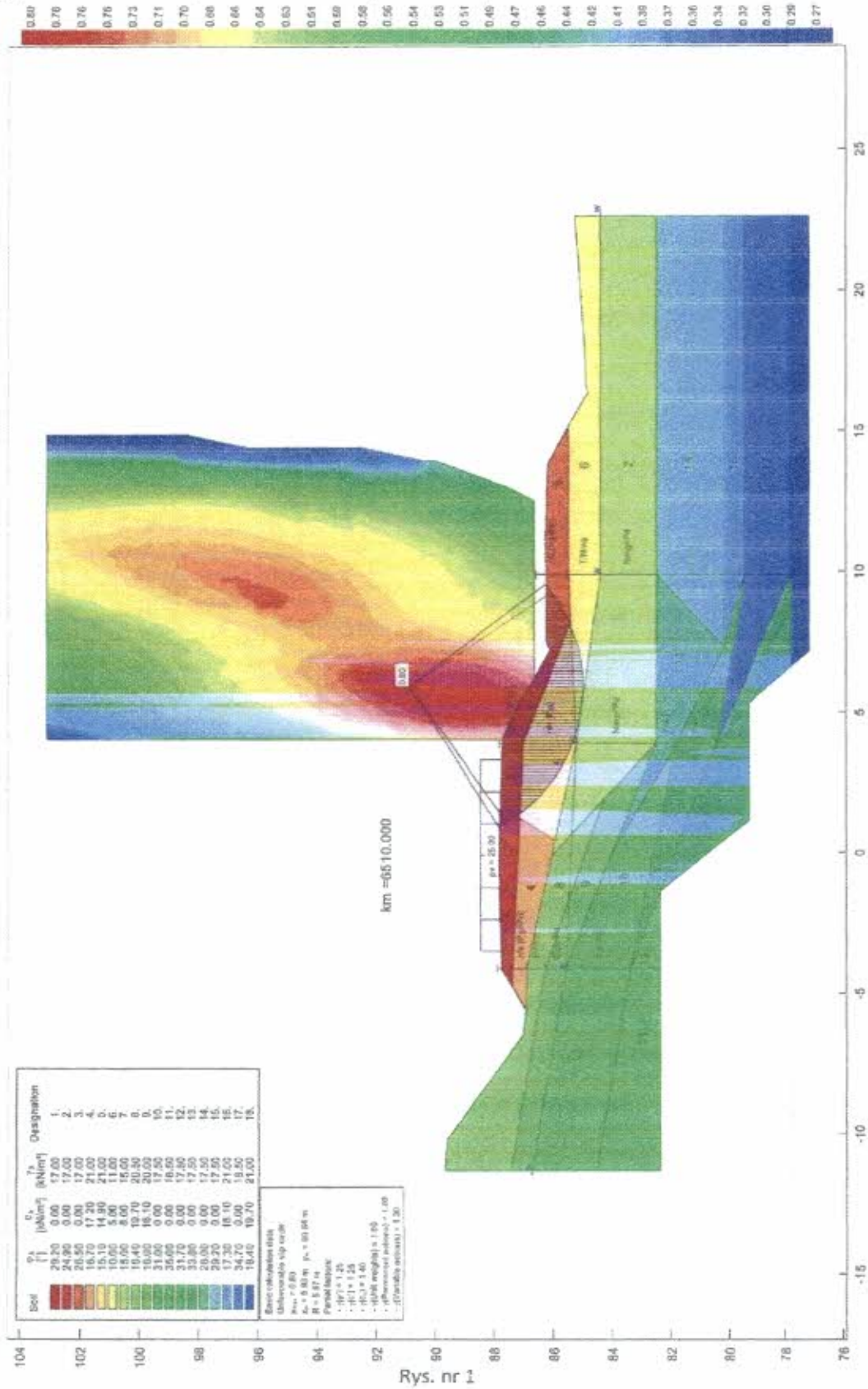
n – liczba pasków;

