Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna
państwowa służba hydrogeologiczna

ATLAS GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI

Szczecina

Finansujący:

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
02-673 Warszawa, ul. Konstruktorska 3A

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Wykonawca:

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Zakład Geologii Inżynierskiej
03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 76

PSG PAŃSTWOWA SŁUŻBA GEOLOGICZNA

Atlas sporządzono pod kierunkiem:

mgr Michała Jarosa upr. geol. VII-1499, XI-065/MAZ

mgr Malwiny Judkowiak upr. geol. VII-2062

BDGI BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH

Osoba uprawniona do reprezentowania Wykonawcy:

KIEROWNIK
Zakładu Geologii Inżynierskiej
dr Edyta Majer

Warszawa, wrzesień 2022 r.

pgi.gov.pl

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
tel. (+48) 22 45 92 000, biuro@pgi.gov.pl

Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie
XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099
NIP 525-000-80-40

Skład zespołu autorskiego:

Imię i nazwisko	Uprawnienia
mgr Michał Jaros	upr. geol. VII-1499, XI-065/MAZ
mgr Malwina Judkowiak	upr. geol. VII-2062
dr Marek Barański	upr. geol. VII-2057
dr Zbigniew Frankowski	upr. geol. 06 0295, certyfikat PKG nr 0105
dr Edyta Majer	upr. geol. VI-0412
dr Szymon Ostrowski	upr. geol. X-0228
dr Marta Sokołowska	upr. geol. VII-1485
mgr Tomasz Bąk	upr. geol. X-0193
mgr Oktawia Błachnio	
mgr inż. Katarzyna Boniewska	
mgr Marta Chada	upr. geol. V-1887, upr. geol. VII-1760, upr. geol. XI-066/MAZ
mgr Michał Cyglicki	
mgr Paweł Czarniak	upr. geol. X-0229
mgr Alicja Grabowska	
mgr inż. Aneta Horbowicz	
mgr inż. Aleksandra Ilska	
mgr inż. Ewa Jagoda	
mgr inż. Jakub Kobiela	
mgr inż. Jakub Kocyła	
mgr Maciej Kutyna	
mgr Marcin Lasocki	upr. geol. X-0231
mgr Aleksandra Łukawska	
mgr Krzysztof Majer	upr. geol. VI-0418
mgr inż. Grzegorz Pacanowski	upr. geol. X-0218
mgr inż. Arkadiusz Piechota	upr. geod. 22032, upr. geol. VII-1623, X-0238, XIII-016/MAZ
mgr inż. Filip Pleskot	
mgr Adam Roguski	upr. geol. VII-1510, XI-070/MAZ
mgr inż. Grzegorz Ryżyński	upr. geol. VII-1493
mgr Izabela Samel	upr. geol. VII-1503
mgr Przemysław Sobótka	upr. geol. VII-2083, XIII-292/DOL
mgr inż. Szymon Stańczyk	upr. geol. VII-2066, XIII-293/DOL
mgr Anna Stawicka	upr. geol. VII-2067
mgr Monika Szabłowska	upr. geol. VII-1569
mgr Marta Szlasa	upr. geol. VII-1807
mgr Krzysztof Truchan	upr. geol. VII-2068
mgr Kamil Wasilewski	upr. geol. VII-2069, XIII-294/DOL
mgr inż. Piotr Wilkołazki	
mgr inż. Przemysław Wojtaszek	
mgr Mateusz Żeruń	
inż. Szymon Zaręba	
tech. Kacper Szewczuk	
tech. Jarosław Zawłocki	
Kajetan Wczelik	

CZĘŚĆ TEKSTOWA:

Spis treści

1 WSTĘP 7

1.1 WPROWADZENIE 7

1.2 CEL OPRACOWANIA 8

1.3 METODYKA PRAC 8

2 BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH (BDGI) 8

2.1 OTWOROWA BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH (p-BDGI) 9

2.2 PRZESTRZENNA BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH (m-BDGI) 11

2.3 UDOSTĘPNIANIE I ARCHIWIZACJA DANYCH 11

3 GROMADZENIE I PRZETWARZANIE DANYCH 13

4 WYKONANE PRACE I ROBOTY GEOLOGICZNE. USZCZEGÓŁOWIENIE DANYCH ARCHIWALNYCH . 14

4.1 KARTOWANIE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE 15

4.2 POMIARY GEODEZYJNE 23

4.3 BADANIA GEOFIZYCZNE 23

4.4 WIERCENIA I POBÓR PRÓBEK GRUNTÓW I SKAŁ 24

4.5 SONDOWANIA 26

4.6 BADANIA LABORATORYJNE 26

5 ATLAS GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI 30

5.1 LOKALIZACJA 30

5.2 ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENNE 32

5.3 FORMY OCHRONY PRZYRODY 32

5.4 REGIONALNY MODEL GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI 34

5.4.1 WARUNKI GEOMORFOLOGICZNE I HYDROGRAFICZNE 34

5.4.2 WARUNKI GEOLOGICZNE. SERIE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE 37

5.4.3 WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE 47

5.4.4 NATURALNE ZAGROŻENIA GEOLOGICZNE 50

5.4.5 ANTROPOGENICZNE ZAGROŻENIA GEOLOGICZNE 52

5.4.6 WARUNKI BUDOWLANE 56

5.5 MAPY TEMATYCZNE 58

5.6 PRZEKROJE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE 65

5.7 OBSZARY DO DALSZEGO UDOKUMENTOWANIA 65

6 LITERATURA I AKTY PRAWNE 66

CZĘŚĆ GRAFICZNA:

- Wyniki badań laboratoryjnych
    - Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów
    - Zestawienie wyników badań laboratoryjnych wytrzymałościowych
    - Zestawienie wyników badań laboratoryjnych odkształceniowych
- Dokumentacja z badań geofizycznych sporządzona na potrzeby Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina
- Mapa lokalizacyjna w skali 1:100 000
- Mapa dokumentacyjna w skali 1:10 000
- Mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 1 m p.p.t. w skali 1:10 000
- Mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 2 m p.p.t. w skali 1:10 000
- Mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 5 m p.p.t. w skali 1:10 000
- Mapa głębokości do pierwszego zwierciadła wody podziemnej w skali 1:10 000
- Mapa zagrożeń geologicznych w skali 1:10 000
- Mapa gruntów problematycznych w skali 1:10 000
- Mapa warunków budowlanych na głębokości 2 m p.p.t w skali 1:10 000
- Mapa zagospodarowania powierzchni i obszarów chronionych z elementami antropopresji w skali 1:10 000
- Mapa geomorfologiczna w skali 1:50 000
- Mapa udokumentowania terenu w skali 1:100 000
- Przekroje geologiczno-inżynierskie
- Karty punktów dokumentacyjnych

1 WSTĘP

1.1 WPROWADZENIE

Atlas geologiczno-inżynierski Szczecina opracowano w ramach zadania państwowej służby geologicznej (psg) pn. „Prowadzenie i aktualizacja Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) oraz właściwości fizycznych i mechanicznych gruntów i skał (BDGI-WFM) wraz ze sporządzeniem Atlasów geologiczno-inżynierskich wybranych obszarów kraju w skali 1:10 000" w ramach zaakceptowanego przez Ministra Środowiska Planu zadań państwowej służby geologicznej (psg), przewidzianych do realizacji w 2018 roku i latach następnych [117].

Atlas został wykonany na podstawie umowy nr 307/2018/Wn-07/FG-GO-DN/D z dnia 20.12.2018 r. pomiędzy Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej z siedzibą w Warszawie, ul. Konstruktorska 3a, 02-673 Warszawa a Państwowym Instytutem Geologicznym – Państwowym Instytutem Badawczym, z siedzibą w Warszawie, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa.

Wykonawcą opracowania jest Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy z siedzibą w Warszawie (00-975), ul. Rakowiecka 4 w ramach Zakładu Geologii Inżynierskiej z siedzibą w Warszawie (03-301) ul. Jagiellońska 76.

Opracowanie Atlasu nie wymagało korzystania za wynagrodzeniem z informacji geologicznej, do której prawo przysługuje Skarbowi Państwa [8]. Zgodnie z art. 100 ust. 3b ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze [25] „Państwowa służba geologiczna w celu realizacji zadań, o których mowa w art. 162, ma prawo do nieodpłatnego korzystania z informacji geologicznej w postaci danych geologicznych".

Sporządzenie Atlasu geologiczno-inżynierskiego i Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich dla Szczecina wpisuje się w kierunki działań określone przez Cele Zrównoważonego Rozwoju (CZR) [4] oraz w Krajowej Polityce Miejskiej (KPM) [21].

Cele Zrównoważonego Rozwoju (CZR) to plan działania na rzecz przemian i przeobrażeń świata, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone w sposób zrównoważony, z szacunkiem dla środowiska oraz z uwzględnieniem potrzeb przyszłych pokoleń. CZR zostały podane w dokumencie pn. Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 [4], który został przyjęty przez Zgromadzenie Ogólne ONZ. Realizacja zadania psg umożliwi wsparcie następujących celów:

- Cel 7. Zapewnić wszystkim dostęp do źródeł stabilnej, zrównoważonej i nowoczesnej energii po przystępnej cenie;
- Cel 9. Budować stabilną infrastrukturę, promować zrównoważone uprzemysłowienie oraz wspierać innowacyjność;
- Cel 11. Uczynić miasta i osiedla ludzkie bezpiecznymi, stabilnymi, zrównoważonymi oraz sprzyjającymi włączeniu społecznemu;
- Cel 13. Podjąć pilne działania w celu przeciwdziałania zmianom klimatu i ich skutkom.

Podstawowym celem KPM [21] jest wzmocnienie zdolności miast i obszarów zurbanizowanych do kreowania zrównoważonego rozwoju. Oznacza to, że Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), który pełni funkcję państwowej służby geologicznej (psg), nadzorowanej przez ministra właściwego do spraw środowiska, realizując zadania państwa w zakresie geologii będzie wspierał osiągnięcie Celów Zrównoważonego Rozwoju oraz kierunki działań wyznaczone w Krajowej Polityce Miejskiej.

Atlas geologiczno-inżynierski może być wykorzystywany przez administrację państwową, rządową i samorządową oraz przez sektory gospodarki związane z przemysłem, budownictwem i usługami,

a także przez inwestorów, mieszkańców aglomeracji i geologów. Władze samorządów terytorialnych objętych granicami opracowania uzyskają źródło danych, stanowiące podstawę planowania przestrzennego i podejmowania decyzji w sferze inwestycji infrastrukturalnych i budowlanych, zgodnie z Krajową Polityką Miejską [21].

1.2 CEL OPRACOWANIA

Celem zadania wykonywanego w ramach zadań państwowej służby geologicznej było utworzenie i prowadzenie ujednoliconej Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich oraz sporządzenie Atlasów geologiczno-inżynierskich w skali 1:10 000 różnych obszarów kraju, w tym Atlasu Szczecina.

Celem wykonania Atlasu geologiczno-inżynierskiego jest rozpoznanie regionalnej budowy geologiczno-inżynierskiej, która jest niezbędna do prawidłowego i racjonalnego planowania przestrzennego, rozbudowy miast oraz posadowienia obiektów budowlanych.

Dla osiągnięcia powyższych celów zebrano, uporządkowano i przeanalizowano dostępne dane archiwalne, a następnie stworzono cyfrową Bazę Danych Geologiczno-Inżynierskich stanowiącą podstawę opracowania. W Atlasie geologiczno-inżynierskim Szczecina przedstawiono kompleksową ocenę warunków geologiczno-inżynierskich na tle budowy geologicznej i warunków wodnych w oparciu o zebrane materiały archiwalne.

Dysponowanie oraz przetwarzanie znacznej ilości różnych informacji, w tym dotyczących warunków geologiczno-inżynierskich, jest konieczne w pracach studyjnych i projektowych, zwłaszcza w obszarach miejskich. Odpowiednie przygotowanie tych informacji umożliwić może również podejmowanie decyzji związanych z projektowaniem szczegółowych badań podłoża, minimalizacją szkód w środowisku, przygotowaniem prognoz oraz ekonomicznych aspektów inwestycji. Analiza warstw informacyjnych o zagrożeniach geologicznych i ekonomicznych umożliwia opracowanie map ryzyka.

Wyniki prac przedstawiono w formie graficznej i opisowej. W części tekstowej omówione zostały istotne elementy składające się na warunki geologiczno-inżynierskie z uwzględnieniem specyfiki tego regionu. Część graficzna zawiera zestawienia wyników badań laboratoryjnych, dokumentację z badań geofizycznych, mapy tematyczne oraz przekroje geologiczno-inżynierskie.

1.3 METODYKA PRAC

Atlas geologiczno-inżynierski Szczecina został wykonany na podstawie:

- Instrukcji pn. „Atlasy geologiczno-inżynierskie w skali 1:10 000 lub mniejszej. Instrukcja wykonywania” [84];
- Instrukcji pn. „Baza Danych Geologiczno-Inżynierskich. Instrukcja prowadzenia otworowej bazy danych” [105];
- Instrukcji pn. „Instrukcja prowadzenia i aktualizacji Bazy Danych Właściwości Fizycznych i Mechanicznych głównych typów litologicznych gruntów i skał Polski (stan na 30.11.2018 r.) [71];
- Projektu robót geologicznych [72].

2 BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH (BDGI)

Baza Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) to największy w kraju zbiór cyfrowych danych o warunkach budowlanych na terenie Polski. Składa się z:

- Otworowej Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (p-BDGI) – dane z otworów wiertniczych;
- Przestrzennej Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (m-BDGI) – warstwy informacyjne GIS BDGI;
- Bazy Danych Właściwości Fizycznych i Mechanicznych gruntów i skał (BDGI-WFM) – wyniki badań gruntów i skał.

BDGI służy do cyfrowego gromadzenia danych z otworów wiertniczych (p-BDGI), wyników badań właściwości fizyczno-mechanicznych próbek gruntów i skał (BDGI-WFM) oraz warstw informacyjnych GIS BDGI (m-BDGI).

W BDGI zostały zgromadzone wszystkie dane otworowe, które wykorzystano do opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina.

Źródła danych zasilające BDGI stanowią przede wszystkim dokumentacje geologiczno-inżynierskie, hydrogeologiczne, geologiczne złóż kopalin i inne np.: opracowania geotechniczne oraz Centralna Baza Danych Geologicznych (CBDG) oraz Informatyczny System Osłony Kraju (ISOK).

Informacje zawarte w BDGI i Atlasach geologiczno-inżynierskich wykorzystuje się do:

- oceny przydatność badanego terenu do realizacji zamierzonych przedsięwzięć;
- wyboru optymalnej lokalizacji inwestycji;
- ustalania sposobu zagospodarowania terenu na potrzeby planowania przestrzennego (plany zagospodarowania przestrzennego: krajowe, wojewódzkie i inne);
- sporządzenia opracowań ekofizjograficznych.

Dane zgromadzone w BDGI, w tym dane z Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina, są przetwarzane w Systemie Przetwarzania Danych Geologiczno-Inżynierskich (SPDGI).

2.1 OTWOROWA BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH (p-BDGI)

Gromadzenie danych z otworów wiertniczych odbywało się za pomocą interfejsu wprowadzania danych otworowych GeoStar BDGI-WFM oraz bazy danych otworowych GEOSTARBDGI na serwerze CBDG5 (baza otworowa p-BDGI).

Otworowa baza danych dla Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina została utworzona zgodnie z dokumentem pn. „Baza Danych Geologiczno-Inżynierskich. Instrukcja prowadzenia otworowej bazy danych” [105] i zawiera 25 929 otworów badawczych o głębokości od 0,3 m do około 184,0 m, w tym:

- 24 538 otworów w obrębie obszaru badań;
- 1 391 otworów w pasie 1 km od granic obszaru badań, które wykorzystano do wykonania analiz przestrzennych.

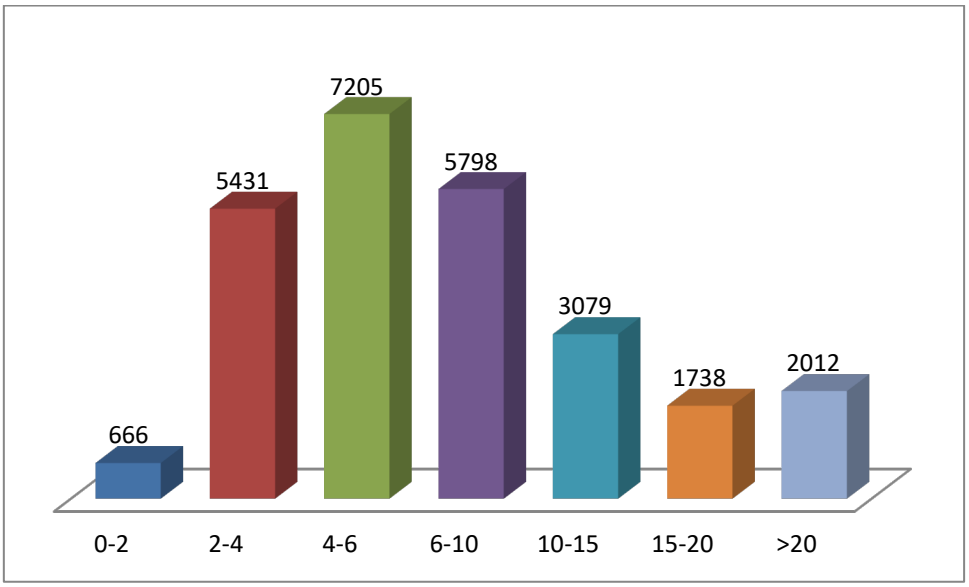
Wszelkie statystyki otworowe przedstawiane w niniejszym dokumencie są wykonywane na podstawie otworów jedynie z obszaru badań. W Bazie Danych Geologicznych-Inżynierskich Szczecina znajdują się otwory zróżnicowanym celu wiercenia, w tym:

- 14 443 otworów geologiczno-inżynierskich;
- 1 223 otworów hydrogeologicznych;
- 8 otworów kartograficznych;
- 7 532 otworów geotechnicznych;
- 847 otworów złożowych;

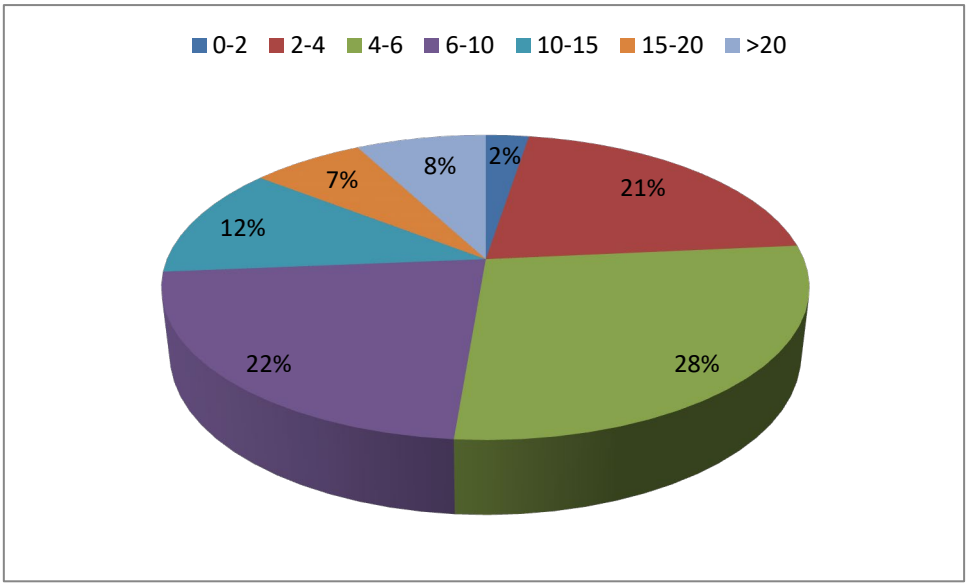
- 356 otworów badawczych;
- 129 otworów pochodzących z innych dokumentów niż wymienione wyżej.