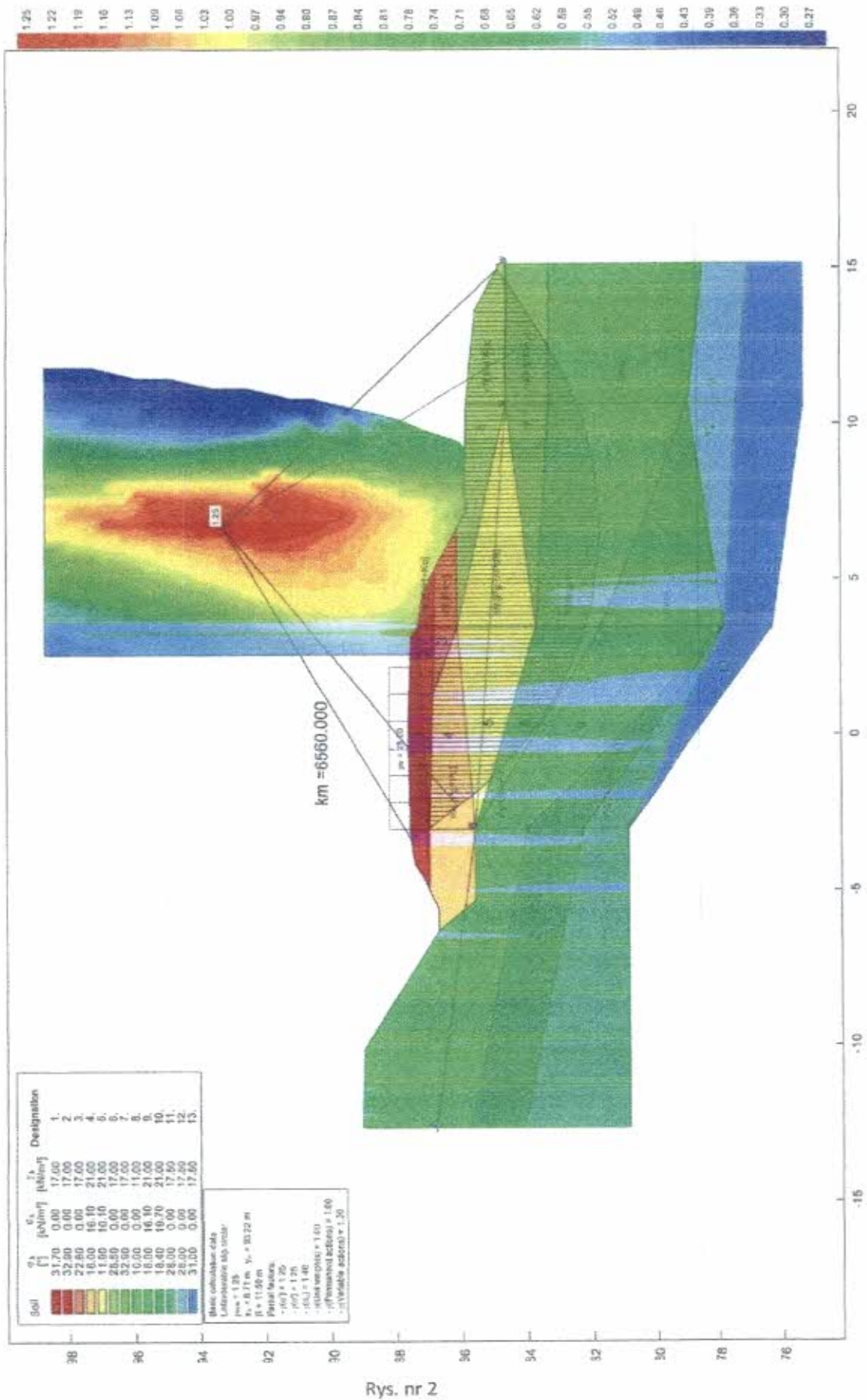
D_x – szerokość paska;