Głębokość otworów w bazie danych jest bardzo zróżnicowana. Liczbę otworów w poszczególnych przedziałach głębokości dla otworów z obszaru badań przedstawiono na rysunku (Rysunek 1). Największa liczba otworów występuje w przedziale od 4 do 6 m, co stanowi 28% całkowitej liczby otworów (Rysunek 2). Mniejsze liczby otworów stwierdzono w przedziałach głębokości 2-4 m (21%), 6-10 m (22%) oraz 10-15 m (12%). Najmniej otworów jest w przedziałach 0-2 m (2%), 15-20 m (7%) oraz >20 m (8%).

Otworowa Baza Danych Geologiczno-Inżynierskich zawiera informacje o litologii, stratygrafii, genezie, podstawowych parametrach fizyczno-mechanicznych oraz seriach geologiczno-inżynierskich otworów badawczych. Ponadto, każdy otwór zawiera informacje o: rzędnej terenu, lokalizacji (3-stopniowy podział administracyjny kraju oraz współrzędne X i Y), Inwestorze, Zleceniodawcy, rodzaju i celu wiercenia, datach wykonania wiercenia, dozorze geologicznym oraz inne informacje dotyczące otworu badawczego.



Rysunek 1 Liczba otworów w poszczególnych przedziałach głębokości



Rysunek 2 Procentowy udział otworów w poszczególnych przedziałach głębokości

2.2 PRZESTRZENNA BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH (m-BDGI)

Za gromadzenie, przetwarzanie i udostępnianie danych przestrzennych z Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich oraz generowanie map geologiczno-inżynierskich odpowiada System Przetwarzania Danych Geologiczno-Inżynierskich (SPDGI).

Dane przestrzenne są gromadzone w geobazie danych przestrzennych m-BDGI w postaci geobazy plikowej (*.gdb). Są to wszystkie geologiczno-inżynierskie warstwy tematyczne powstałe w wyniku wektoryzowania danych analogowych oraz przeprowadzonych analiz geostatystycznych, które wykonuje się w oparciu o technologię ArcGIS - ArcMAP lub ArcGIS Pro. Po zgromadzeniu całości danych wszystkie niezbędne dane do komponowania map tematycznych atlasu są eksportowane do Centralnej Bazy Danych Geologicznych, ponieważ finalnie baza m-BDGI jest jedną ze składowych (schematów) bazy CBDG5 w PIG-PIB.

Wykonane i umieszczone na CBDG5 warstwy są jednolite i quasi-ciągłe dla obszaru całego kraju. Każdy obiekt będący odrębnym elementem warstwy ma przypisany kod Atlasu (dla niniejszego I18), umożliwiający kompozycję map dla konkretnego Atlasu.

Baza m-BDGI jako element bazy CBDG5 jest oparta o środowisko ESRI ArcSDE w wersji nie starszej niż 10.6.1.

Szczegółowe informacje dotyczące geobazy danych przestrzennych zawiera Dokumentacja techniczna Systemu Przetwarzania Danych Geologiczno-Inżynierskich oraz dokument pn.: „Atlasy geologiczno-inżynierskie w skali 1:10 000 lub mniejszej – instrukcja wykonywania” dostępna na stronie Atlasów geologiczno-inżynierskich [118].

2.3 UDOSTĘPNIANIE I ARCHIWIZACJA DANYCH

Udostępnianie danych geologiczno-inżynierskich, zgromadzonych na potrzeby opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego, polega na umożliwieniu dostępu do danych zgromadzonych w zasobach BDGI, m.in. do danych z otworów wiertniczych (p-BDGI, CBDG), map z Atlasu geologiczno-inżynierskiego (m-BDGI, CBDG).

Dostęp do danych zgromadzonych w BDGI i Atlasie geologiczno-inżynierskim jest realizowany przez wgląd lub udostępnianie poprzez:

- Narodowe Archiwum Geologiczne [126];
- Serwis informacyjny o geologii inżynierskiej – atlasy.pgi.gov.pl [118];
- Przeglądarkę mapową Geologia – http://geologia.pgi.gov.pl [122];
- Aplikację mobilną GeoLOG – https://geolog.pgi.gov.pl [121] dostępna nieodpłatnie na urządzenia mobilne z Google Play i App Store;
- Usługi mapowe WMS/WFS – https://gis.pgi.gov.pl [124];
- Pliki SHP do pobrania – http://dm.pgi.gov.pl [125];
- Portal internetowy Centralnej Bazy Danych Geologicznych [119];
- Geoportal CBDG PIG-PIB [120].

W archiwum, aplikacjach i portalach internetowych można przeglądać:

- profile otworów wiertniczych w formacie danych rastrowych [121] [122];
- karty właściwości fizyczno-mechanicznych próbek gruntów i skał w formacie danych rastrowych [121] [122];

- Atlasy geologiczno-inżynierskie w formacie danych rastrowych i wektorowych [118] [121] [122];
- warstwy informacyjne GIS BDGI w formacie WMS [124].

Wymienione adresy internetowe pozwalają szybko i bezpłatnie uzyskać dostęp do otworów wiertniczych oraz map.

Z uwagi na regulacje prawne dotyczące udostępniania informacji geologicznej, także regulacje historyczne, część danych otworowych nie może zostać udostępniona do informacji publicznej. W tabeli (Tabela 1) przedstawiono podział czasowy wraz z komentarzem o prawie do informacji geologicznej oraz możliwościach jej udostępniania [79].

Tabela 1 Regulacje prawne dotyczące informacji geologicznej i jej udostępniania [79]

Czas wykonania dokumentacji archiwalnej	Prawo do informacji geologicznej	Podstawa prawna	Możliwość udostępnienia informacji geologicznej
przed 31.01.1989 r.	Brak regulacji prawnych. Przyjmuje się, że prawo do informacji geologicznej przysługuje podmiotowi, który doprowadził do jej powstania, chyba, że rozporządził swoim prawem. Najczęściej prawo przysługuje Skarbowi Państwa	ustawa z dnia 16 listopada 1960 r. - *Prawo geologiczne*	udostępniane
1.02.1989-01.09.1994 r.	Prawo przysługuje podmiotom finansującym prace geologiczne, jeżeli nie doszło do przejścia tego prawa na Skarb Państwa zgodnie z art. 26c ust. 6	ustawa z dnia 31 stycznia 1989 r. o zmianie ustawy - *Kodeks cywilny* oraz ustawa z dnia 9 marca 1991 r. o zmianie ustawy o *Prawie geologicznym*	nieudostępniane
02.09.1994 - 31.12.2001 r.	Prawo do informacji geologicznej przysługuje podmiotowi, który sfinansował prace geologiczne, bez względu na to, czy jest to podmiot publiczny czy prywatny	ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. - *Prawo geologiczne i górnicze*	nieudostępniane
01.01.2002-31.12.2011 r.	Prawo do informacji geologicznej przysługuje Skarbowi Państwa, natomiast podmiot, który sfinansował prace geologiczne ma prawo do nieodpłatnego i wyłącznego wykorzystywania informacji geologicznych przez okres 5 lat	ustawa z dnia 27 lipca 2001 r. o zmianie ustawy *Prawo geologiczne i górnicze*	udostępniane
01.01.2012-31.12.2014 r.	Prawo do informacji geologicznej przysługuje Skarbowi Państwa, natomiast podmiot, który sfinansował prace geologiczne ma wyłączne prawo do informacji geologicznej przez okres 5 lat	ustawa z dnia 9 czerwca 2011 - *Prawo geologiczne i górnicze*	udostępniane
01.01.2015-obecnie	Prawo do informacji geologicznej przysługuje Skarbowi Państwa, natomiast podmiotowi finansującemu przysługuje wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej przez 3 lata	ustawa z dnia 11 lipca 2014 r. o zmianie ustawy *Prawo geologiczne i górnicze* oraz niektórych innych ustaw	udostępniane

Od roku 2012 korzystanie z informacji geologicznej przysługującej Skarbu Państwa jest nieodpłatne z wyjątkiem informacji zawartych w art. 100 ustawy Prawo geologiczne i górnicze.

Z danych BDGI korzysta przede wszystkim administracja państwowa i samorządową, inwestorzy, mieszkańcy aglomeracji, geolodzy, projektanci, urbaniści, architekci, sektory gospodarki związane z przemysłem i budownictwem posiadają bezpłatny dostęp do danych, które stanowią podstawę planowania przestrzennego i podejmowania decyzji inwestycyjnych.

Archiwizowanie danych geologiczno-inżynierskich zgromadzonych w BDGI i Atlasie geologiczno-inżynierskim polega na ich zabezpieczeniu w celu długotrwałego przechowywania. Zgodnie z ogólnymi zasadami i zaleceniami archiwizowania wyników badań oraz danych i informacji [83] Atlas geologiczno-inżynierski Szczecina oraz Baza Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) zostały zarchiwizowane w następujących formach:

- w formie elektronicznej przekazanej do Narodowego Archiwum Geologicznego,
- w postaci cyfrowych baz danych umieszczonych na serwerach PIG-PIB.

3 GROMADZENIE I PRZETWARZANIE DANYCH

Gromadzenie danych i informacji oraz wyników badań polegało na ciągłym i systematycznym pozyskiwaniu danych na temat warunków geologiczno-inżynierskich, przechowywaniu ich na serwerach oraz ich aktualizacji. Gromadzenie wyników badań oraz danych i informacji obejmowało:

- pozyskiwanie danych i informacji geologicznych ze źródeł zewnętrznych i wewnętrznych;
- przechowywanie zebranych danych i informacji na serwerach w formie cyfrowej bazy danych oraz w formie papierowej w archiwum i na nośnikach informatycznych;
- aktualizowanie danych i ich kompletowanie.

Bieżące gromadzenie danych zapewniło wszystkim wykonawcom Atlasu geologiczno-inżynierskiego dostęp do cyfrowanych danych w czasie jego opracowywania.

Przetwarzanie gromadzonych danych polegało na przekształceniu materiałów archiwalnych do postaci umożliwiającej ich edycję w otworowej i przestrzennej bazie BDGI. Dzięki temu możliwe było bieżące zarządzanie zbiorami danych, dostęp do nich, migracja do CBDG oraz udostępnianie i archiwizacja.

Przetwarzanie danych archiwalnych jest najbardziej czasochłonnym i pracochłonnym etapem podczas opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego. Przetwarzanie danych odbywało się manualnie, z zastosowaniem metod numerycznych lub automatycznie. Przetwarzanie obejmowało następujące czynności:

- skanowanie opracowań, otworów wiertniczych, map;
- wprowadzanie danych z kart otworów wiertniczych do p-BDGI oraz BDGI-WFM;
- geokodowanie rastrów;
- wektoryzację obiektów na mapie;
- kodowanie atrybutów;
- weryfikację poprawności topologicznej;
- opracowanie symboliki obiektów;
- zmianę formatu zapisu danych;
- zmianę odniesień przestrzennych;
- weryfikację i uzupełnienie informacji opisowej (atrybuty);
- scalanie i reklasyfikację wydzieleń;
- przygotowanie metadanych w sposób zgodny z dyrektywą INSPIRE oraz dokumentacją zasobu.

Głównym elementem w procesie gromadzenia i przetwarzania danych było zebranie, uporządkowanie, a następnie zweryfikowanie i analiza krytyczna dostępnych materiałów archiwalnych, dotyczących dokumentacji geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych, złożowych i innych. Zgromadzone dane pochodziły z archiwów następujących instytucji i firm:

- Narodowe Archiwum Geologiczne, PIG-PIB, Warszawa;
- Narodowe Archiwum Geologiczne, PIG-PIB, Oddział Pomorski, Szczecin;
- Zachodniopomorski Urząd Wojewódzki, Wydział Ochrony Środowiska, Szczecin;
- Przedsiębiorstwo Geologiczne Geoprojekt Szczecin Sp. z o.o., Szczecin.

Do opracowania Atlasu wykorzystano materiały archiwalne pochodzące z długiego przedziału czasowego, obejmujący okres od 1920 do 2022 roku. W trakcie analizy i krytycznej oceny materiałów, natrafiono na szereg trudności związanych z brakiem możliwości jednoznacznej lokalizacji otworów archiwalnych oraz określeniem ich rzędnych wysokościowych.

Istotnym problemem były także trudności w pozyskaniu archiwalnych opracowań geotechnicznych, wynikające z obowiązujących regulacji prawnych tj. brak obowiązku archiwizacji dokumentów tego

typu, a także brak jednoznacznej interpretacji przepisów co do własności informacji [79]. Jednakże na potrzeby niniejszego opracowania udało się pozyskać dane z archiwum opracowań geotechnicznych należącego do prywatnej firmy, świadczącej usługi geologiczne i wiertnicze. Wszystkie dane udostępnione przez Przedsiębiorstwo Geologiczne Geoprojekt Szczecin Sp. z o.o. posłużyły do opracowania Atlasu, jednak ze względu na regulacje prawne nie będą udostępnione publicznie.

W trakcie zbierania materiałów archiwalnych przejrzano ponad 2 040 opracowań geologiczno-inżynierskich, geotechnicznych, hydrogeologicznych, złożowych i innych. Jako źródło danych archiwalnych posłużyło 1 701 dokumentacji, z których do bazy danych wyselekcjonowano 24 164 otworów o łącznym metrażu 237 017,2 m.b. Ponadto ze względu na niewystarczające rozpoznanie geologiczne omawianego obszaru, zaprojektowano i odwiercono 1 765 otworów o łącznym metrażu 11 717,2 m. Wraz z nimi, stworzona baza zawiera **25 929** otworów o łącznym metrażu 248 734,4 m.

Liczba otworów w obrębie granic Atlasu dla poszczególnych arkuszy w skali 1:10 000 jest zmienna i wynosi od 2 (arkusze N-33-89-D-c-2, N-33-102-A-a-1, N-33-102-A-b-2) do 3 441 (arkusz N-33-90-A-c-1). Zmienność ta wynika ze specyfiki dokumentowanego obszaru, w tym od zasięgu opracowania na danym arkuszu. Ponadto nierównomierne rozmieszczenie punktów dokumentacyjnych jest związane przede wszystkim z położeniem obszarów zurbanizowanych. Należy dodać, że część terenów wybranych do bazy leży poza obszarem opracowania, co jest istotne dla warunków brzegowych i przeprowadzanych na ich podstawie geoanaliz przestrzennych.

Najlepiej udokumentowanym obszarem Atlasu jest teren miast Police i Szczecin, natomiast najgorzej dolina dolnej Odry w południowej części obszaru Atlasu, z uwagi na niedostępność terenu. Liczba archiwalnych otworów wiertniczych udokumentowanych w obrębie poszczególnych gmin jest zmienna, zależy od wielkości obszaru poddanego analizie oraz sposobu jego zagospodarowania, i przedstawia się następująco:

- gmina Szczecin – 12 108 otworów na obszarze 246,5 km^2;
- gmina Dobra – 2 203 otworów na obszarze 72,9 km^2;
- gmina Police – 5 995 otworów na obszarze 99,0 km^2;
- gmina Kołbaskowo – 2 922 otworów na obszarze 105,5 km^2;
- gmina Goleniów – 1 309 otworów na obszarze 121,9 km^2;
- gmina Gryfino – 1 otwór na obszarze 2,6 km^2;
- poza teren opracowania Atlasu, w obszarze do 5,0 km – 1 391 otworów.

Średnia gęstość rozpoznania wynosi niemal 38 otworów/km^2 powierzchni wyznaczonej aglomeracji. Taka gęstość rozpoznania spełnia wymagania dokumentu pn. „Atlasy geologiczno-inżynierskie w skali 1:10 000 lub mniejszej. Instrukcja wykonywania” [84] w skali 1:10 000 dla złożonej budowy geologicznej. Gęstość rozpoznania przedstawiono graficznie na Mapie zakresu udokumentowania terenu w skali 1:100 000.

Lokalizację otworów archiwalnych i odwierconych na potrzeby Atlasu przedstawiono na 55 arkuszach Mapy dokumentacyjnej (na podkładzie topograficznym) w skali 1:10 000.

4 WYKONANE PRACE I ROBOTY GEOLOGICZNE. USZCZEGÓŁOWIENIE DANYCH ARCHIWALNYCH

Podczas tworzenia bazy danych dla potrzeb sporządzenia Atlasu Szczecina dokonano analizy stanu rozpoznania terenu w granicach wyznaczonego obszaru. W jej wyniku wytypowano obszary słabo rozpoznane i zaprojektowano wykonanie dodatkowych badań geologicznych. Celem wykonanych prac i robót geologicznych było w szczególności:

- uszczegółowienie rozpoznania budowy geologicznej terenu badań, w tym określenie układu i miąższości warstw, genezy, stratygrafii i litologii gruntów w podłożu;
- ustalenie głębokości występowania zwierciadła/zwierciadeł wód podziemnych;
- ustalenie lokalizacji, rozprzestrzenienia, rodzaju procesów i zjawisk geodynamicznych oraz antropogenicznych (zjawiska osuwiskowe, glacitektoniczne, sufozyjne, podtopienia i in.);
- wskazanie występowania gruntów organicznych, podmokłości i wysięków;
- scharakteryzowanie wydzielonych na podstawie stratygrafii, litologii i genezy serii geologiczno-inżynierskich budujących podłoże gruntowe;
- ocena właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów tworzących wydzielone serie geologiczno-inżynierskie;
- określenie warunków geologiczno-inżynierskich;
- wskazanie obszarów przydatnych dla budownictwa.

Roboty i prace geologiczne zostały wykonane na podstawie Projektu robót geologicznych w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby zagospodarowania przestrzennego i sporządzenia Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina [72], zatwierdzonego decyzją WP-IV.7440.1.2020.WP z dnia 4 sierpnia 2020 roku..

Projekt robót geologicznych wykonano zgodnie z Rozporządzeniami Ministra Środowiska [7][9].

Wyniki robót geologicznych wraz z ich interpretacją, określeniem stopnia osiągnięcia zamierzonego celu oraz uzasadnieniem, zostaną przedstawione także w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

4.1 KARTOWANIE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE

Zakres kartowania geologiczno-inżynierskiego obejmował w pierwszym etapie przeprowadzenie wizji lokalnej terenu badań, która miała na celu ogólne zapoznanie się z obszarem, ocenę jego dostępności pod kątem wykonania badań oraz zebranie informacji, a także w celu weryfikacji danych archiwalnych i ustalenie ich zgodności z aktualną sytuacją w terenie.