$$D_{xi} = l_i \cdot \cos \alpha_i$$

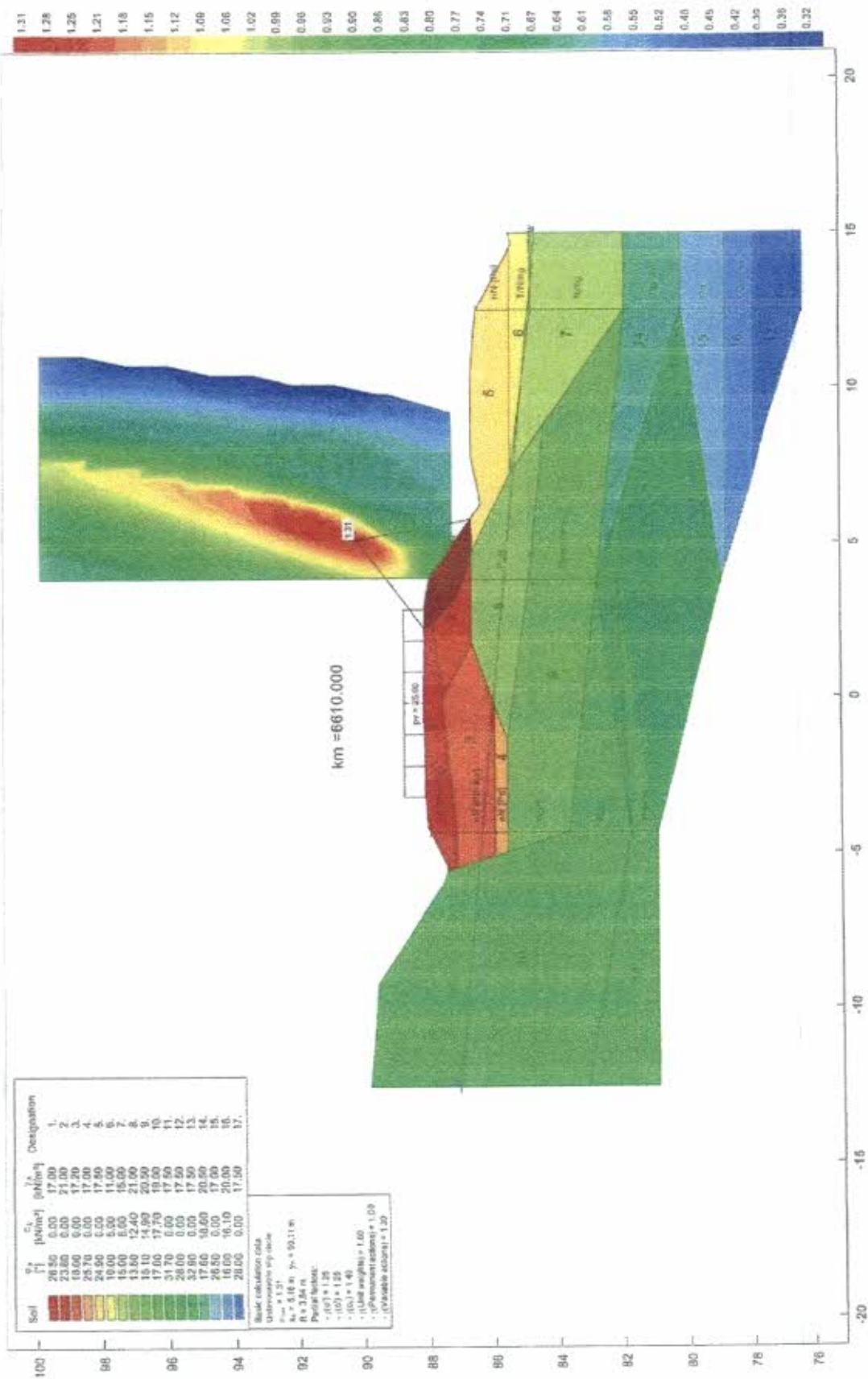
Obliczenia prowadzi się iteracyjnie, do momentu osiągnięcia zbieżności (różnica między iteracjami mniejsza niż 0,5%).

Na rysunkach nr 1÷3 przedstawiono wyniki analizy stateczności:





Rys. nr 2



Rys. nr 3

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że dla stanu istniejącego warunek stateczności nie jest spełniony dla przekrojów w km 6+560 i km 6+610 ($\mu_{\max} \geq 1,0$)

7.3 Ocena awarii

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń, analizy dostępnych materiałów i warunków gruntowych należy stwierdzić, że **bezpośrednią przyczyną wystąpienia awarii było przekroczenie stanu granicznego nośności podłoża gruntowego zbudowanego w stropowej strefie ze słabonośnych osadów organicznych zalegających do głębokości maksymalnej około 8,0m p.p.t.** W wyniku przekroczenia stanu granicznego nośności podłoża nasyp ścieżki pieszo-rowerowej uległ osiadaniu i przemieszczeniu. Nastąpiła utrata stateczności i zsuw mas nasypu po powstałej powierzchni poślizgu w kierunku zbiornika. Niewątpliwie obfite opady deszczu i podniesienie się poziomu zwierciadła wody gruntowej oraz zwiększona filtracja wody w gruncie wspomogły cały proces.

Na etapie opracowania projektu [13] i podczas budowy **zignorowano obecność osadów organicznych stwierdzonych w otworze badawczym nr 27 udokumentowanym w ramach opinii [6]** będącej podstawą do zaprojektowania posadowienia przedmiotowej inwestycji. Zaniechano zwiększenia zakresu badań i okonturowania obszaru występowania słabonośnych osadów organicznych oraz wyznaczenia głębokości ich zalegania. Uczyniono to dopiero po wystąpieniu awarii ścieżki pieszo-rowerowej w trakcie budowy w sierpniu 2023 roku.