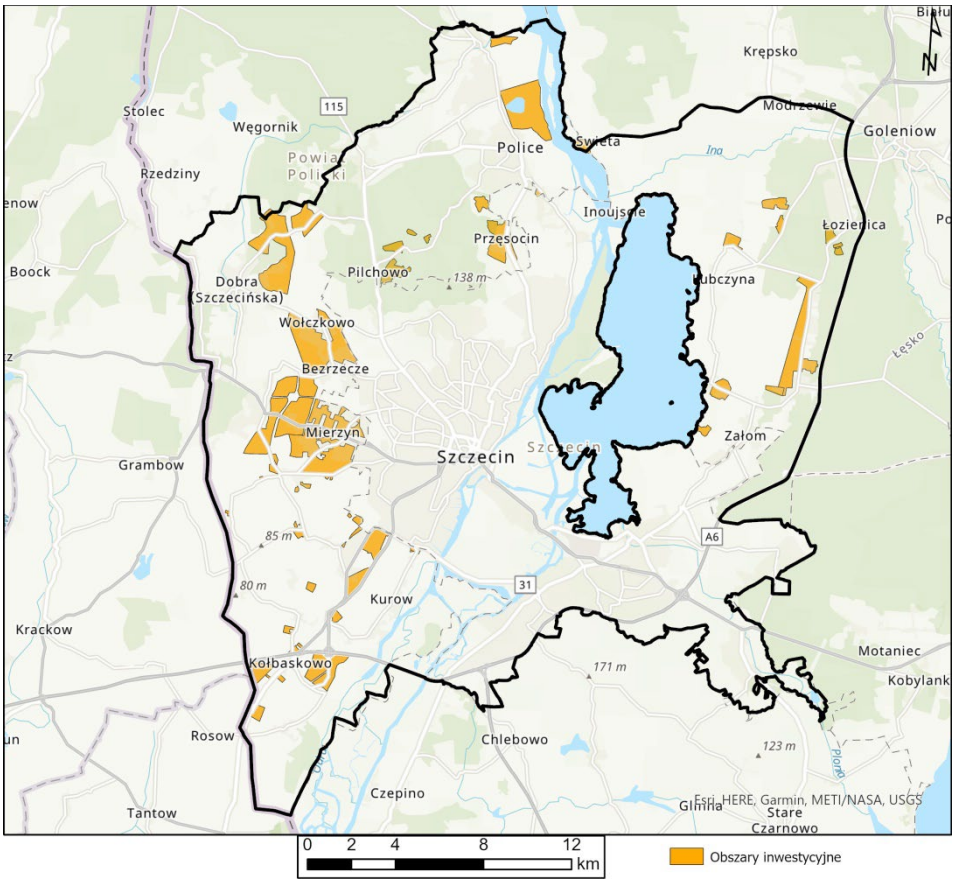
Przeanalizowano również dostępne produkty teledetekcyjne: ortofotomapę, numeryczny model terenu (NMT) oraz dane dotyczące zagospodarowania przestrzennego z gmin i powiatów. Opisana analiza w głównej mierze dotyczyła korekty lokalizacji i rzędnych wysokościowych otworów archiwalnych, ukształtowania powierzchni terenu oraz sposobu zagospodarowania analizowanego terenu. Do weryfikacji zachodzących zjawisk wytypowano szereg obszarów, z uwzględnieniem:

- występowania terenów inwestycyjnych;
- degradacji środowiska w wyniku antropopresji;
- występowania procesów geodynamicznych;
- wystąpienia podtopień od wód gruntowych.

W trakcie kartowania geologiczno-inżynierskiego skupiono się głównie na przeprowadzeniu obserwacji terenów inwestycyjnych, przemysłowych i poprzemysłowych ujętych w Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz weryfikacji wpływu ruchów masowych na zboczach rzecznych na stabilność posadowionych budynków.

Tereny inwestycyjne na obszarze badań ulokowane są głównie w zachodniej części aglomeracji. Zlokalizowane są wokół miejscowości Bezrzecze, Wołczkowo, Wąwelnica, Dobra, Przęsocin, Police, Mierzyn i Kołbaskowo (Rysunek 3). Ponadto tereny inwestycyjne zlokalizowane są we wschodniej części omawianego obszaru, wzdłuż trasy szybkiego ruchu S6 (okolice Klinisk Wielkich, Łozienicy) oraz w rejonie Polic. Część terenów opisanych w Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego jako przeznaczone pod inwestycję została już zabudowana nowymi osiedlami, natomiast część terenów jest wciąż użytkowana jako pola uprawne.

Tereny inwestycyjne w rejonie Polic rozpoznano jako tereny zalewowe Odry, z dużą ilością gruntów organicznych i płytkim poziomem wód podziemnych (Fotografia 1), gdzie widoczna jest roślinność torfowa oraz rozbudowana sieć melioracyjna. Możliwe jest zanieczyszczenie z zakładów azotowych w Policach (Grupa Azoty Zakłady Chemiczne „Police"). Przez omawiane tereny planowana jest również budowa Zachodniej Obwodnicy Szczecina w ciągu drogi S6. W tym rejonie zlokalizowana jest także czynna hałda fosfogipsu, odpadu produkcyjnego zakładów azotowych w Policach.



Rysunek 3 Mapa obszarów inwestycyjnych na obszarze opracowania Atlasu Szczecin

Fotografia 1 Tereny inwestycyjne we wschodniej części Polic. Widoczna roślinność zalewowa i kanał melioracyjny (PIG-PIB, 2020)

Fotografia 2 Ruiny fabryki benzyny syntetycznej w Policach. Widoczne niekontrolowane zarastanie terenu roślinnością (PIG-PIB, 2020)

Fotografia 3 Niekontrolowane wysypisko odpadów roślinnych i komunalnych w Trzeszczynie (PIG-PIB, 2020)

Fotografia 4 Niekontrolowane składowisko odpadów w Policach (PIG-PIB, 2020)

W rejonie Polic (w Policach i Trzeszczynie) zostały również rozpoznane dwa nieudokumentowane składowiska odpadów roślinnych i komunalnych (Fotografia 3 i Fotografia 4).

Podczas terenowych prac kartograficznych weryfikowano występowanie obszarów zdegradowanych, na których również może znajdować się zanieczyszczenie środowiska. Na obszarze Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina obszary zdegradowane związane są głównie z obszarem przemysłowym Polic, portami oraz terenami po nieczynnej eksploatacji górniczej.

W rejonie Polic, oprócz działających zakładów azotowych i związanej z nimi infrastrukturą, zlokalizowane są rozległe obszary po nieczynnej i zniszczonej fabryce benzyny syntetycznej, działającej w latach 1937-1945. Obecnie poprzemysłowe tereny fabryki zarastają roślinnością, a ruiny betonowych konstrukcji stanowią lokalną atrakcję turystyczną. (Fotografia 2). Na terenie tym nie prowadzi się obecnie prac rekultywacyjnych. Są to obszary potencjalnie możliwe do zagospodarowania w przyszłości. Nie zaobserwowano widocznych zanieczyszczeń terenu.

Podczas kartowania została przeprowadzona obserwacja zbocza wysoczyzny wzdłuż Odry, odcinek od Skolwina do autostrady A6 w Waliszewie. Prace prowadzone były pod kątem oceny stanu skarpy, w tym aktywności (przejawów) ruchów masowych. Potwierdzono zarośniętą krzewami niszę osuwiska w pobliżu ulic Ornej i Celulozowej. W rejonie ulic Olimpijskiej i Maratońskiej zaobserwowano pojedyncze zbocza będące prawdopodobnie niszami osuwisk, jednak nie stwierdzono innych przejawów ruchów masowych pozwalających to potwierdzić. Nie stwierdzono spękań na elewacjach budynków. Możliwe jest w najbliższych latach uruchomienie ruchów masowych poprzez obecne silne obciążenie stoków nową zabudową mieszkaniową.

W centralnej części miasta Szczecin zbocze jest silnie uformowane przez człowieka. Obserwowane są wzmocnienia (np. w pobliżu Muzeum Morskiego i części portowej) ściśle zabudowanego centrum (Fotografia 5). W skarpie pod zamkiem widoczna jest erozja i odsłonięcie nasypu, cegieł będących fundamentem-wzmocnieniem budowli (Fotografia 6).

Fotografia 5 Zbocze wysoczyzny w rejonie Muzeum Morskiego.
Widoczne wyrównanie skarpy i zagospodarowanie pod rekreację mieszkańców (PIG-PIB, 2020)

Fotografia 6 Odsłonięcie nasypu pod zamkiem w Szczecinie (PIG-PIB, 2020)

Fotografia 7 Widoczne spękania w murze oporowym działki (PIG-PIB, 2020)

Fotografia 8 Widoczny jęzor osuwiska. Przesunięcie względne niegdyś równoległych płotów o ok. 2 m. Obserwowane drobne spękania na elewacji budynku (PIG-PIB, 2020)

Fotografia 9 Niwelacja skarpy w rejonie Kurowa (PIG-PIB, 2020)

Kartowanie geologiczno-inżynierskie objęło również dolinę potoku Sienniczka w Szczecinie-Żelechowie. Na terenie tym zlokalizowane są ogródki działkowe. W ich obrębie rozpoznano liczne przejawy ruchów masowych: spękania dróg, charakterystycznie wygięte drzewa, spękania budynków i płotów oraz zmiany geometrii przebiegu alejek dojazdowych i działek (Fotografia 7).

W rejonie Kurowa zaobserwowano niwelację skarpy odrzańskiej i części tarasu zalewowego nasypami (Fotografia 9). Prawdopodobnie pod przyszłą zabudowę mieszkaniową.

W rejonie Siadła Dolnego zaobserwowano niszę osuwiska w skarpie odrzańskiej. Wzdłuż Odry został również wytyczony pas rekreacyjny z przystanią dla żaglówek.

Na omawianym obszarze występują liczne wyrobiska poeksploatacyjne, głównie po starych cegielniach, w których były eksploatowane iły septariowe, węgiel brunatny, kreda i margiel. Eksploatacja górnicza była prowadzona w rejonie Stołczyna, Niebuszewa i Gumienic, Zdroi (dzielnica Szczecina), Siadła Górnego, Płoni. Forma zagospodarowania byłych wyrobisk jest różnorodna. Część z nich została zrekultywowana poprzez zasypanie i utworzenie terenów inwestycyjnych (Gumienice, Niebuszewo), na innych utworzono tereny rekreacyjne – np. Park Leśny Zdroje z jeziorem Szmaragdowym, będącym wyrobiskiem po eksploatacji kredy i margla. Część wyrobisk pozostała niezagospodarowana i stanowi obecnie nieużytki. Ciekawym przykładem rekultywacji wyrobiska górniczego jest uporządkowany zbiornik wodny wkomponowany w nowo powstałe osiedle mieszkaniowe w Niebuszewie (dzielnica Szczecina), gdzie pełni funkcję rekreacyjno-estetyczną (Fotografia 10).

Obszary zagrożone podtopieniami znajdują się głównie w obrębie doliny Odry, zwłaszcza w jej wschodniej części, gdzie istnieje rozległa płaska równina poprzecinana rowami melioracyjnymi (Fotografia 11). Na jej obszarze, w okresach roztopowych, czy podczas długich okresów z opadami atmosferycznymi, w wyniku niewydolności sieci melioracyjnej oraz podniesienia poziomu wód gruntowych, dochodzi do zalewania powierzchni terenu. Jest to też obszar gdzie licznie występują grunty organiczne.

Fotografia 10 Osiedle mieszkaniowe na terenie byłego wyrobiska (Szczecin – Niebuszewo) (PIG-PIB, 2020)

Fotografia 11 Podtopione obszary równiny, znajdującej się we wschodniej części doliny Odry (PIG-PIB, 2020)

4.2 POMIARY GEODEZYJNE

W ramach prac geodezyjnych wykonano pomiary miejsc realizacji wierceń dla potrzeb Atlasu geologiczno-inżynierskiego, obejmujące współrzędne geodezyjne X i Y w układzie PL-1992 oraz rzędną H [m n.p.m.] w aktualnie obowiązującym układzie odniesień (Kronsztad86) zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 roku w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych [18] [19].

Rzędne wysokościowe archiwalnych punktów dokumentacyjnych zostały określone na podstawie informacji zawartych w dokumentacji i zweryfikowane na podstawie numerycznego modelu terenu (NMT), złożonego z chmury punktów rozmieszczonych w siatce o oczku 1 m.

W przypadku punktów dokumentacyjnych, które nie miały podanych w dokumentacji rzędnych wysokościowych, przyjęto dane z numerycznego modelu terenu (NMT). Rzędne z NMT zostały zweryfikowane i skorelowane w zależności od aktualności NMT i roku wykonania otworu, z uwzględnieniem ewentualnych zmian w morfologii terenu.

4.3 BADANIA GEOFIZYCZNE

Celem badań geofizycznych było określenie oraz uszczegółowienie regionalnej budowy geologicznej w dowiązaniu do archiwalnych i nowych otworów wiertniczych na obszarze Atlasu.

Prace geofizyczne prowadzono w 2 etapach. W pierwszej kolejności na obszarze Atlasu wykonano:

- 5 profili tomografii elektrooporowej (ERT) o łącznej długości 1000 m;
- 5 profili tomografii sejsmicznej (SRT-S, SRT-P) o łącznej długości 750 m;
- 5 profili konduktometrycznych (GCM) o łącznej długości 1000 m.

W sumie na poligonach wykonano 15 profili geofizycznych o łącznej długości 2750 m.

W drugim etapie wykonano 11 profili tomografii elektrooporowej (ERT) o łącznej długości 8375 m dla badań na profilach regionalnych. Dobrano metodę, która na obszarze Atlasu dała najlepsze rezultaty dla rozpoznania geofizycznego zarówno pod kątem prospekcji jak i zobrazowania zmian litologicznych.

Przebieg każdego z profili wyznaczono w terenie za pomocą geodezyjnego zestawu do pomiarów satelitarnych GNSS, metodą RTN, w oparciu o poprawki z państwowej sieci stacji referencyjnych ASG.PL.

Szczegółowy raport z badań geofizycznych wraz z załącznikami graficznymi zawarto w załączonej „Dokumentacji z badań geofizycznych sporządzonej na potrzeby Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina".

4.4 WIERCENIA I POBÓR PRÓBEK GRUNTÓW I SKAŁ

W ramach robót geologicznych wykonano łącznie 1765 otworów wiertniczych o głębokości od 5 do 30 m, o sumarycznym metrażu 11 717,2 m.b.

Wiercenia były prowadzone różnymi metodami, w zależności od dostępności terenu, głębokości i celu wiercenia, tj.:

- wiercenia w systemie rdzeniowania na mokro, techniką wrzutową z podwójną lub potrójną rdzeniówka, przy ciągłym zabezpieczaniu otworu rurami osłonowymi, z ciągłym uzyskiem rdzenia oraz pobieraniem próbek gruntów:
  - kategorii A, o klasie jakości 1, z rdzenia wiertniczego o średnicy 90 mm i długości nie mniejszej niż 50 cm,
  - kategorii B, o klasie jakości 3-4, z aparatu rdzeniowego (średnicy 90 mm) o masie co najmniej 2 kg dla gruntów gruboziarnistych i bardzo gruboziarnistych (niespoistych) do podwójnych worków plastikowych;
- wiercenia w systemie mechanicznym okrętnym lub udarowym, z/bez zabezpieczania otworu rurami osłonowymi z poborem próbek gruntów:
  - kategorii A, o klasie jakości 1, za pomocą cienkościennych próbników Shelby o średnicy 80 mm i długości co najmniej 60 cm,
  - kategorii B, o klasie jakości 3-4, narzędziem wiertniczym o średnicy 100 mm, o masie co najmniej 1 kg dla gruntów drobnoziarnistych (spoistych) i 2 kg dla gruntów gruboziarnistych i bardzo gruboziarnistych (niespoistych) do podwójnych worków plastikowych,
  - kategorii C, o klasie jakości 5, w celu określenia profilu litologicznego przewiercanych warstw;
- wiercenia w systemie ręcznym okrętnym lub udarowym, z/bez zabezpieczania otworu rurami osłonowymi z poborem próbek gruntów:
  - kategorii B, o klasie jakości 3-4, o masie co najmniej 1 kg dla gruntów drobnoziarnistych (spoistych) i 2 kg dla gruntów gruboziarnistych i bardzo gruboziarnistych (niespoistych) do podwójnych worków plastikowych,
  - kategorii C, o klasie jakości 5, w celu określenia profilu litologicznego przewiercanych warstw.

Zmiana systemu wiercenia z mechanicznego na ręczny następowała w sytuacji braku możliwości dojazdu wiertnicy na miejsce badania.

Prace wiertnicze wykonano zgodnie z wymogami bezpieczeństwa zawartymi w następujących normach:

- PN-EN ISO 22475-1:2006E Rozpoznanie i badania geotechniczne. Pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych. Część 1: Techniczne zasady wykonywania [54];
- PN-EN 1997-2:2009P Projektowanie geotechniczne. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego [43];
- PN-G-02305-5:2002P Wiercenia małośrednicowe i hydrogeologiczne. Wiertnice. Wymagania bezpieczeństwa [55];
- PN-B-04452:2002 (wycofana) Geotechnika. Badania polowe [41].

Prace wiertnicze prowadzone były pod dozorem uprawnionych geologów. Do ich obowiązków należało:

- przestrzeganie zgodności prowadzonych robót z projektem robót geologicznych;
- dobór techniki wiercenia i sondowania w zależności od zastanych warunków gruntowo-wodnych;
- wykonanie opisu makroskopowego i klasyfikacji przewiercanych warstw gruntów zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2018-05 [44] i PN-EN ISO 14688-2:2018-05 [45] oraz Polskimi Normami PN-B-04481:1988 [42] i PN-B-02480:1986 [40];
- typowanie głębokości, pobieranie, zabezpieczanie i przechowywanie w odpowiednich warunkach rdzeni i próbek gruntów pobranych metodą A i B, klasy jakości 1-3;
- wykonywanie dokumentacji fotograficznej przewiercanych warstw gruntów oraz rdzeni wiertniczych;
- prowadzenie w otworach wiertniczych pomiarów hydrogeologicznych polegających na pomiarze nawierconego i ustabilizowanego poziomu zwierciadła wody podziemnej;
- sporządzanie kart otworów oraz załączanie dokumentacji fotograficznej przewiercanych warstw gruntów oraz rdzeni wiertniczych,
- korygowanie na bieżąco lokalizacji i głębokości otworów, jeżeli wymagały tego warunki geologiczne;
- kontrola likwidacji wykonanych otworów wiertniczych.

Do badań laboratoryjnych z wywierconych otworów wiertniczych pobrano:

- rdzenie wiertnicze oraz próbki kategorii A, klasy jakości 1 i 2;
- próbki kategorii B, klasy jakości 3 i 4.

Wszystkie pobrane próbki zostały opisane i odpowiednio zabezpieczone zgodnie z wymogami jak dla próbek kategorii A, klasy jakości 1 (A/1 i A/2) oraz B, klasy jakości 3 (B/3 i B/4).

Po wykonaniu odwiertów, pobraniu próbek i wykonaniu pomiarów hydrogeologicznych, otwory zostały zlikwidowane urobkiem uzyskanym z wiercenia zgodnie z pierwotnym profilem gruntowym lub wypełnione bentonitem. Teren, na którym wykonywane było wiercenie pozostawiono w stanie uporządkowany.

Lokalizacje wykonanych wierceń przedstawiono na Mapie dokumentacyjnej w skali 1:10 000.

4.5 SONDOWANIA

Celem wykonanych sondowań było uszczegółowienie rozpoznania budowy geologicznej na wybranych obszarach, charakterystycznych dla głównych typów litologicznych gruntów, takich jak grunty organiczne, gliny lodowcowe, piaski lodowcowe i wodnolodowcowe itp. w zakresie oceny parametrów fizyczno-mechanicznych.

Sondowania wykonano w postaci tzw. węzłów badawczych, tj. w jednym punkcie zlokalizowano kilka typów sondowań. Ich dobór uzależniony był od litologii i miąższości warstw występujących w podłożu. W zależności od potrzeb wykonano następujące sondowania:

- sondowania statyczne CPT;
- sondowania dylatometrem DMT;
- sondowania dynamiczne DP;

W sumie wykonano 76 sondowań o łącznym metrażu 667,8 mb, w tym:

- 41 sondowań sondą statyczną CPTU o głębokości od 2,7 do 22,5 m (413,8 mb);
- 27 sondowań sondą dynamiczną DP o głębokości od 6 do 6,8 m (164,6 mb);
- 8 sondowań dylatometrem DMT o głębokości od 6,7 do 14,1 m (89,4 mb).

Profile sondowań przedstawiono na kartach punktów dokumentacyjnych. Wyniki sondowań zasilą Bazę Danych Właściwości Fizycznych i Mechanicznych gruntów i skał (BDGI-WFM) oraz umożliwią wyznaczenie parametrów fizyczno-mechanicznych gruntów i charakterystykę serii geologiczno-inżynierskich na potrzeby dokumentacji geologiczno-inżynierskiej jaka zostanie opracowana zgodnie z wymaganiami ustawy Prawo geologiczne i górnicze [25].

Lokalizację wykonanych sondowań przedstawiono na Mapie dokumentacyjnej w skali 1:10 000.

4.6 BADANIA LABORATORYJNE

Badania oznaczeń parametrów fizycznych i mechanicznych zostały wykonane zgodnie z Polskimi Normami oraz literaturą. Badania były prowadzone w Zakładzie Geologii Inżynierskiej, w laboratorium Centrum Badań Gruntów i Skał (CBGS), posiadającym akredytację na badania.

Liczba próbek gruntów wytypowanych do badań została dobrana tak, aby scharakteryzować właściwości fizyczne i mechaniczne wydzielonych warstw i serii litologiczno-genetycznych (geologiczno-inżynierskich) na potrzeby opracowania niniejszego Atlasu. Wyniki oznaczeń parametrów fizycznych i mechanicznych zasiliły dodatkowo Bazę Danych Właściwości Fizycznych i Mechanicznych gruntów i skał (BDGI-WFM) [71].

Wyniki badań laboratoryjnych przedstawiono w formie zestawień tabelarycznych:

- Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów;
- Zestawienie wyników badań laboratoryjnych wytrzymałościowych;
- Zestawienie wyników badań laboratoryjnych odkształceniowych;

w postaci załącznika do Atlasu.

W tabeli (Tabela 2) podano rodzaj, metodę i liczbę przebadanych próbek gruntów.

Badania zostały wykonane zgodnie z aktualnymi wydaniami norm PN-EN ISO 17892 *Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów* [44]-[53], normą badawczą PN-B-04481:1988 [42] *Grunty budowlane. Badania próbek gruntów* oraz PN-EN 1997-2 *Projektowanie geotechniczne. Część 2. Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego [43]*.

Badania laboratoryjne wykonano dla 375 próbek gruntów, w tym dla:

- 149 próbek gruntów kategorii B, klasy jakości 4;
- 174 próbek gruntów kategorii B, klasy jakości 3;
- 1 próbki gruntu kategorii A, klasy jakości 2;
- 51 próbek gruntów kategorii A, klasy jakości 1.

Na podstawie badań laboratoryjnych została wykonana klasyfikacja gruntów zgodnie z PN-EN ISO 14688-2:2018-05 [45] oraz PN-B-04280:1986 [40].

Tabela 2 Zestawienie wykonanych badań laboratoryjnych próbek gruntów

Rodzaj badania	Metoda	Norma	Liczba wykonanych badań
Oznaczenie i opis gruntu	Metoda makroskopowa	PN-EN ISO 14688-1:2018-05*	375
Oznaczenie wilgotności naturalnej	Metoda wagowa	PN-EN ISO 17892-1:2015-02*	235
Oznaczenie składu granulometrycznego: - gruntów drobnoziarnistych	Analiza areometryczna	PN-EN ISO-17892-4:2017-01*	168
- gruntów gruboziarnistych wraz z wyznaczeniem współczynnika filtracji wg wzoru amerykańskiego (USBSC)	- Analiza sitowa - Współczynnik filtracji	PN-EN ISO-17892-4:2017-01* Pazdro Z., Kozerski B., 1990 – Hydrogeologia ogólna	124 124
Oznaczenie granicy płynności	Metoda penetrometru stożkowego	PN-EN ISO-17892-12:2018-08*	171
Oznaczenie granicy plastyczności	Metoda wagowa	PN-EN ISO-17892-12:2018-08*	171
Oznaczenie straty masy przy prażeniu	Metoda wagowa	PN-B-04481:1988 p. 4.4.4.2	65
Oznaczenie gęstości objętościowej gruntu	Metoda wagowo-objętościowa i obliczeniowa	PN-EN ISO 17892-2:2015-02*	131
Oznaczenie gęstości właściwej szkieletu gruntowego	Oszacowane na podstawie literatury	E. Myślińska, 2016 – Laboratoryjne badania gruntów i gleb	206
Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych gruntów	Metoda z zastosowaniem aparatu trójosiowego ściskania bez konsolidacji i bez odpływu (UU)	PN-EN ISO 17892-8:2018-05*	42
	Metoda z zastosowaniem aparatu trójosiowego ściskania z konsolidacją i bez odpływu (CIU)	PN-EN ISO 17892-9:2018-05*	17
Oznaczenie modułów ściśliwości pierwotnej i wtórnej	Metoda edometryczna	PN-EN ISO 17892-5:2017-06*	38
Oznaczenie współczynnika filtracji	Metoda badania filtracji w permeametrze o elastycznych ściankach ze zmiennym spadkiem hydraulicznym, typu „raising tail”	PN-EN ISO 17892-11:2019-05*	2
*metoda akredytowana			

Oznaczenie i opis makroskopowy

Oznaczenie gruntów i ich opis makroskopowy wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 14688-1:2018-05 [44] dla wszystkich wytypowanych próbek tj. dla 375 próbek gruntów, w tym dla:

- 51 próbek kategorii A, klasy jakości 1;
- 1 próbki kategorii A, klasy jakości 2;
- 174 próbek kategorii B, klasy jakości 3;
- 149 próbek kategorii B, klasy jakości 4).

Oznaczono m.in. frakcję główną i frakcje drugorzędne, konsystencję i zawartość węglanu wapnia (opis jakościowy $CaCO_3$). Klasyfikacja gruntów została przeprowadzona na podstawie normy PN-EN ISO 14688-2:2018-05 [45].

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów.

Oznaczenie wilgotności naturalnej

Wilgotność naturalna została oznaczona zgodnie z normą PN-EN ISO 17892-1:2015-02 [46]. Oznaczenie wilgotności naturalnej wykonano jako badanie pomocnicze do badań granicy płynności i plastyczności, oznaczenia modułu ściśliwości pierwotnej i wtórnej, strat masy przy prażeniu oraz wytrzymałości na ścinanie. W sumie, badanie wykonano dla 235 próbek gruntu, w tym dla:

- 48 kategorii A, klasy jakości 1;
- 1 próbki kategorii A, klasy jakości 2;
- 168 próbek kategorii B, klasy jakości 3;
- 18 próbek kategorii B, klasy jakości 4.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów.

Oznaczenia składu granulometrycznego

Badanie składu granulometrycznego wykonano w celu oznaczenia zawartości poszczególnych frakcji w gruncie. Pozwoliło to na wykreślenie krzywych uziarnienia wytypowanych gruntów.

Skład granulometryczny gruntów drobnoziarnistych oznaczono metodą areometryczną zgodnie z normą PN-EN ISO-17892-4:2017-01 [48]. Badanie wykonano w sumie dla 168 próbek gruntów, w tym dla:

- 40 próbek kategorii A;
- klasy jakości 1;
- 1 próbki kategorii A, klasy jakości 2;
- 110 próbek kategorii B, klasy jakości 3;
- 17 próbek kategorii B, klasy jakości 4.

Skład granulometryczny gruntów gruboziarnistych oznaczono metodą sitową zgodnie z normą PN-EN ISO-17892-4:2017-01 [48]. Obliczono również wskaźnik jednorodności Cu i wskaźnik krzywizny Cc. Wyznaczono także współczynnik filtracji wg wzoru amerykańskiego (USBSC) [92] oraz określono wodoprzepuszczalność wytypowanych gruntów [92]. Badanie składu granulometrycznego metodą sitową oraz oznaczenie współczynnika filtracji wykonano dla 124 próbek gruntów, w tym dla:

- 7 próbek kategorii B, klasy jakości 3,
- 117 próbek kategorii B, klasy jakości 4.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów.

Oznaczenia granic konsystencji

Stan gruntu został oznaczony dla 171 próbek, w oparciu o wartości granic konsystencji gruntu: plastyczności (171 próbek gruntu) i płynności w_L (171 próbek gruntu). W oparciu o wartości granic plastyczności i płynności obliczono stopień plastyczności (I_L) oraz wskaźnik plastyczności (I_P). Dokonano również klasyfikacji wskaźnika konsystencji zgodnie z normą PN-EN ISO 14688-2:2018-05 [45].

Oznaczenie granicy plastyczności (w_P) wykonano metodą wagową zgodnie z normą PN-EN ISO-17892-12:2018-08 [53]. Badanie przeprowadzono dla 171 próbek gruntów, w tym dla:

- 44 próbek kategorii A, klasy jakości 1;
- 1 próbki kategorii A, klasy jakości 2;
- 114 próbek kategorii B, klasy jakości 3;
- 12 próbki kategorii B, klasy jakości 4.

Oznaczenie granicy płynności (w_L) wykonano penetrometrem stożkowym zgodnie z normą PN-EN ISO-17892-12:2018-08 [53]. W badaniach wykorzystano metodę czteropunktową lub metodę jednopunktową. W metodzie jednopunktowej do obliczeń wartości granicy płynności zastosowano wzór Lereoueil'a i Le Bihana [82]:

$$W_{LC} = \frac{40(w-15)}{P_{30}+20}+15$$

gdzie :

$$W_{LC} - granica\ płynnosci\ [\%];$$

$P_{30} - zagłębienie\ stożka$ (80g/30°) $[mm]$;

w- wilgotność pasty gruntowej przy danym zagłębieniu [%].

Badanie granicy płynności metodą czteropunktową przeprowadzono dla 94 próbek gruntów, w tym dla:

- 43 próbek kategorii A, klasy jakości 1‘
- 1 próbki kategorii A, klasy jakości 2‘
- 43 próbek kategorii B, klasy jakości 3‘
- 7 próbek kategorii B klasy jakości 4.

Badanie metodą jednopunktową przeprowadzono dla 77 próbek gruntów, w tym dla:

- 1 próbki kategorii A, klasy jakości 1;
- 71 próbek kategorii B, klasy jakości 3;
- próbek kategorii B, klasy jakości 4.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów.

Grunty, dla których niemożliwe było przeprowadzenie badania granicy płynności, charakteryzujące się upłynnianiem oznaczono w kolumnie „Uwagi” jako upłynniające się.

Oznaczenie zawartości części organicznych metodą strat masy przy prażeniu

Zawartość części organicznych oznaczono zgodnie z normą PN-B-04481:1988 p. 4.4.4.2. [42] metodą strat masy przy prażeniu. Badanie wykonano dla 65 próbek gruntów organicznych i gruntów mineralnych zawierających substancje organiczne, w tym dla:

- próbek kategorii A, klasy jakości 1;
- 52 próbek kategorii B, klasy jakości 3;
- próbek kategorii B, klasy jakości 4.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów.

Oznaczenia gęstości objętościowej

Badania gęstości objętościowej wykonano metodą wagowo-objętościową, bezpośrednią (za pomocą pierścienia), zgodnie z normą PN-EN ISO 17892-2:2015-02 [47]. Wykonano je jako badania pomocnicze podczas oznaczania parametrów ściśliwości. Badania przeprowadzono na 62 próbkach, w tym:

- 61 próbkach gruntów kategorii A, klasy jakości 1;
- 1 próbce kategorii A klasy jakości 2.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów.

Oznaczenia gęstości właściwej szkieletu gruntowego

Wartości gęstości właściwej szkieletu gruntowego wytypowanych gruntów oszacowano na podstawie literatury (E. Myślińska, 2016) [90]. Oszacowane wartości wykorzystano w badaniach składu granulometrycznego metodą areometryczną oraz modułu ściśliwości pierwotnej i wtórnej metodą edometryczną. Wartości oszacowano dla 206 próbek gruntów.

Oszacowane wartości przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych odkształceniowych

Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych w aparacie trójosiowego ściskania

Badanie oznaczenia wytrzymałości na ścinanie (c_u) metodą bez konsolidacji i bez odpływu (UU) w aparacie trójosiowego ściskania wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 17892-8:2018-05 [50]. Badanie przeprowadzono na 41 próbkach gruntów kategorii A, klasy jakości 1 i 1 próbce kategorii A, klasy jakości 2.

Badanie oznaczenia spójności (c') oraz kąta tarcia wewnętrznego (φ') w aparacie trójosiowego ściskania metodą z konsolidacją i bez odpływu (CIU) wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 17892-9:2018-05 [51]. Badanie przeprowadzono na 17 próbkach kategorii A, klasy jakości 1.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych wytrzymałościowych.

Oznaczenia modułów ściśliwości

Oznaczenie parametrów ściśliwości wykonano metodą edometryczną zgodnie z normą PN-EN ISO 17892-5:2017-06 [49]. Sekwencja naprężeń wynosiła 0-25, 25-50, 50-100, 100-200, 200-100, 100-200, 200-400 [kPa]. Na podstawie badania określono moduły ściśliwości pierwotnej i wtórnej [MPa] oraz wykreślono krzywe ściśliwości pierwotnej i wtórnej. Badanie przeprowadzono na 37 próbkach gruntu kategorii A klasy jakości 1 oraz 1 próbce kategorii A, klasy jakości 2.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych odkształceniowych.

Oznaczenie współczynnika filtracji

Oznaczenie współczynnika filtracji wykonano w permeametrze o elastycznych ściankach metodą stałego spadku hydraulicznego zgodnie z normą PN-EN ISO 17892-11:2019-05 [52]. Badanie przeprowadzono na 2 próbkach gruntu kategorii A klasy jakości 1.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli załącznika: Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów.

5 ATLAS GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI

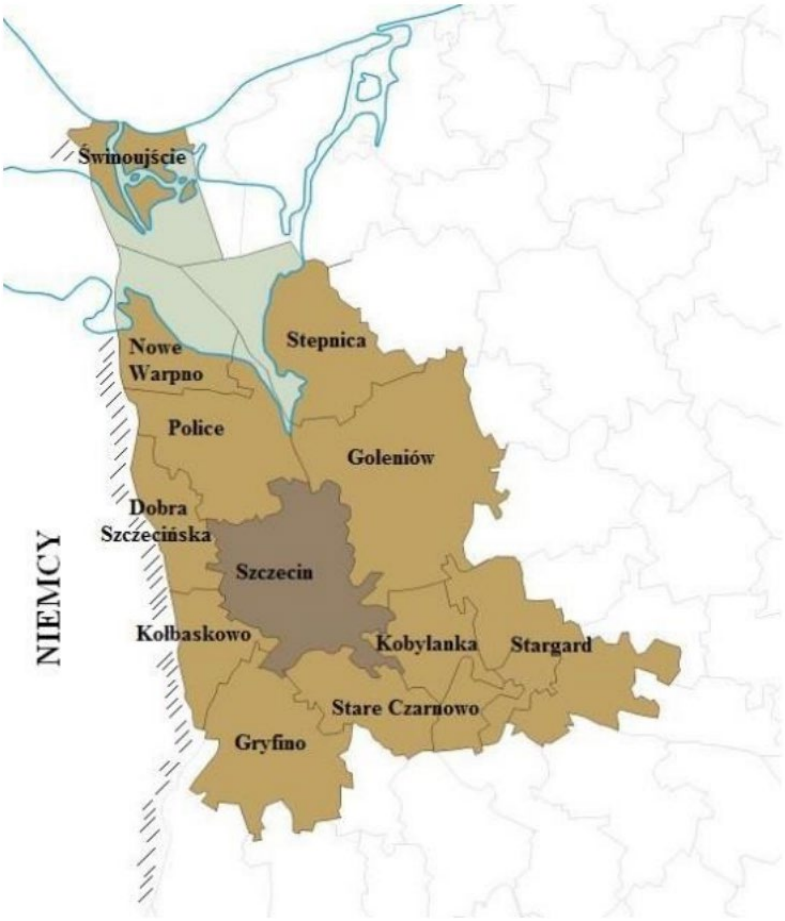
5.1 LOKALIZACJA

Teren badań położony jest w całości w województwie zachodniopomorskim, w obrębie miasta na prawach powiatu Szczecin i wybranych części powiatów: polickiego, goleniowskiego i gryfińskiego. Obejmuje obszar o powierzchni 648,4 km^2, który zaznaczono na mapie lokalizacyjnej na podkładzie mapy topograficznej z zaznaczonymi granicami gmin w skali 1:100 000.

Granice Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina zostały uzgodnione z przedstawicielami samorządów terytorialnych i obejmują fragment Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego, który jednocześnie jest tożsamy z obszarem aglomeracji szczecińskiej. Teren badań obejmuje w całości miasto Szczecin (ok. 246,5 km^2), gminę Kołbaskowo (ok. 105,5 km^2) oraz wybrane fragmenty gmin:

- południową i centralną część gminy Dobra (Szczecińska) (ok. 72,9 km^2) z wyłączeniem miejscowości Łęgi, Rędziny oraz północnych części miejscowości Buk i Grzepnica;
- południowo-zachodni fragment gminy Goleniów (ok. 121,9 km^2) do miejscowości: Święta od północnego-zachodu, miasta Goleniów od północnego-wschodu, drogi S3 od wschodu;
- południową część gminy Police (ok. 99 km^2), ograniczoną do miejscowości Jasienica, Tatynia i Tanowo na północy;
- z gminy Gryfino (ok. 2,6 km^2) na obszarze Atlasu znajduje się jedynie najbardziej wysunięta na północ część Parku Krajobrazowego Dolina Dolnej Odry.

Do Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego zaliczają się gminy: Dobra (Szczecińska), Goleniów, Gryfino, Kobylanka, Kołbaskowo, Nowe Warpno, Stepnica, Police, Stare Czarnowo, Stargard Szczeciński, a także miasto Stargard Szczeciński i miasto Świnoujście. Jego ośrodkiem centralnym jest miasto Szczecin (Rysunek 4).



Rysunek 4 Szczeciński Obszar Metropolitalny
na tle podziału administracyjnego województwa zachodniopomorskiego [20]

Szczeciński Obszar Metropolitalny został ustalony w Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju [3] oraz uwzględniony w opracowaniach dotyczących planowania rozwoju województwa zachodniopomorskiego m.in. w Strategii Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych SOM [20] i Planie

zagospodarowania przestrzennego województwa zachodniopomorskiego [22]. Dla obszaru metropolitalnego, samorząd województwa ma obowiązek uchwalania planu zagospodarowania przestrzennego jako części planu zagospodarowania województwa zgodnie z art. 39 ust. 6 Ustawy z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [24].

Atlas geologiczno-inżynierski Szczecina może stanowić podstawę aktualizacji studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz planu zagospodarowania przestrzennego województwa zachodniopomorskiego, Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego, miasta Szczecin i gmin Dobra (Szczecińska), Goleniów, Kołbaskowo, Police i Gryfino.

5.2 ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENNE

Największymi miastami na analizowanym obszarze są miasto Szczecin (398,3 tys. mieszkańców) oraz Police (32,2 tys. mieszkańców). Teren gminy Kołbaskowo zamieszkuje 13,8 tys. ludzi. Liczba mieszkańców w granicach gmin Dobra (Szczecińska), Goleniów oraz Police (tzn. na obszarze większym niż przewiduje Atlas geologiczno-inżynierski) to odpowiednio: 25,1 tys., 14,2 tys. i 8,9 tys. mieszkańców. Powyższe dane zostały zestawione z Rocznika Demograficznego 2021 przygotowanego przez GUS [100].