Na etapie projektu [14] posiadano już wiedzę na temat budowy podłoża gruntowego i obecności słabonośnych osadów organicznych o dużej miąższości, zalegających bezpośrednio poniżej warstw nasypu drogowego, jednak pomimo to **ponownie w procesie projektowania nie wykonano analizy stateczności i osiadań nasypu drogowego.** Po wykonaniu robót naprawczych zgodnie z projektem zamiennym [14], polegających m. in. na zmianie przebiegu ciągu pieszo-rowerowego i przybliżeniu go do podnóża skarpy nasypu drogowego, **spowodowano przeciążenie słabonośnego podłoża bezpośrednio pod nasypem, wystąpienie nadmiernych osiadań podłoża i utratę stateczności nasypu korpusu drogi powiatowej.** W efekcie nastąpiła awaria nasypu korpusu drogowego i konstrukcji nawierzchni drogowej co poskutkowało zamknięciem drogi i ciągu pieszo-rowerowego dla ruchu.

8. PROGRAM NAPRAWCZY

W celu przywrócenia drogi do bezpiecznego użytkowania należy wykonać naprawę uszkodzonego odcinka drogi powiatowej nr 4767P.

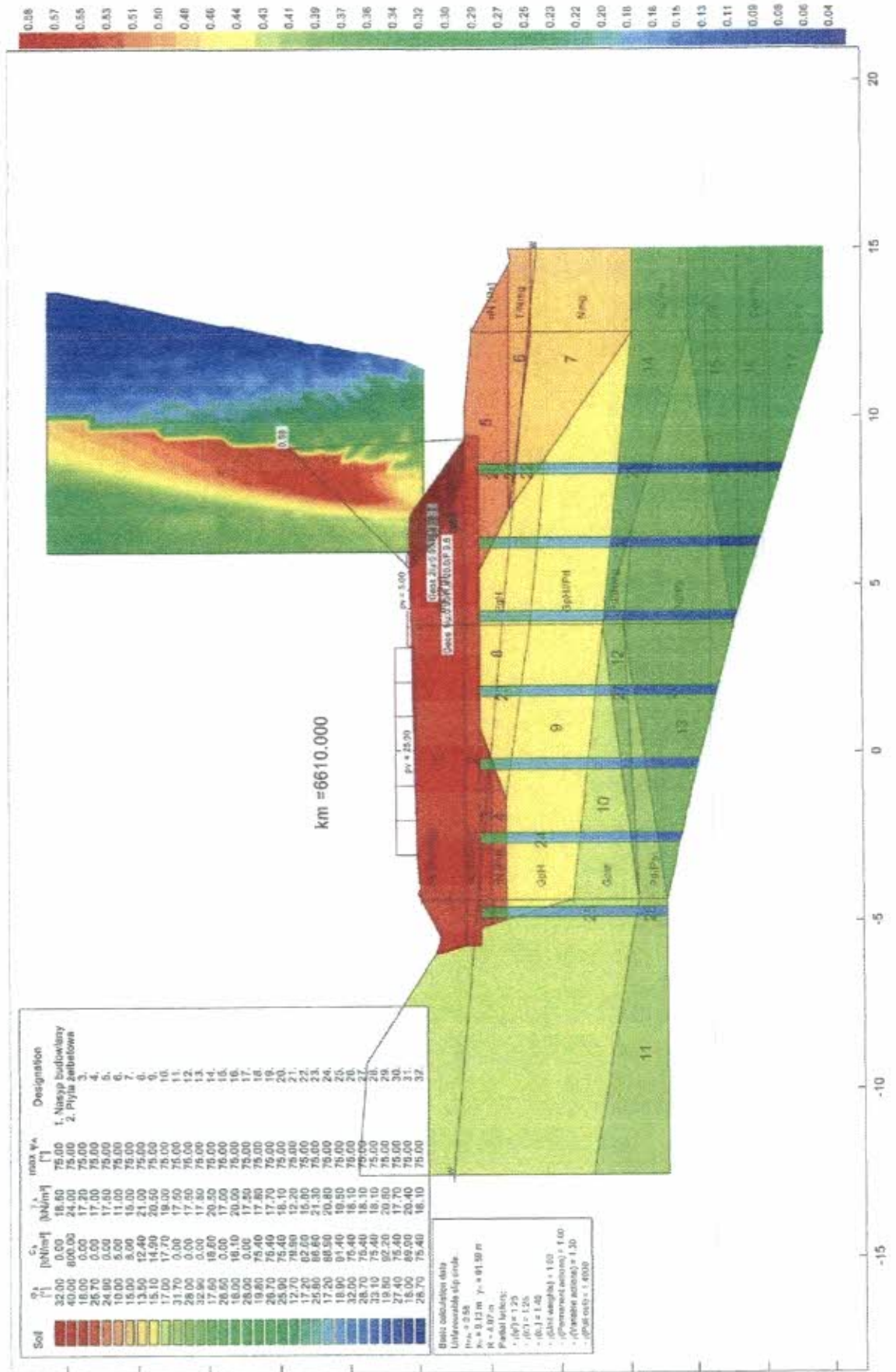
Naprawa możliwa jest do wykonania w dwóch wariantach: poprzez pełną wymianę słabonośnych osadów organicznych w osłonie traconej ścianki szczelnej z grodzic stalowych przy obniżonym zwierciadle wody gruntowej lub w technologii żelbetowej płyty fundamentowej wspartej na palach fundamentowych.