Część wschodnia i południowo-wschodnia obszaru Atlasu przy drodze ekspresowej S3 i autostradzie A6 (Puszcza Goleniowska) oraz część północna, na zachód od Jeziora Dąbie (Puszcza Wkrzańska) jest silnie zalesiona. Lesistość gminy Kołbaskowo i miasta na prawach powiatu Szczecin, a więc terenów całkowicie leżących na obszarze opracowania, wynoszą odpowiednio 6,4% i 17%. Udział lasów w powierzchni gminy Dobra to 21,9%, z czego najbardziej zalesiona jest część (około 1/3) leżąca poza obszarem Atlasu. W przypadku gminy miejsko-wiejskiej Police lesistość jest znacznie wyższa i wynosi 48,3%, lecz przeważająca część lasów leży na północ od granic Atlasu. Lesistość gminy Goleniów sięga 48,2%, z czego jedynie 27,5% leży w obrębie powierzchni objętej opracowaniem (dane GUS 2021) [127].

Zwarta i intensywna zabudowa mieszkalno-produkcyjna koncentruje się głównie na terenie miasta Szczecin, w niektórych miejscowościach okalających (m.in. Mierzyn) oraz na obszarze miejskim gminy Police. Obszar gmin Kołbaskowo i Dobra (Szczecińska) ma charakter rolniczo-osadniczy, a obszar wiejski gminy Police i osiedle Głębokie-Pilchowo (część Szczecina) są silnie zalesione (teren Puszczy Wkrzańskiej). Obszar Atlasu położony na wschód od jeziora Dąbie, poza dzielnicami Szczecina, jest znacznie słabiej zaludniony i zurbanizowany. Przeważają tu tereny rolniczo-osadnicze położone na równinach torfowych i rzeczno-rozlewiskowych oraz obszary leśne wzdłuż drogi ekspresowej S3 i w północno-wschodniej części Atlasu (Puszcza Goleniowska).

Wysoka intensywność produkcji przemysłowej w przeliczeniu na jednego mieszkańca wyraźnie zaznacza się w Szczecinie, a także w gminach Police i Goleniów, co związane jest z przemysłem miejskim oraz funkcjonowaniem stref przemysłowych: Grupa Azoty Zakłady Chemiczne Police S.A. oraz Goleniowskiego Parku Przemysłowego.

5.3 FORMY OCHRONY PRZYRODY

Na rozpatrywanym obszarze Atlasu Szczecina znajduje się szereg form ochrony przyrody, które w całości, bądź częściowo występują na obszarze objętym badaniami. Zajmują w jego obrębie 28 099,84 ha, co stanowi 43,33% całego obszaru Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Do formy tych należą (Tabela 3):

1. obszary Natura 2000 (OSO):
    a. PLB320003 - Dolina Dolnej Odry (od miejscowości Kamieniska do miejscowości Pargowo [5];

b. PLB320012 - Puszcza Goleniowska (część południowa – od miejscowości Święta do miejscowości Modrzewie) [6];

c. PLB320006 – Jezioro Świdwie (część południowa do miejscowości Buk do miejscowości Sławoszewo)[6];

d. PLB320009 – Zalew Szczeciński (część południowa na odcinku Police-Jasienica)[6];

e. PLB320014 – Ostoja Wkrzańska (niewielki, południowy fragment na obszarze miejscowości Witorza)[6];

2. obszary Natura 2000 (SOO):
   a. PLH320020 – Wzgórza Bukowe (część północna) [1];
   b. PLH320037 – Dolna Odra (od wsi Pargowo do Wyspy Bryniecki Ostrów oraz Wyspy: Radolin, Czarnołęka (Dębinka) i Dębina) [2];
   c. PLH320018 – Ujście Odry i Zalew Szczeciński (część południowa na odcinku Police-Jasienica) [1];
   d. PLH320015 – Police – kanały [1];
3. Park Krajobrazowy Dolina Dolnej Odry (część północna)[14] oraz Szczeciński Park Krajobrazowy Puszcza Bukowa (część północna)[14];
4. Rezerwaty Przyrody: Kanał Kwiatowy [26][16], Kurowskie Błota [34][17], Wzgórze Widokowe nad Międzyodrzem [30][12], Zdroje [27][29] i północna część Bukowych Zdrojów im. Profesora Tadeusza Dominika (w miejscowości Klęskowo) [35][36];
5. Zespoły Przyrodniczo-Krajobrazowe: Zaleskie Łęgi [11], Dębina [13], Wodozbiór [38], Zespół Parków Kasprowicza-Arkoński [39], Dolina Siedmiu Młynów i źródła strumienia Osówka[38], Jezierzyce [38] i Park Leśny w Strudze [38].

Część z wyżej wymienionych obszarów posiada zatwierdzony plan zadań ochronnych lub plan ochrony. Są to wszystkie rezerwaty przyrody, Szczeciński Park Krajobrazowy Puszcza Bukowa [15], Obszary Natura 2000 (SOO): Wzgórza Bukowe [33] oraz Dolna Odra [28], Obszar Natura 2000 (OSO): Dolina Dolnej Odry [32], Puszcza Goleniowska [37] i Jezioro Świdwie [31].

Ponadto na terenie objętym badaniami znajdują się użytki ekologiczne oraz pomniki przyrody. Zlokalizowane są głównie w granicach miasta Szczecin. Ich celem jest ochrona naturalnego ukształtowania terenu, cieków wodnych i szaty roślinnej.

Lokalizację obszarów chronionych przedstawiono na Mapie zagospodarowania powierzchni i obszarów chronionych z elementami antropopresji w skali 1:10 000.

Tabela 3 Zestawienie form ochrony przyrody na terenie Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina

L.p.	Nazwa	Gmina	Powierzchnia na obszarze Atlasu [ha]
Obszary Natura 200 (OSO)			
1.	Dolina Dolnej odry	Goleniów, Gryfino, Kołbaskowo, Szczecin	13 725,74
2.	Puszcza Goleniowska	Goleniów	1 855,93
3.	Jezioro Świdwie	Dobra (Szczecińska), Police	689,93
4.	Zalew Szczeciński	Police	557,44
5.	Ostoja Wkrzańska	Police	5,06
Obszary Natura 200 (SOO)			
6.	Wzgórza Bukowe	Szczecin	2 115,19
7.	Dolna Odry	Gryfino, Kołbaskowo, Szczecin	5 090,87
8.	Ujście Odry i Zalew Szczeciński	Police, Szczecin	892,25
9.	Police - kanały	Police	100,25
Parki Krajobrazowe			
10.	Dolina Dolnej Odry	Kołbaskowo, Gryfino	1 479,68
11.	Szczeciński Park Krajobrazowy Puszcza Bukowa	Szczecin	406,69
Rezerwaty przyrody			
12.	Kanał Kwiatowy	Kołbaskowo	3,51
13.	Kurowskie Błota	Kołbaskowo	95,6

L.p.	Nazwa	Gmina	Powierzchnia na obszarze Atlasu [ha]
14.	Wzgórze Widokowe nad Międzyodrzem	Kołbaskowo	4,43
15.	Zdroje	Szczecin	2,12
16.	Bukowe Zdroje im. Prof. Tadeusza Dominika	Szczecin	2,57
Zespoły przyrodniczo-Krajobrazowe			
17.	Zaleskie Łęgi	Szczecin	71,59
18.	Dębina	Szczecin	539,2
19.	Wodozbiór	Szczecin	64,45
20.	Zespół Parków Kasprowicza - Arkoński	Szczecin	91,44
21.	Dolina Siedmiu Młynów i źródła strumienia Osówka	Szczecin	79,98
22.	Jezierzyce	Szczecin	106,56
23.	Park Leśny w Strudze	Szczecin	12,59

5.4 REGIONALNY MODEL GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI

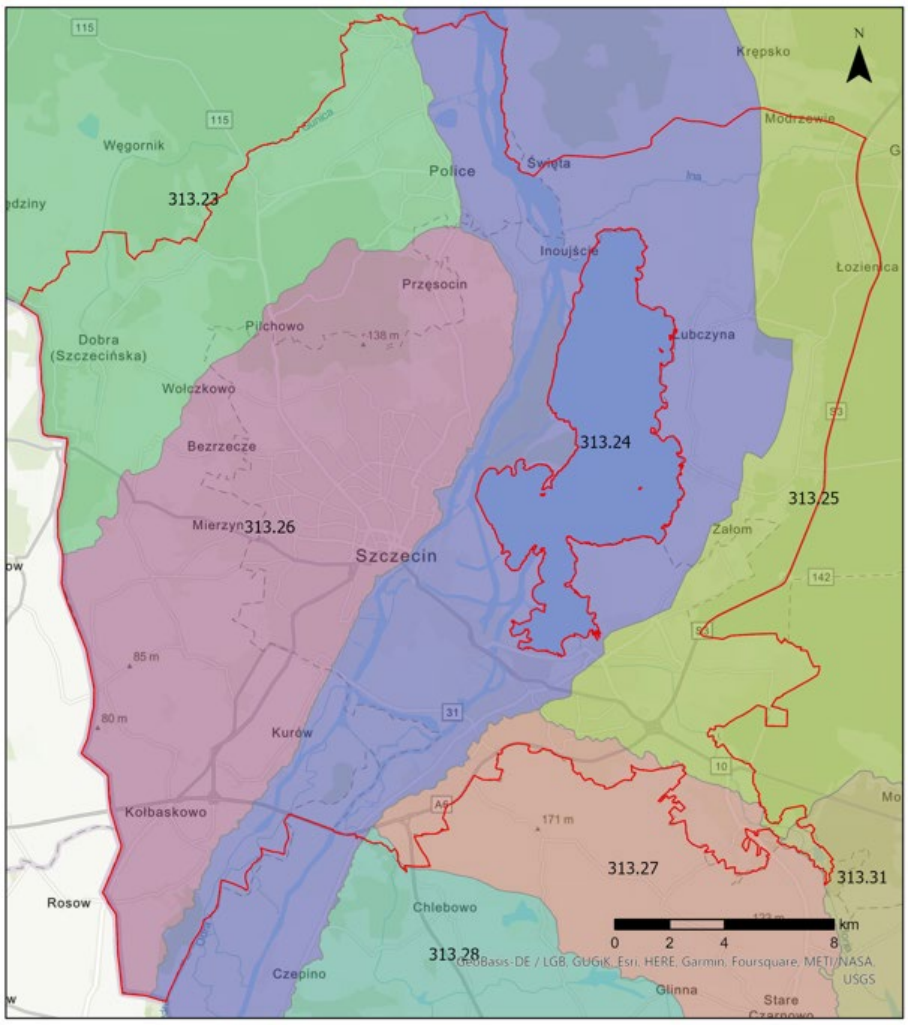
Pod pojęciem modelu geologiczno-inżynierskiego należy rozumieć przybliżony obraz warunków geologicznych stworzony na potrzeby rozwiązania konkretnego problemu. W zależności od dokładności prezentowanego obrazu wyróżnia się 3 typy modeli geologiczno-inżynierskich: model konceptualny, model obserwacyjny i model analityczny. Modele różnią się ilością danych wejściowych, dokładnością interpretacji i stopniem niepewności.

Do opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego wykorzystuje się model konceptualny, który przedstawia ogólny zarys warunków geologiczno-inżynierskich. Opracowuje się go na podstawie danych archiwalnych. Model może być uzupełniony wynikami badań terenowych i laboratoryjnych w miejscach, gdzie nie występuje wystarczająca liczba danych archiwalnych. Cechuje go stosunkowo wysoki stopień niepewności. Model taki dostarcza podstawowych informacji na temat serii geologiczno-inżynierskich (stratygrafii, genezy i litologii), ich wzajemnego położenia oraz możliwości wystąpienia zagrożeń naturalnych i antropogenicznych w podłożu.

5.4.1 WARUNKI GEOMORFOLOGICZNE I HYDROGRAFICZNE

Obszar Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecin, według zmodyfikowanego podziału fizyczno-geograficznego Polski J. Solona et al. (2018) [111], położony jest w obrębie megaregionu Pozaalpejskiej Europy Środkowej, prowincji Niżu Środkowoeuropejskiego, podprowincji Pobrzeża Południowobałtyckiego, makroregionu Pobrzeża Szczecińskiego oraz szeregu mezoregionów (Rysunek 5):

- Równina Wkrzańska (Równina Policka) (313.23);
- Dolina Dolnej Odry (313.24);
- Równina Goleniowska (313.25);
- Wzniesienia Szczecińskie (313.26);
- Wzgórza Bukowe (313.27);
- Równina Wełtyńska (313.28);
- Równina Pyrzycka (313.31).



Rysunek 5 Obszar Atlasu Szczecina na tle podziału regionalnego Polski (Solon et al., 2018) 72 [111]

Obszar Pobrzeża Szczecińskiego na terenie Atlasu Szczecina posiada zróżnicowaną rzeźbę terenu ukształtowaną podczas ostatniego zlodowacenia oraz poprzez holoceńskie procesy akumulacji rzecznej, organicznej i eolicznej. Zróżnicowanie wysokościowe w obrębie omawianego obszaru jest duże. Waha się od 0,1 do 0,5 m n.p.m. w obszarze Międzyodrza (lokalnie występują niewielkie obniżenia depresyjne rzędu 0,1 m p.p.m.), poprzez rozległe równiny rzeczno-rozlewiskowe tarasu niskiego i średniego o wysokościach od kilku do 20 m n.p.m., do wysoczyzn i wzgórz morenowych o wysokościach od 5 do powyżej 100 m n.p.m. Najwyższym wzniesieniem na obszarze Atlasu jest Wielecka Góra należąca do Wzgórz Warszewskich o wysokości 130,9 m n.p.m.

Na zachodzie oraz południu znajdują się wysoczyzny polodowcowe (głównie wysoczyzny młodoglacjalne płaskie i faliste oraz wzgórza morenowe – na zachodzie Wzgórza Warszewskie, a na południu Wzgórza Bukowe). Deniwelacje w ich obrębie często przekraczają 50 m, a spadki terenu przekraczają 20°. W ich obrębie występują takie formy genetyczne jak moreny czołowe, kemy i tarasy kemowe, ozy, rynny polodowcowe, równiny wodnolodowcowe, dolinki denudacyjne, zagłębienia po martwym lodzie, niecki i doliny erozyjno-denudacyjne, stożki napływowe, krawędzie oraz długie stoki. Wzgórza poprzecinane są starymi, V-kształtnymi dolinami rzecznymi. Doliny występują w rejonie miejscowości Dobra (Szczecińska), Pilchowo, Wołczkowo w kierunku Szczecina. Na tym obszarze widoczne są tarasy zalewowe, wydmy i równiny piasków przewianych, równiny sandrowe, wodnolodowcowe, torfowe, zastoiskowe i jeziorne. Wzgórza Warszewskie zajmują północną część Szczecina i południową część Polic. Wzgórza Bukowe znajdują się w południowej części Atlasu. Wzgórza morenowe sąsiadują bezpośrednio z doliną Odry i tworzą strome stoki, które są predysponowane do ruchów masowych.

Od wschodu Wzgórza Warszewskie graniczą z doliną rzeczną. Jest to jednostka znajdująca się w centralnej części Atlasu Szczecin. Przeważającą formą genetyczną na tym obszarze są równiny torfowe. Miejscami, w okolicach Przęsocina, na granicy wysoczyzny i doliny, zaobserwowano osuwiska.

Dalej na wschód dolina rzeczna przechodzi w tarasy i równiny rzeczno-rozlewiskowe oraz wodnolodowcowe. W ich obrębie widoczne są zagłębienia polodowcowe, wydmy i równiny piasków przewianych. W południowo-wschodniej części terenu, w dolinie rzeki Płoni, występują także tarasy zalewowe, równiny torfowe, ostańce i zagłębienia deflacyjne.

Wydmy występujące zarówno na równinie rzeczno-rozlewiskowej, równinach torfowych oraz na wysoczyznach morenowych posiadają zróżnicowane kształty. Ich wysokości względne dochodzą do 10 m n.p.m.

Wytopiska po martwym lodzie, które znajdują się na wysoczyznach i równinach rzeczno-rozlewiskowych zazwyczaj są zarośnięte i wypełnione gruntami organicznymi (torfami i namułami).

Jeziora rynnowe są rzadkie (np. Jezioro Głębokie), podobnie jak sztuczne zbiorniki wodne (np. Jezioro Szmaragdowe zlokalizowane w starym wyrobisku kredowego porwaka marglowego).

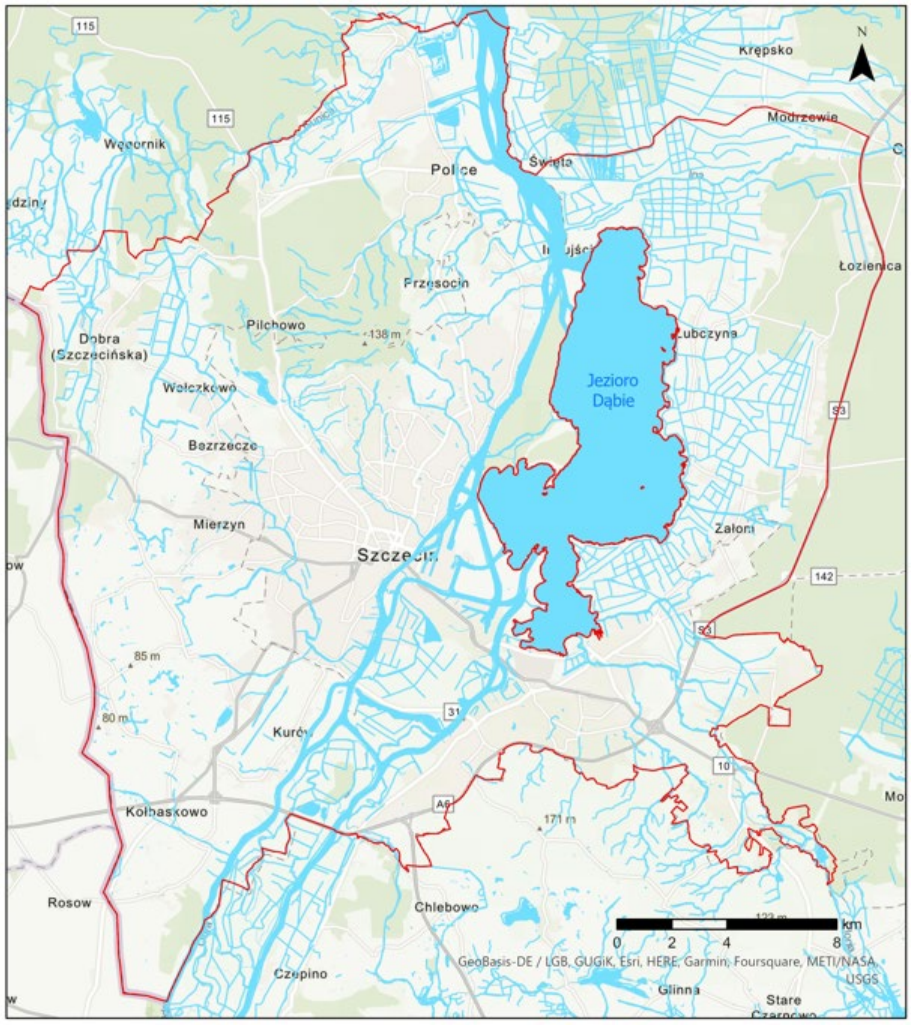
Ponadto na obszarze Atlasu zaznaczają się nasypy. Przeważają w rejonie miasta Szczecin – w dolinie rzecznej oraz na wysoczyźnie. W północnej części terenu, w okolicach Polic i Leśna Górnego zlokalizowane są składowiska oraz wysypiska odpadów komunalnych.

Formy geomorfologiczne przedstawiono na mapie geomorfologicznej w skali 1:50 000.