Z uwagi na głębokość zalegania słabonośnych osadów organicznych (do około 8,0m p.p.t.) i wysoki poziom stabilizacji zwierciadła wody gruntowej, a także potencjalne zagrożenie blokowania przepływu i podpiętrzania wody przez pozostawioną w gruncie, od strony zbiornika wodnego, ścianę szczelną wariant naprawy w technologii wymiany gruntu należy odrzucić.

Realizację robót naprawczych należy wykonać posadawiając nasyp drogowy na żelbetowej płycie fundamentowej wspartej na żelbetowych palach prefabrykowanych. Technologie wiercone, pali wykonywanych na mokro należy odrzucić z uwagi na duże miąższości osadów organicznych oraz ich niewystarczającą (zgodnie z [3]) wytrzymałość na ścinanie – patrz opracowanie [11]. Na skrajnych odcinkach wzmocnienia, poza płytą żelbetową, należy wykonać powierzchniowe wzmocnienie podłoża gruntowego w technologii materacy kruszywowych zbrojonych geosyntetykami. Materace należy oprzeć na skrajnych odcinkach płyty fundamentowej.

W celu potwierdzenia skuteczności i zasadności wybranego rozwiązania technicznego wykonano analizę stateczności nasypu drogowego w trzech przekrojach geotechnicznych (w km 6+510, 6+560 i 6+610) dla stanu projektowanego. Założenia i obliczenia statyczne wykonano analogicznie jak w punkcie nr 7.2. niniejszego opracowania

Na rysunkach nr 4÷6 poniżej przedstawiono wyniki analizy stateczności nasypu drogowego dla proponowanego rozwiązania technicznego naprawy uszkodzonego odcinka drogi powiatowej nr 4767P



Rys. nr 6: Analiza stateczności, przekrój w km 6+610 – stan projektowany

9. PODSUMOWANIE

Awaria i postępująca degradacja drogi powiatowej nr 4767P uniemożliwia jej bezpieczne użytkowanie w efekcie czego droga pozostaje zamknięta dla ruchu od stycznia 2024 roku.

W celu przywrócenia drogi do użytkowania należy wykonać roboty naprawcze zgodnie z rozwiązaniem technicznych przedstawionym w punkcie nr 8 niniejszego opracowania.

Przyjęte rozwiązanie projektowe jest w pełni bezpieczne, a jego wykonanie uzasadnione technicznie oraz ekonomicznie.

Z przeprowadzonych obliczeń stateczności wynika, że dla stanu projektowanego warunek stateczności jest spełniony ($\mu_{\max} < 1,00$) we wszystkich przekrojach obliczeniowych ($\mu_{\max} = 0,58 \div 0,79$).

Szczegóły rozwiązania projektowego przedstawiono w projektach branżowych i dokumentach przetargowych wykonanych w ramach umowy cytowanej w punkcie nr 3 niniejszej ekspertyzy.

Roboty budowlane w szczególności specjalistyczne roboty palowe powinna wykonać firma posiadająca odpowiednie zaplecze sprzętowe i wieloletnie doświadczenie przy tego rodzaju realizacjach oraz dysponująca kadrą inżynierską posiadającą odpowiednie kwalifikacje i uprawnienia.

Roboty geotechniczne należy prowadzić pod ścisłym nadzorem geotechnicznym osoby posiadającej długoletnie doświadczenie i odpowiednie uprawnienia budowlane.