Obszar Atlasu Szczecina posiada bardzo złożony system hydrograficzny (Rysunek 6). Jego najważniejszymi elementami są Jezioro Dąbie oraz rzeka Odra. Na obszarze opracowania Odra posiada dwa ramiona: Regalicę (Odra Wschodnia) i Odrę Zachodnią, które uchodzą do jeziora typu deltowego – Dąbie (Rysunek 6). Dolina Dolnej Odry w obrębie aglomeracji Szczecina stanowi przeszło 40% powierzchni.

W ujęciu hydrograficznym, teren badań objęty opracowaniem położony jest w obszarze zlewni i dorzecza Odry, regionie Dolnej Odry i Przymorza Zachodniego. Centralną, wschodnią i południowo-wschodnią część zajmuje zlewnia III rzędu: Odra od Odry Zachodniej do Iny, dział wodny na zachodzie przebiega przez Głębokie, Bezrzecze, Skarbimierzyce, Stobno, Barnisław. Północna i zachodnia część Atlasu Szczecina położona jest w granicach zlewni III rzędu Odry od Iny do ujścia roztoki Odrzańskiej obejmując: Dobrą, Pilchowo i Police. Południowo-zachodni rejon Atlasu znajduje się w zlewniach III rzędu o mniejszych zasięgach. Są to zlewnie: Odra Zachodnia, Odra (Skośnica) od oddzielenia się Regalicy w Kluczach do Odry Zachodniej oraz Odra od oddzielenia się Odry Zachodniej w Widuchowej do oddzielenia się Regalicy w Kluczach.

Na omawianym terenie znajdują się obszary zagrożone podtopieniami według mapy obszarów zagrożonych podtopieniami w Polsce w skali 1:50 000 [91] oraz obszary o prawdopodobieństwie wystąpienia powodzi 10% raz na 100 lat, 1% raz na 100 lat i 0,2% raz na 500 lat (ISOK [129]). Oba obszary, w znacznej mierze, pokrywają się i występują głównie na terenie mezoregionu Dolina Dolnej Odry tj. wzdłuż biegu rzeki Odry i w okolicach Jeziora Dąbie oraz wzdłuż dopływów: Iny, Omulnej i Płoni i na obszarze równin rzeczno-rozlewiskowych.



Rysunek 6 Obraz sieci hydrograficznej

5.4.2 WARUNKI GEOLOGICZNE. SERIE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE

Charakterystykę warunków geologicznych i serii geologiczno-inżynierskich oparto na analizie Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI), map serii geologiczno-inżynierskich na różnych głębokościach oraz przekrojów geologiczno-inżynierskich. Ponadto zebrane dane odniesiono do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami (arkusze: Tanowo – 189 [58], [57], Police – 190 [93], [94], Goleniów – 191 [98], [97] , Dołuje – 227 [95], [96], Szczecin – 228 [63], [62], Wielgowo – 229 [101], [102], Gryfino – 265 [77], [75], Żelisławiec – 266 [78], [76], Stare Czarnowo – 267 [103], [104]) oraz innych opracowań archiwalnych.

Obszar Atlasu Szczecina pod względem tektonicznym położony jest w obrębie piętra mezozoicznego niecki szczecińskiej [59]. Granicę między niecką szczecińską a wałem pomorskim w północno-wschodniej granicy obszaru wyznacza strefa dyslokacyjna Świnoujście-Drawsko.

Od południowego zachodu nieckę szczecińską od bloku Gorzowa oddziela strefa dyslokacyjna Pyrzyce – Krzyż [81]. Najstarsze osady nawiercone na terenie Atlasu to utwory kredowe. Należą do serii kredowych skał miękkich (CrSm) i kredowych skał twardych (CrSt). Kredowe skały miękkie zostały nawiercone 4 otworami archiwalnymi (I18-003-0240, I18-014-0208, I18-008-0433, I18-015-0795), w których rozpoznano je jako margle z przewarstwieniami piasków średnich, o łącznej miąższości od 3 do 18 m. Strop tych utworów zalega na głębokości od 72 do 96 m p.p.t. Kredowe skały twarde zostały rozpoznane na głębokości 122 m p.p.t., w otworze I18-003-1374, który zlokalizowany jest

w Szczecinie, na północ od ul. Alfreda Sokołowskiego. W otworze udokumentowano warstwę jasnoszarego piaskowca o miąższości 28 m.

Powierzchnię podczwartorzędową budują osady paleogenu i neogenu. W rejonie antykliny Szczecina i Gryfina występują tzw. okna denudacyjne. Z ich obecnością związany jest brak osadów neogenu i paleogenu. Przykładem jest obszar Międzyodrza. W związku z powyższym, miąższość osadów neogenu i paleogenu w obrębie Szczecina jest zróżnicowana i tam gdzie osady te występują wynosi ona od 1,2 m do 250 m.

Paleogen reprezentują osady eocenu oraz oligocenu. Eocen na obszarze Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina został nawiercony w jednym otworze (I18-008-0317) w Policach, na południe od Zakładów Chemicznych Police. Spoiste grunty eoceńskie wykształcone są w postaci pyłu piaszczystego na pograniczu pyłu węglowego o miąższości 27 m i zostały nawiercone na głębokości 135 m p.p.t. Głębiej zalegają niespoiste utwory eocenu, które litologicznie wykształcone są jako piaski drobne oraz piaski pylaste o łącznej miąższości 21 m.

Miąższość osadów oligocenu, na terenie niecki szczecińskiej, określana jest na 250 m [89]. Osady oligoceńskie reprezentowane są przez oligocen dolny wykształcony w postaci iłów septariowych, mułowców szarozielonych oraz mułków z piaskami glaukonitowymi, iłami z pirytem i septariami oraz oligocen górny reprezentowany przez piaski kwarcowe. Najbardziej charakterystyczną cechą budowy geologicznej omawianego obszaru jest występowanie gruntów dolnego oligocenu na powierzchni, w postaci porwaków i fragmentów łusek glacitektonicznych np. w rejonie Przęsocina. W obrębie iłów nawiercono również oligoceńskie piaski kwarcowo-skaleniowe o miąższości od 1 do ok. 10 m p.p.t. Zalegają na głębokości od 48 do 87,5 m p.p.t. Jedynie w otworze I18-008-0368 strop niespoistych osadów oligoceńskich zalega na głębokości 18,1 m p.p.t.

Miocen wykształcony jest w postaci pyłów, iłów i glin pylastych, niekiedy przewarstwionych niewielkimi pokładami węgla brunatnego, a także w postaci zagęszczonych i bardzo zagęszczonych piasków o różnej granulacji. Osady oligocenu występują nieregularnie w podłożu podczwartorzędowym. Osiągają miąższość od kilku do 30 m i występują na głębokości od ok. 5 m p.p.t. w pobliżu Stawu Klasztornego w Szczecinie do 121,7 m p.p.t. w rejonie Wąskiego Nurtu w Policach.

Miąższość osadów czwartorzędowych na analizowanym obszarze jest zmienna i uzależniona od tektoniki oraz procesów erozyjnych. Najpłycej spąg osadów czwartorzędu rozpoznano w obszarze dzielnicy Płonia-Śmierdnica w Szczecinie oraz okolicy miejscowości Rosówka w gminie Kołbaskowo. Czwartorzęd na tych obszarach osiąga najmniejsze miąższości i wynoszą one od 5 do 30 m grubości. Największe miąższości osady czwartorzędu osiągają w obszarze Wzgórz Warszewskich i mogą dochodzić do 250 m. Profil osadów czwartorzędowych może być poprzerywany starszymi osadami w postaci porwaków. W dolinie Odry czwartorzęd osiąga miąższości od 30 m na Międzyodrzu do 120 m w okolicy Polic.

Na omawianym obszarze Atlasu, w profilu osadów plejstocenu, wydziela się przede wszystkim osady lodowcowe, wodnolodowcowe, zastoiskowe i rzeczne zlodowaceń: południowopolskiego, środkowopolskiego oraz północnopolskiego oraz dwóch okresów interglacjalnych: mazowieckiego (wielkiego) i eemskiego. Lokalnie pojawiają się osady najstarszego zlodowacenia Narwi oraz interglacjału Lubelskiego. Pokłady glin przedzielone są pakietami osadów wodnolodowcowych o miąższości do 30m w okolicy Pargowa i zastoiskowych o miąższości do 30m w dolinie Odry.

Największy wpływ na budowę geologiczną czwartorzędu w obrębie granic opracowania miał lądolód środkowopolski. Podczas tego zlodowacenia zostały uformowane rozległe struktury zbudowane z glin zwałowych z udziałem porwaków osadów starszych (przede wszystkim oligoceńskich), które zostały sfałdowane i wyniesione ku powierzchni terenu, co można obserwować m.in. w budowie Wzgórz Szczecińskich na zachodnich obszarach omawianego terenu [89]. We wschodniej część obszaru Atlasu, w trakcie ustępowania lądolodu w późnym glacjale, utworzyła się obszerna równina piasków rzeczno-rozlewiskowych.

W granicach Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina występują osady związane z różnymi formami morfologicznymi: piaski oraz mułki kemów i tarasów kemowych (np. w rejonie dzielnicy Świerczewo w Szczecinie, Stobna, Barnisławia), piaski eoliczne (rozpoznane we wschodniej części Atlasu oraz w rejonach Bartoszewa, Siedlic, Pilchowa czy Tanowa).

Najmłodsze osady występujące na terenie Atlasu Szczecina to osady holoceńskie. Występują na obszarach dolin rzecznych, cieków wodnych oraz zagłębień bezodpływowych. Są wykształcone głównie jako torfy, namuły, mułki oraz piaski i żwiry. Miąższość osadów holocenu dochodzi do 20 m. Szczególną uwagę należy zwrócić na rozległe równiny torfowe w Dolinie Dolnej Odry, która jest największym w Europie Środkowej kompleksem fluwiogenicznych torfowisk Międzyodrza [64].

Analiza bazy danych (przekroje, mapy serii geologiczno-inżynierskich na różnych głębokościach), potwierdza przedstawioną w materiałach archiwalnych budowę geologiczną analizowanego obszaru. Przekroje wykonane na potrzeby Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina ukazują wyraźną regionalizację budowy geologicznej. Obszar na zachód od doliny Odry zbudowany jest głównie z utworów lodowcowych i wodnolodowcowych. W rejonie równin sandrowych i tarasów kemowych, na północnym-zachodzie Atlasu, zalegają miąższe pakiety osadów piaszczystych o zróżnicowanym stopniu zagęszczenia. W wyniku procesów eolicznych część z tych utworów została redeponowana, co doprowadziło do powstania pól piasków przewianych i wydm. W centralnej części analizowanego obszaru dominują utwory lodowcowe wysoczyzn i moren czołowych. Zostały rozpoznane wieloma otworami archiwalnymi, które potwierdziły występowanie w ich obrębie porwaków starszego podłoża, zbudowanych głównie z iłów oligoceńskich. Gliny zwałowe, które zalegają na badanym obszarze, tworzą poziomy oddzielone od siebie niespoistymi utworami wodnolodowcowymi, lodowcowymi lub osadami zastoiskowymi. Duża miąższość wyżej wymienionych otworów w obrębie wysoczyzn i moren została zredukowana w rejonie doliny Odry. W plejstocenie oraz holocenie dochodziło tu do sedymentacji utworów piaszczystych oraz powstania gruntów organicznych tj. torfów i namułów, które utworzyły rozległe równiny torfowe. Na wschód od doliny Odry znajduje się obszar piaszczystych równin i tarasów wodnolodowcowych, w obrębie których rozwijały się procesy wydmotwórcze.

Na podstawie przekrojów i map serii geologiczno-inżynierskich, można wyróżnić 5 uogólnionych regionów:

- rejon doliny Odry zbudowany z gruntów rzecznych;
- rejon rozlewiskowy z gruntami organicznymi;
- rejon wzgórz Warszewskich z płytkim występowaniem utworów oligocenu;
- rejon wysoczyznowy;
- rejon równin sandrowych.

Na obszarze Atlasu Szczecina na Mapie geomorfologicznej wydzielono następujące formy geomorfologiczne:

- Formy pochodzenia antropogenicznego;
- Formy pochodzenia denudacyjnego;
- Formy pochodzenia eolicznego;
- Formy pochodzenia lodowcowego;
- Formy pochodzenia rzecznego;
- Formy pochodzenia wodno-lodowcowego;
- Formy utworzone przez roślinność.

5.4.2.1 SERIE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE

Na podstawie zgromadzonych materiałów archiwalnych, w tym dokumentacji geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych, geologicznych złoża kopaliny, geotechnicznych, opracowań fizjograficznych, geologicznych, opracowany został regionalny model geologiczno-inżynierski. Posłużył on do scharakteryzowania serii geologiczno-inżynierskich występujących w granicach Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Jako główne kryterium podziału na serie przyjęto w pierwszej kolejności stratygrafię, czyli wydzielono warstwy gruntów i skał tego samego wieku. Kolejnym kryterium podziału była geneza – w obrębie warstw stratygraficznych wydzielono warstwy gruntów o podobnych warunkach i sposobie powstawania. Trzecim kryterium był rodzaj gruntu w podziale na grunty spoiste, niespoiste i organiczne. Niektóre serie, z uwagi na brak możliwości podziału na litologię lub stratygrafię, zostały połączone, tworząc tzw. serie nierozdzielone litologicznie lub genetycznie. Wyodrębniono także 2 serie specjalne – wodę powierzchniową oraz brak możliwości wiercenia.

Każda z serii została zaklasyfikowana do jednej z trzech grup kategorii przydatności gruntów/skał do posadawiania obiektów budowlanych. Kategoryzacji dokonano w oparciu o klasyfikację punktową zgodnie z tabelą (Tabela 7), omówioną w Rozdziale 5.4.6. Wydzielono 3 kategorie:

- małoprzydatne – zaliczono do nich grunty serii: QhAnN, QhHuOr, QhOr, QpOr, QCDSp, QCDNsp
- średnioprzydatne – zaliczono do nich grunty serii: QhJSp, QhRSp, QESp, QENsp, QpJSp, QpRSp, QpGSp, QpZSp, QpGPrw, M, MSp, OlSp, EoSp,
- przydatne – zaliczono do nich grunty serii: QhAnB, QhJNsp, QhRNsp, QpJNsp, QpRNsp, QpGNsp, QpZNsp, MNsp, OlNsp, OlSm, EoNsp, CrSm, CrSt.

Na obszarze Atlasu Szczecina, spośród ogólnej liczby 83 serii BDGI, stwierdzono występowanie 34 serii geologiczno-inżynierskich, opisujących i systematyzujących warunki geologiczno-inżynierskie omawianego terenu (Tabela 4). Układ serii geologiczno-inżynierskich na obszarze Atlasu Szczecin przedstawiono na przekrojach geologiczno-inżynierskich.

Tabela 4 Serie geologiczno-inżynierskie stwierdzone na obszarze Atlasu Szczecina [84]

Nr serii	Symbol serii	Nazwa serii	Przydatność gruntów/skał do posadawiania obiektów budowlanych
1	**QhAnB**	grunty antropogeniczne, nasypy budowlane	przydatne
2	**QhAnN**	grunty antropogeniczne, nasypy niebudowlane	małoprzydatne
3	**QhHuOr**	holoceńskie gleby	małoprzydatne
4	**QhOr**	holoceńskie grunty organiczne	małoprzydatne
5	**QhJSp**	holoceńskie grunty jeziorne, spoiste	średnioprzydatne
6	**QhJNsp**	holoceńskie grunty jeziorne, niespoiste	przydatne
7	**QhRSp**	holoceńskie grunty rzeczne, spoiste	średnioprzydatne
8	**QhRNsp**	holoceńskie grunty rzeczne, niespoiste	przydatne
16	**QCDSp**	czwartorzędowe grunty koluwialno-deluwialne, spoiste	małoprzydatne
17	**QCDNsp**	czwartorzędowe grunty koluwialno-deluwialne, niespoiste	małoprzydatne
20	**QESp**	czwartorzędowe grunty eoliczne, spoiste	średnioprzydatne
21	**QENsp**	czwartorzędowe grunty eoliczne, niespoiste	średnioprzydatne
22	**QpOr**	plejstoceńskie grunty organiczne	małoprzydatne
23	**QpJSp**	plejstoceńskie grunty jeziorne, spoiste	średnioprzydatne
24	**QpJNsp**	plejstoceńskie grunty jeziorne, niespoiste	przydatne
25	**QpRSp**	plejstoceńskie grunty rzeczne, spoiste	średnioprzydatne
26	**QpRNsp**	plejstoceńskie grunty rzeczne, niespoiste	przydatne
31	**QpGSp**	plejstoceńskie grunty morenowe, spoiste	średnioprzydatne
32	**QpGNsp**	plejstoceńskie grunty wodnolodowcowe i morenowe, niespoiste	przydatne
33	**QpZSp**	plejstoceńskie grunty zastoiskowe, spoiste	średnioprzydatne
34	**QpZNsp**	plejstoceńskie grunty zastoiskowe, niespoiste	przydatne
35	**QpGPrw**	plejstoceńskie porwaki starszego podłoża	średnioprzydatne
45	**M**	mioceńskie grunty i skały nierozdzielone	średnioprzydatne
46	**MSp**	mioceńskie grunty spoiste	średnioprzydatne
47	**MNsp**	mioceńskie grunty niespoiste	przydatne
52	**OlSp**	oligoceńskie grunty spoiste	średnioprzydatne

Nr serii	Symbol serii	Nazwa serii	Przydatność gruntów/skał do posadawiania obiektów budowlanych
53	**OlNsp**	oligoceńskie grunty niespoiste	przydatne
54	**OlSm**	oligoceńskie skały miękkie	przydatne
56	**EoSp**	eoceńskie grunty spoiste	średnioprzydatne
57	**EoNsp**	eoceńskie grunty niespoiste	przydatne
65	**CrSm**	kredowe skały miękkie	przydatne
66	**CrSt**	kredowe skały twarde	przydatne
81	**WP**	woda powierzchniowa	nieokreślone
82	**BW**	brak możliwości wiercenia	nieokreślone

Poniżej podano krótką charakterystykę wydzielonych serii na obszarze Atlasu Szczecina

Czwartorzęd - Holocen

Seria QhAnB (nr 1) – grunty antropogeniczne, nasypy budowlane

Nasypy budowlane występują powszechnie na terenie objętym badaniami, najczęściej jednak pojawiają się na obszarach zurbanizowanych, na stropie gruntów rodzimych. Jest to najczęściej asfalt, bądź różne formy betonowe: płyty oraz bruk. Ponadto w skład nasypów budowlanych wchodzą piaski o różnej granulacji oraz rzadziej utwory spoiste, formowane w sposób kontrolowany. Grunty nasypowe budowlane występują w obrębie różnych inwestycji liniowych czy na obszarach poddanych niwelacji powierzchni terenu. Miąższość nasypów budowlanych jest zmienna i może sięgać kilku metrów. Charakteryzują się przydatnością do posadawiania obiektów budowlanych.

Seria QhAnN (nr 2) – grunty antropogeniczne, nasypy niebudowlane

Seria nasypów niebudowlanych również występuje powszechnie na terenie Atlasu, na stropie gruntów rodzimych, przede wszystkim na obszarach zurbanizowanych. W ich skład wchodzą osady piaszczyste, rzadziej spoiste takie jak gliny, gliny pylaste, piaszczyste i piaski gliniaste. Wymieszane są z różnymi utworami pochodzenia antropogenicznego: żużlami, cegłami, gruzem, popiołami oraz odpadami komunalnymi. Ponadto w nasypach tych lokalnie znajdują się części organiczne, torfy, żwiry i kamienie. Nasypy niebudowlane są małoprzydatne do posadawiania obiektów budowlanych, głównie z powodu nieznanego ich pochodzenia oraz ze względu na zmienny stopień zagęszczenia i zróżnicowaną litologię. Ich miąższość charakteryzuje się dużą zmiennością, od kilkunastu centymetrów do kilkudziesięciu metrów w obrębie składowiska fosfogipsów w Policach.

Seria QhHuOr (nr 3) – holoceńskie gleby

Gleby występują prawie na całym obszarze opracowania. Część z nich to gleby o charakterze spoistym, a część to gleby piaszczyste. Rodzaj gleby zależy od gruntu, który zalega w ich podłożu. Ich miąższość waha się od 0,1 m do 3 m. Średnio jest to 0,4 m. W opracowaniu nie rozróżniano rodzaju gleby. Rodzaj i niewielka miąższość gleb nie mają znaczenia dla zagadnień geologiczno-inżynierskich, tym bardziej, że warstwa gleby jest usuwana przed posadowieniem obiektów budowlanych.

Seria QhOr (nr 4) – holoceńskie grunty organiczne

Grunty holoceńskiej serii organicznej występują głównie na rozległych równinach torfowych, rozwijających się w dolinie rzeki Odry. Wstępują jako wypełnienia starorzeczy i zagłębień terenu. Ponadto ich występowanie stwierdzono na północnym-zachodzie analizowanego obszaru, w okolicach miejscowości Dobra i Wołczkowo, gdzie również rozwinęły się obszary równin torfowych. Utwory te pojawiają się również lokalnie w obniżeniach terenu w obrębie wysoczyzn polodowcowych. Osady zaliczane do tej serii powstawały w różnych środowiskach sedymentacyjnych: bagiennym, jeziornym i rzecznym. Seria holoceńskich gruntów organicznych reprezentowana jest głównie przez torfy, namuły, gytie oraz spoiste i niespoiste utwory próchniczne, które przede wszystkim pojawiają się na powierzchni terenu lub pod niewielkim nadkładem innych osadów. Miąższość tych utworów dochodzi do 20 m w otworze I18-008-0519 (w dolinie Odry Wschodniej, w sąsiedztwie Rejonowego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Szczecinie przy

ulicy Batalionów Chłopskich), najczęściej jednak wynosi od kilkunastu centymetrów do kilku metrów. Grunty serii są małoprzydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Seria QhJSp (nr 5) – holoceńskie grunty jeziorne, spoiste

Seria holoceńskich spoistych gruntów jeziornych występuje lokalnie w nieckach i obniżeniach terenu, w obrębie wysoczyzn polodowcowych, moren czołowych oraz na obszarze równin torfowych, współwystępując z gruntami organicznymi. W skład tej serii wchodzą gliny, gliny zwięzłe, gliny pylaste, pyły, rzadziej piaski gliniaste i iły. Niekiedy grunty te zawierają domieszki humusu lub przewarstwione są gruntami organicznymi. Występują głównie w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Ich miąższość rzadko przekracza 3,5 m, a maksymalna rozpoznana miąższość wynosi do 9,6 m w otworze I20-024-2867 (Drzetowo-Grabowo w Szczecinie, w okolicy ul. Emilii Szczanieckiej i Stoczni Szczecińskiej). Seria ta charakteryzuje się średnią przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QhJNsp (nr 6) – holoceńskie grunty jeziorne, niespoiste

Grunty tej serii często współwystępują z osadami serii QhJSp (nr 5) i na omawianym terenie spotykane są w podobnych obszarach. Litologicznie są to głównie piaski drobne oraz piaski pylaste, niekiedy z domieszkami humusu, rzadziej piaski średnie. Charakteryzują się zmiennym stopniem zagęszczenia. Miąższość utworów piaszczystych tej serii dochodzi maksymalnie do 11 m w otworze I18-018-1991 (w miejscowości Lubieszyn, przy zachodniej granicy opracowania), rzadko jednak przekracza 2 m. Grunty serii są przydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Seria QhRSp (nr 7) – holoceńskie grunty rzeczne, spoiste

Grunty serii QhRsp zostały stwierdzone w obrębie doliny rzeki Odry, lokalnie nawiercono je w pobliżu mniejszych cieków wodnych o niewielkim znaczeniu. W skład tej serii wchodzą mady rzeczne wykształcone w postaci glin pylastych, pyłów oraz lokalnie iłów i piasków gliniastych. W większości grunty te występują w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Utwory należące do tej serii często zawierają domieszki części organicznych. Największe miąższości nawiercono w Skolwinie (cześć miasta oraz osiedle w Szczecinie), nieopodal Kanału Skolwińskiego, gdzie osady te mają grubość 11,4 m (otwór I18-007-0450) oraz w centrum Szczecina, w okolicy Odry Zachodniej, gdzie miąższość tej serii osiąga 11,5 m (otwór I18-018-2276). Zazwyczaj jednak miąższość utworów tej serii waha się od kilkudziesięciu centymetrów do 3 m. Utwory tej serii charakteryzują się średnią przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QhRNsp (nr 8) – holoceńskie grunty rzeczne, niespoiste

Holoceńskie niespoiste grunty rzeczne występują na obszarze doliny Odry oraz w obrębie mniejszych cieków wodnych. W dolinie Odry osiągają miąższości do 20 m. Seria ta reprezentowana jest głównie przez luźne i średnio zagęszczone piaski o różnej granulacji, rzadziej przez pospółki oraz żwiry. Seria charakteryzuje się przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Czwartorzęd nierozdzielony

Seria QCDSp (nr 16) – czwartorzędowe grunty koluwialno-deluwialne, spoiste

Spoiste grunty koluwialno-deluwialne występują lokalnie na obszarze Atlasu, głównie w pobliżu długich stoków moren czołowych, gdzie rozwijały się ruchy masowe ziemi oraz w obrębie wysoczyzn polodowcowych, gdzie morfologia terenu pozwoliła na powstanie gruntów deluwialnych. Jedno z takich miejsc znajduje się we wsi Ustowo, gdzie miąższość utworów deluwialnych dochodzi do 5 metrów. Spoiste utwory koluwialne nawiercono w mieście Szczecin, po zachodniej stronie doliny Odry, w pobliżu długich stoków moreny czołowej, na których rozwinęły się osuwiska (osiedle Stołczyn). Grunty tej serii reprezentowane są przez gliny pylaste, gliny, gliny piaszczyste, piaski gliniaste i iły, głównie w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Charakteryzują się małą przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QCDNsp (nr 17) – czwartorzędowe grunty koluwialno-deluwialne, niespoiste

Grunty tej serii zazwyczaj towarzyszą utworom serii QCDSp (nr 16) i występują na analogicznych obszarach opracowania. Niespoiste grunty koluwialno-deluwialne reprezentowane są przez piaski drobne, piaski pylaste oraz piaski średnie o zróżnicowanym stopniu zagęszczenia. Charakteryzują się małą przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QESp (nr 20) – czwartorzędowe grunty eoliczne, spoiste

Spoiste czwartorzędowe grunty eoliczne zostały nawiercone jedynie kilkoma otworami na terenie opracowania – na południe od Polic. Są one związane z polami piasków przewianych występujących w sąsiedztwie tarasów wodnolodowcowych i kemów. Litologicznie są to gliny pylaste oraz pyły o miąższości nieprzekraczającej 1,2 m. Grunty tej serii charakteryzują się średnią przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QENsp (nr 21) – czwartorzędowe grunty eoliczne, niespoiste

Występowanie utworów eolicznych związane jest z obecnością piaszczystych równin wodnolodowcowych oraz piaszczystych utworów kemowych występujących na północnym zachodzie omawianego obszaru oraz z piaskami równin rzeczno-rozlewiskowych na wschód od jeziora Dąbie. Procesy eoliczne zachodzące na tych obszarach występowały zarówno w holocenie jak i plejstocenie. W związku z tym, do serii QENsp oraz wyżej opisanej serii QESp zostały zaliczone wszystkie grunty pochodzenia eolicznego, bez względu na czas ich powstania (holocen, plejstocen). Seria ta reprezentowana jest głównie przez średnio zagęszczone lub luźne piaski drobne, rzadziej piaski pylaste i średnie. Budują one rozległe pola piasków przewianych na południe od Polic, w okolicy miejscowości Bartoszewo i na zachód od Wołczkowa. Obecność wydm zaznacza się na południe od miejscowości Tanowo, a także wzdłuż wschodniej granicy opracowania. Miąższość utworów tej serii waha się od mniej niż 1 m do kilku metrów, a w przypadku wydm może sięgać 14 m (okolice miejscowości Łozienica). Grunty tej serii są średnioprzydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Czwartorzęd – plejstocen

Seria QpOr (nr 22) – plejstoceńskie grunty organiczne

Plejstoceńskie grunty organiczne pojawiają się lokalnie w obrębie Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Związane są z doliną Odry oraz lokalnie występują w podłożu równin torfowych na północnym zachodzie obszaru badań, w okolicy miejscowości Dobra. Współwystępują z plejstoceńskimi utworami rzecznymi. Utwory tej serii to głównie namuły piaszczyste, namuły oraz piaski humusowe o różnej granulacji. Ich miąższość zazwyczaj nie przekracza 1 m. Grunty tej serii charakteryzują się małą przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QpJSp (nr 23) – plejstoceńskie grunty jeziorne, spoiste

Plejstoceńskie, spoiste grunty jeziorne występują lokalnie na obszarze objętym badaniami i są związane z obecnością jezior w zagłębieniach polodowcowych w obrębie wysoczyzn polodowcowych. Tworzyły się one w misach po bryłach martwego lodu. Utwory serii QpJSp reprezentowane są głównie przez gliny pylaste i pyły w stanie plastycznym i twardoplastycznym. Zazwyczaj występują płytko pod powierzchnią terenu. Nawiercono je m.in w północnej części miasta Police. Stwierdzona miąższość osadów tej serii maksymalnie osiąga 5,8 m. Grunty tej serii są średnioprzydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Seria QpJNsp (nr 24) – plejstoceńskie grunty jeziorne, niespoiste

Utwory tej serii swoim zasięgiem odpowiadają występowaniu osadów serii QpJSp (nr 23) ze względu na podobne środowisko sedymentacji. Litologicznie są to głównie średnio zagęszczone i zagęszczone piaski drobne i pylaste często przewarstwione gruntami spoistymi. Zazwyczaj występują przy powierzchni terenu i osiągają wtedy miąższość do 3 m. W jednym z otworów archiwalnych

w okolicach miejscowości Lubczyna, na głębokości 139 m, nawiercono warstwę plejstoceńskich piasków jeziornych o miąższości 16 m (I18-014-0202). Grunty tej serii charakteryzują się przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QpRSp (nr 25) – plejstoceńskie grunty rzeczne, spoiste

Osady serii plejstoceńskich spoistych gruntów rzecznych występują w dolinie Odry. Reprezentowane są głównie przez gliny pylaste, pyły, gliny zwięzłe oraz iły. Niekiedy w gruntach tych zaznacza się występowanie domieszek humusu lub przewarstwień gruntami organicznymi. W przeważającej części osady te zalegają w podłożu w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Strop serii był dokumentowany od powierzchni terenu do głębokości 30 m. Grunty tej serii są średnioprzydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Seria QpRNsp (nr 26) – plejstoceńskie grunty rzeczne, niespoiste

Grunty tej serii również występują powszechnie w granicach doliny Odry. Litologicznie są to głównie średnio zagęszczone i luźne piaski o różnej granulacji - od drobnych po grube, rzadziej pospółki i żwiry. Najgłębiej nawiercono je w kanale policki w sąsiedztwie wyspy Długi Ostrów, gdzie zalegają na głębokości 32 m p.p.t. Zazwyczaj jednak występują od powierzchni terenu do głębokości 20 m p.p.t. Maksymalna miąższość gruntów tej serii wynosi 33,5 m (otwór I18-018-1941 na południowy wschód od jeziora Dąbie, przy ulicy Przygodnej). Plejstoceńskie grunty rzeczne, niespoiste charakteryzują się przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QpGSp (nr 31) – plejstoceńskie grunty morenowe, spoiste

Grunty serii QpGSp związane są z występowaniem glin zwałowych zlodowaceń: południowopolskiego, środkowopolskiego i północnopolskiego. Zostały nawiercone na większości obszaru opracowania. Najwięcej gruntów tej serii znajduje się w zachodniej stronie doliny Odry, gdzie większość obszaru objęta jest występowaniem wysoczyzn polodowcowych oraz moren czołowych. Ich położenie w profilu jest zróżnicowane. Bardzo często występują przy powierzchni terenu (okolice miejscowości Ustowo, Przylep, Warzymice - na południe od Szczecina), a niekiedy strop udokumentowano na głębokości około 120 m p.p.t. (obszar zaburzonej glacitektonicznie moreny czołowej w północnej części opracowania). Najczęściej tworzą poziomy rozdzielane piaskami interstadialnymi, bądź utworami zastoiskowymi, rzadziej występują w postaci jednolitego kompleksu glin zwałowych. Miąższość poszczególnych pokładów glin uzależniona jest od morfologii terenu, budowy strukturalnej podłoża oraz procesów glacitektonicznych, które zachodziły na opisywanym obszarze. Waha się ona od kilkudziesięciu centymetrów w pobliżu dolin rzecznych, do 75 m w obrębie wysoczyzn. Plejstoceńskie grunty morenowe reprezentowane są głównie przez gliny piaszczyste, gliny piaszczyste zwięzłe, gliny, piaski gliniaste i gliny pylaste o zmiennym stanie. Grunty serii charakteryzują się średnią przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QpGNsp (nr 32) – plejstoceńskie grunty wodnolodowcowe i morenowe, niespoiste

Utwory niespoiste tej serii występują powszechnie na obszarze Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Zaliczono do niej utwory niespoiste, których geneza w dokumentacjach źródłowych została określona jako wodnolodowcowa lub lodowcowa. Litologicznie są to piaski pylaste, piaski drobne, piaski średnie, pospółki i żwir, o zmiennym stopniu zagęszczenia. Największe miąższości osiągają na wschód od doliny Odry, gdzie znajdują się rozległe tarasy i równiny wodnolodowcowe. Grunty reprezentujące to wydzielenie zalegają zarówno na powierzchni terenu (zachodnia część analizowanego terenu oraz obszar na północ od Szczecina – okolice miejscowości Plichowo, Siedlice), jak i na znacznych głębokościach sięgających 120 m.p.p.t w obrębie wysoczyzn polodowcowych i moren czołowych, gdzie tworzą poziomy rozdzielające pakiety glin zwałowych. Miąższość utworów tej serii jest mocno zróżnicowana i waha się od kilkudziesięciu centymetrów do kilkudziesięciu metrów. Najczęściej jednak nie przekracza kilku metrów. Plejstoceńskie grunty niespoiste wodnolodowcowe i morenowe są przydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Seria QpZSp (nr 33) – plejstoceńskie grunty zastoiskowe, spoiste

Plejstoceńskie, spoiste grunty zastoiskowe zostały nawiercone licznymi otworami na terenie całego Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Zazwyczaj leżą one pod nadkładem innych gruntów pochodzenia lodowcowego bądź wodnolodowcowego. Ich występowanie jest nieregularne, w profilu pojawiają się na różnych głębokościach. Od poziomu przypowierzchniowego do głębokości nawet 126 m p.p.t. (okolice ul. Nehringa w Szczecinie). Utwory tej serii reprezentowane są przez gliny pylaste, pyły oraz iły, głównie w stanie plastycznym i twardoplastycznym. Miąższość tych osadów jest zmienna i wynosi od kilkudziesięciu centymetrów do 47 metrów na południe od miejscowości Bartoszewo (otwór I18-014-0792). Grunty tej serii są średnioprzydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Seria QpZNsp (nr 34) – plejstoceńskie grunty zastoiskowe, niespoiste

Grunty tej serii zwykle towarzyszą gruntom serii QpZSp (nr 33). Ich obecność w zbiorniku zastoiskowym jest związana z okresowym zwiększeniem przepływu wód, w wyniku czego następowała sedymentacja nieco grubszego materiału. Podobnie jak spoiste utwory zastoiskowe, grunty serii QpZNsp zalegają od stref przypowierzchniowych do znacznych głębokości – 118 m p.p.t. (północny-wschód od miejscowości Przęsocin). Litologicznie są to głownie średnio zagęszczone i zagęszczone piaski pylaste i piaski drobne. Miąższość tych utworów dochodzi do nawet 54 m (otwór I18-004-0229 na południe od jeziora Goplany), przeważnie jednak nie przekraczając 20 m. Grunty serii charakteryzują się przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria QpGPrw (nr 35) – plejstoceńskie porwaki starszego podłoża

Powstawanie gruntów tej serii związane jest z licznymi procesami glacitektonicznymi. W otworach, w których rozpoznano występowanie tej serii, grunty starszego podłoża zostały przewiercone, a w ich spągu ponownie stwierdzono występowanie osadów czwartorzędowych. Porwaki starszego podłoża reprezentowane są głównie przez oligoceńskie iły morskie, rzadziej grunty mioceńskie i kredowe. Występowanie gruntów tej serii stwierdzono na powierzchni terenu – w obrębie zachodnich zboczy doliny Odry w Szczecinie, w okolicach miejscowości Przęsocin oraz Dołuje. Powszechnie występują również w głębszych częściach profilu, w obrębie moren czołowych i wysoczyzn lodowcowych. Litologicznie są to gliny zwięzłe, iły, gliny pylaste, rzadziej utwory niespoiste tj. piaski pylaste lub żwiry. Ich miąższość wynosi zwykle do kilku metrów, a maksymalnie dochodzi do 97 m w okolicach ul. Polickiej w Szczecinie. Grunty tej serii charakteryzują się średnią przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych (mogą wykazywać właściwości ekspansywne).

Neogen – Miocen

Seria M (nr 45) – mioceńskie grunty i skały nierozdzielone

Grunty tej serii występują lokalnie i zostały przewiercona jedynie kilkoma otworami na terenie całego Atlasu. Znajdują się one w południowo-zachodniej części Szczecina, w pobliżu „Stawu Cysterskiego". Do mioceńskich gruntów i skał nierozdzielonych zaliczono głównie niewielkie pokłady węgla brunatnego. Średnia miąższość tych pokładów wynosi 1,9 m, a maksymalnie osiąga do 13,5 m. Występują na zmiennych głębokościach od 7,2 do 46,1 m p.p.t. Grunty tej serii charakteryzują się średnią przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria MSp (nr 46) – mioceńskie grunty spoiste

Utwory zaliczane do tej serii rozpoznano w kilkunastu otworach w obrębie analizowanego terenu. Zaliczono do niej wszystkie grunty spoiste wieku mioceńskiego. Na analizowanym terenie są to grunty pochodzenia jeziornego. Litologicznie są to: pyły, iły i gliny pylaste, niekiedy przewarstwione niewielkimi pokładami węgla brunatnego. Grunty te występują najpłycej w pobliżu „Stawu Klasztornego" w Szczecinie, na głębokości 5 m p.p.t. Najgłębiej zalegają w pobliżu Wąskiego Nurtu w Policach, na głębokości 121,7 m p.p.t. Miąższość tych utworów najczęściej nie przekracza 5 m, choć może dochodzić do 12,5 m, a nawet 54 metrów (w otworze I18-003-1374 na terenie szpitala w

Zdunowie). Grunty tej serii charakteryzują się średnią przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria MNsp (nr 47) – mioceńskie grunty niespoiste

Mioceńskie grunty niespoiste na analizowanym obszarze występują w towarzystwie utworów spoistych serii MSp (nr 46). Litologicznie są to zagęszczone i bardzo zagęszczone piaski o różnej granulacji: piaski drobne, piaski pylaste i piaski średnie, rzadziej żwir. Utwory te występują najpłycej w południowo-wschodniej części Szczecina na głębokości kilku metrów. Najgłębiej zalegają w obszarze doliny Odry, w okolicach miasta Police na głębokości 120 m p.p.t. Ich miąższość wynosi zazwyczaj do kilku metrów, a maksymalnie dochodzi do około 30 m w rejonie Polic. Grunty tej serii są przydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Paleogen – Oligocen

Seria OlSp (nr 52) – oligoceńskie grunty spoiste

Utwory zaliczane do tej serii rozpoznano w około 17 otworach w obrębie analizowanego obszaru. Ich występowanie stwierdzono głównie w głębokich otworach wiertniczych, których lokalizacja rozproszona jest po całym obszarze Atlasu. Głębokość zalegania oligoceńskich gruntów spoistych waha się od 15,5 (przeważnie powyżej 40 m) do 126,5 m p.p.t. Litologicznie są to iły i iły pylaste o maksymalnej miąższości 25 m (otwór I18-007-0076 w Szczecinie na osiedlu Pomorzany). Ponadto utwory zaliczane do serii OlSp występują powszechnie na obszarze opracowania jako porwaki, w obrębie gruntów lodowcowych (seria QpGPrw). Grunty serii są średnioprzydatne na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria OlNsp (nr 53) – oligoceńskie grunty niespoiste

Grunty tej serii nawiercono w towarzystwie utworów spoistych serii OlSp (nr 52). Rozpoznano je 4 otworami wiertniczymi (I18-003-0217, I18-003-0240, I18-004-0299, I18-008-0368). Głębokość ich występowania waha się od 48 do 87,5 m p.p.t. Jedynie w otworze I18-008-0368 strop osadów oligoceńskich zalega na głębokości 18,1 m p.p.t. Utwory tej serii reprezentowane są przez piaski pylaste i drobne o miąższości od 0,9 m do 9,4 m. Grunty tej serii charakteryzują się przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria OlSm (nr 54) – oligoceńskie skały miękkie

Skały miękkie oligocenu zostały nawiercone jedynie jednym otworem I18-007-0076, który zlokalizowany jest w Szczecinie na osiedlu Pomorzany w okolicy ul. Smolańskiej. Na głębokości 175 m p.p.t. stwierdzono występowanie mułowców z przewarstwieniami piaszczystymi. Miąższość tej warstwy wyniosła 5 m. Skały tej serii są przydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Paleogen – Eocen

Seria EoSp (nr 56) – eoceńskie grunty spoiste

Grunty tej serii zostały rozpoznane w jednym otworze I18-008-0317 w Policach, na południe od Zakładów Chemicznych Police. Napotkano je na głębokości 135 m p.p.t. Jest to warstwa pyłu piaszczystego na pograniczu pyłu węglowego o miąższości 27 metrów. Utwory te charakteryzują się średnią przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Seria EoNsp (nr 57) – eoceńskie grunty niespoiste

Eoceńskie grunty niespoiste nawiercono w tym samym otworem, co grunty spoiste (I18-008-0317). Występują głębiej w profilu, poniżej utworów spoistych serii EoSp (nr 56), na głębokości 162 m.p.p.t. Seria ta reprezentowana jest przez warstwy piasku drobnego oraz piasku pylastego o łącznej miąższości 22 metrów (otwór został zakończony w utworach tej serii). Grunty tej serii są przydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Kreda

Seria CrSm (nr 65) – kredowe skały miękkie

Skały tej serii zostały nawiercone 4 otworami (I18-003-0240, I18-014-0208, I18-008-0433, I18-015-0795). Dwa pierwsze zlokalizowane są w dolinie Odry, dwa kolejne na północny-zachód od miejscowości Karwowo. Litologicznie są to margle z przewarstwieniami piasków średnich, o łącznej miąższości od 3 do 18 m. Strop tych utworów zalega na głębokości od 72 do 96 m p.p.t. Skały tej serii są przydatne do posadawiania obiektów budowlanych.

Seria CrSt (nr 66) – kredowe skały twarde

Kredowe skały twarde zostały rozpoznane w 1 otworze (I18-003-1374), który zlokalizowany jest w Szczecinie, na północ od ul. Alfreda Sokołowskiego. Na głębokości 122 m p.p.t. nawiercono warstwę jasnoszarego piaskowca o miąższości 28 m. Skały tej serii charakteryzują przydatnością na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych.

Pozostałe

Seria WP (nr 81) – woda powierzchniowa

Seria ta opisuje występowanie w profilu geologicznym wód powierzchniowych. Otwory, w których stwierdzono tę serię, były wykonywane w obrębie rzek lub innych zbiorników wodnych. Na obszarze omawianego Atlasu takie otwory były wykonywane na Odrze, towarzyszących jej kanałach oraz w obrębie jeziora Głębokiego. Obecność wody powierzchniowej utrudnia realizację obiektów budowlanych.

Seria BW (nr 82) – brak możliwości wiercenia

Jest to seria ujmująca wszelkie przypadki braku możliwości kontynuowania wiercenia. Są to najczęściej otoczaki, duże głazy lub występowanie powierzchni betonowych uniemożliwiających wiercenie. Takie zdarzenia odnotowano powszechnie na całym obszarze Atlasu Szczecina na różnych głębokościach (od około 1 do ponad 116 m p.p.t). Brak możliwości kontynuowania wiercenia wymaga ustalenia przyczyny na etapie wykonywania badań na potrzeby realizacji obiektu budowlanego.

5.4.3 WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Charakterystykę warunków hydrogeologicznych Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina oparto na analizie danych archiwalnych z bazy danych geologiczno-inżynierskich oraz arkuszy mapy głębokości do pierwszego zwierciadła wody podziemnej w skali 1:10 000. Dane te odniesione zostały do charakterystyki głównych pięter i poziomów wodonośnych, które oparto na analizie Map Hydrogeologicznych Polski w skali 1:50 000 oraz Map Hydrogeologicznych Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000 (arkusze: Tanowo – 189 [60], [65], Police – 190 [85], [107], Goleniów – 191 [80], [99], Dołuje – 227 [66], [56], Szczecin – 228 [87], [74], Wielgowo – 229 [114], [115], Gryfino – 265 [68], [112], Żelisławiec – 266 [70], [73], Stare Czarnowo – 267 [108], [106] wraz z objaśnieniami [61], [86], [67], [88], [116], [69], [109].

Mapa głębokości do pierwszego zwierciadła wody podziemnej przedstawia pierwszą wodę udokumentowaną w otworze, pokazując tym samym grubość warstwy „suchej". Należy brać pod uwagę, że informacje o położeniu pierwszego zwierciadła wód podziemnych pochodzą z długiego okresu czasu (lata 1920-2022). Przez ten okres położenie zwierciadła wód podziemnych podlegało zmianom, zarówno z przyczyn naturalnych, jak i antropogenicznych. Dodatkowo, nie ma pewności czy dokumentator nie zanotował lub nie rozpoznał zwierciadła wody gruntowej, bo jej faktycznie nie było, czy zaznaczył w karcie otworu jedynie wodę wgłębną, gdyż tylko ta była istotna z punktu widzenia celu wiercenia. Stąd opis warunków hydrogeologicznych oraz mapę głębokości do pierwszego zwierciadła wody podziemnej należy traktować orientacyjnie. Ponadto stopień rozpoznania warunków hydrogeologicznych jest zróżnicowany - dobry na obszarach zabudowanych,

słabszy poza ich granicami, dlatego w niektórych częściach obszaru Atlasu Szczecina przedstawienie graficzne warunków hydrogeologicznych ma charakter jedynie przybliżony.

Obszary o niekorzystnych warunkach hydrogeologicznych, z płytkim zaleganiem zwierciadła wody (do 2 m p.p.t.), występują na największej powierzchni Atlasu Szczecina, przede wszystkim w obrębie doliny rzecznej Odry, Płoni oraz tarasów i równin rzeczno-rozlewiskowych i wodnolodowcowych. Miejscami, w obrębie wzgórz morenowych (w rejonie V-kształtnych dolin rzecznych i kemów), na równinie zastoiskowej (w okolicy Kołbaskowa) oraz na równinie piasków przewianych (w okolicy Dobrej Szczecińskiej) również zaobserwowano zwierciadło do głębokości 2 m p.p.t. Woda podziemna występuje w gruntach o różnej stratygrafii i genezie, jednak głównie dokumentowano ją w nasypach niebudowlanych, plejstoceńskich rzecznych i lodowcowych gruntach niespoistych, holoceńskich rzecznych gruntach niespoistych oraz w holoceńskich gruntach organicznych. Zwierciadło na tych obszarach ma zróżnicowany charakter, w którym przeważa charakter swobodny.

Tereny o średnio korzystnych warunkach hydrogeologicznych, gdzie pierwsza nawiercona woda występuje na głębokościach od 2 do 5 m p.p.t., rozpoznano na całej powierzchni Atlasu, jednak ich rozmieszczenie jest nieregularne. Najwięcej obszarów o takich warunkach występuje w północno-wschodniej, wschodniej i południowo-wschodniej części opracowania, to jest na tarasach i równinach wodnolodowcowych oraz w dolinie rzecznej Odry i Płoni. Warstwa wodonośna związana jest najczęściej z plejstoceńskimi lodowcowymi i rzecznymi gruntami niespoistymi oraz nasypami niebudowlanymi, rzadziej z holoceńskimi rzecznymi gruntami niespoistymi i holoceńskimi gruntami organicznymi. Ponadto w rejonie ulicy Gościnnej w Szczecinie (osiedle Kłobucko) pierwsza woda została nawiercona w mioceńskich gruntach niespoistych. Zwierciadło tego poziomu wykazuje zmienny charakter. W gruntach niespoistych plejstoceńskich i nasypach przeważa zwierciadło swobodne, zaś w holoceńskich gruntach organicznych napięte.

Obszary, na których zwierciadło wody zalega na głębokościach od 5 do 10 m p.p.t. są rozproszone i udokumentowano je przeważnie na wysoczyznach oraz na tarasach i równinach wodnolodowcowych w południowo-wschodniej części Atlasu. Ponadto tereny, w których zwierciadło znajduje się w przedziale tych głębokości, występują lokalnie w dolinie rzeki Odry. Jest to spowodowane występowaniem grubej warstwy osadów organicznych napinających zwierciadło, jednakże miejscami może być to związane ze sposobem oznaczania poziomu wód przez dokumentatorów, którzy mogli pominąć oznaczanie wody powierzchniowej lub błędnie interpretowali przejawy wody gruntowej jako sączenia w swoich opracowaniach. Warstwa wodonośna z omawianego przedziału głębokości zbudowana jest głównie z plejstoceńskich lodowcowych gruntów niespoistych, rzadziej z plejstoceńskich i holoceńskich rzecznych gruntów niespoistych. Charakter zwierciadła jest głównie napięty, a maksymalna wysokość ciśnienia piezometrycznego sięga około 10,3 m. Udokumentowano także 2 otwory z wodą o charakterze artezyjskim (okolice portu barkowego w Policach oraz okolice Przystani „Słoneczna" w Szczecinie, w dzielnicy Skolwin), o stabilizacji zwierciadła napiętego 0,4 m ponad powierzchnią terenu.

Terenów o korzystnych warunkach hydrogeologicznych, gdzie pierwsza woda zalega na głębokościach od 10 do 15 m p.p.t., jest najmniej i są rozmieszczone nieregularnie. Tak jak w przypadku zwierciadła na głębokości 5-10 m, poziom ten został nawiercony w dolinie rzecznej Odry, co jest spowodowane występowaniem grubej warstwy gruntów organicznych, która napina zwierciadło wody. Warstwa wodonośna zalega przede wszystkim w plejstoceńskich lodowcowych i rzecznych gruntach niespoistych oraz w holoceńskich gruntach rzecznych niespoistych. Zwierciadło na tych obszarach ma zróżnicowanych charakter, jednakże przeważa charakter napięty. Poziom piezometryczny wznosi się do około 15 m. Ponadto w trzech punktach dokumentacyjnych (wieś Ustowo w okolicy Kanału Kurowskiego oraz okolice ul. Bytomskiej w Szczecinie w dzielnicy Łasztownia) udokumentowano wypływ słupa wody do 3,0 m ponad powierzchnię terenu.

Obszary ze zwierciadłem wody udokumentowanym na głębokościach powyżej 15 m p.p.t. występują rzadko i są nieregularnie rozmieszczone. Warstwa wodonośna, która w przewadze wykazuje

zwierciadło napięte, została głównie udokumentowana w plejstoceńskich lodowcowych gruntach niespoistych. Wysokość ciśnienia piezometrycznego dochodzi do kilkudziesięciu metrów, a w jednym otworze (w okolicy ul. Batalionów Chłopskich w Szczecinie w dzielnicy Zdroje) udokumentowano wypływ słupa wody 0,35 m ponad powierzchnię terenu.

Na podstawie powyższych spostrzeżeń można stwierdzić, że charakterystyczną cechą obszaru Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina jest występowanie wód podziemnych w wielopiętrowym systemie wodonośnym. Wody podziemne związane są z utworami kredowymi, neogeńskimi i czwartorzędowymi. Czwartorzędowe piętro wodonośne jako jedyne pełni funkcję głównego użytkowego poziomu wodonośnego.

W obrębie czwartorzędowego piętra wodonośnego wyróżnia się cztery poziomy użytkowe: przypowierzchniowy, międzyglinowy górny i dolny oraz poziom występujący w rynnie Pilichowa, będący najgłębszym z poziomów czwartorzędu.

Powierzchniowy poziom wodonośny budują holoceńskie i plejstoceńskie osady piaszczyste i piaszczysto-żwirowe o zmiennej miąższości miejscami dochodzącej do 30 m. Poziom wody występuje płytko, a zwierciadło o charakterze swobodnym zawiercono już na głębokościach do 6 m p.p.t. Miejscami, występujące utwory organiczne mogę napinać zwierciadło. Wysokość zwierciadła jest ściśle związana ze stanami wód powierzchniowych. Zasilanie tego poziomu wodonośnego odbywa się nie tylko poprzez wody powierzchniowe, ale też przez infiltrację wód opadowych. Poziom ten występuje w znacznej mierze bez izolacji powierzchniowej, co wywołuje duże ryzyko zanieczyszczenia wód.

Na znacznej części Atlasu geologiczno-inżynierskiego powierzchniowa warstwa wodonośna posiada niejednorodne warunki filtracji. Wydajność poziomu wodonośnego waha się od 30 m^3/h do 120 m^3/h, a w obrębie arkusza Szczecin (228) [88] niekiedy może dochodzić do 240 m^3/h. W zachodniej części opracowania, to jest na obszarze arkuszy Dołuje (227) [67] i Tanowo (189) [61], wartości wydajności są już mniejsze i wynoszą od kilku do 43 m^3/h. Również wartości współczynnika filtracji są bardzo zróżnicowane w granicach Atlasu i mogą zawierać się w szerokim przedziale od 20 do ok. 140 m/d.

Międzyglinowy poziom wodonośny reprezentowany jest przez szereg soczew, warstw i klastycznych wypełnień kanałów subglacjalnych lub dolin rzecznych, które powstały w okresie zlodowaceń bałtyckich i środkowopolskich. Połączenie elementów morfogenetycznych zasobnych w wodę sprawia, że poziom wodonośny ma znaczenie regionalne. Najczęściej poziom ten jest dwudzielny: górny i dolny. Na obszarach wysoczyznowych poziom ten ma podstawowe znaczenie jako zbiornik wód podziemnych. Poziom wodonośny zbudowany jest z wodnolodowcowych osadów piaszczystych i piaszczysto-żwirowych z dużym udziałem piasków drobnych. Zwierciadło wody zazwyczaj ma charakter napięty, a warstwa wodonośna izolowana jest kompleksem glin zwałowych. W rejonie miejscowości Grzepnica (północno-zachodnia część Atlasu) seria wodonośna nie jest izolowana i pozostaje w bezpośrednim kontakcie z poziomem przypowierzchniowym. Miąższość pakietu przeważnie sięga kilkunastu metrów, w południowej części Atlasu tj. w rejonie jeziora Szmaragdowego, miąższość serii wodonośnej dochodzi do 36 m.

Parametry hydrogeologiczne są zróżnicowane. Wydajności w międzyglinowym poziomie wodonośnym górnym mogą wahać się od 10 do 92 m^3/h. Znacznie mniejszy zakres wartości wydajności przyjmuje się dla dolnego poziomu międzyglinowego. Są to wartości w przedziale od kilku do 25 m^3/h.

Najgłębszy użytkowy poziom wodonośny zlokalizowany jest we wschodniej, północno wschodniej oraz centralnej części analizowanego obszaru i związany jest z kopalną dolina Pilichowa (rynną Pilichowa), która przechodzi w rynnę jeziora Głębokiego. Jest to struktura wodonośna o wysokich zasobach, stanowiąca zbiornik o wymogach wysokiej ochrony. Wchodzi w skład głównego zbiornika wód podziemnych GZWP nr 122. W obrębie tej struktury zostały zlokalizowane ujęcia Arkonka i Pilichowo.

Warstwa wykształcona jest w postaci utworów piaszczysto-żwirowych oraz żwirowo-kamienistych, w spągu o miąższości 30-50 m, które przykryte są warstwą izolacyjna w postaci mułków. Największą miąższość i wartości wodoprzepuszczalności tej warstwy wodonośnej stwierdzono w rejonie ujęcia Pilchowo. Zasoby statystyczne w tym obszarze sięgają 60-80 mln m^3. W przekroju ujęcia Pilchowa ilość wody jaka przepływa w obrębie poziomu wodonośnego określa się na 15-20 tys. m^3/d. Intensywny i długotrwały pobór wody z ujęcia Pilichowo powoduje znaczne obniżenie zwierciadła wody i powiększenie zasięgu leja depresji, a przy poborze 25-30 tyś. m^3 /dobę ujęcie oddziałuje na obszar w promieniu 10 km.

W obrębie ujęcia Arkonka warstwa wodonośna występuje na głębokości 27 do 40 m i osiąga miąższość 48 m. Wydajność studni dochodzi do 144,8 m^3/h z uwzględnieniem depresji sięgającej 5,9 m, natomiast wodoprzewodność wynosi 742 m^2/d.

Struktura kopalnej doliny Pilichowa ma bezpośrednie połączenie hydrauliczne wyłącznie z dolną warstwą międzyglinową. Utrudniony kontakt hydrauliczny z przypowierzchniową warstwą wodonośną przy poborze dużych ilości wody sprawia, że niezbędne jest utworzenie depresji eksploatacyjnych. Tak intensywny pobór wody doprowadził do obniżenia zwierciadła wody o 8 m w stosunku do pierwotnego stanu, przez co wiele jeziorek w obrębie rynny zanikło i doszło do przesuszenia powierzchni.

Neogeńskie (oligoceńskie) piętro wodonośne zostało rozpoznane w Łasztowni (Międzyodrze) oraz na terenie Zakładów Chemicznych w Policach.

Utwory wodonośne w rejonie Międzyodrza są zbudowane z piasków o miąższości 10 m i przykryte są gliną zwałową, której miąższość przekracza 37 m. Strop osadów piaszczystych nawiercono na głębokości 86 m p.p.t. Zwierciadło wody ma charakter napięty i stabilizuje się 1,2 m powyżej powierzchni terenu. Piaszczyste utwory wodonośne zalegają na górnokredowych marglach o niewielkiej miąższości, tj. 3 m. Ta cienka warstwa margli oddziela neogeński poziom wodonośny od zmineralizowanych wód kredowego poziomu wodonośnego. Ze względu na kontakt hydrauliczny obu poziomów przyjmuje się, że poziom oligoceński zasilany jest z podłoża i prowadzi wody zmineralizowane.

W rejonie Zakładów Chemicznych w Policach mioceńskie piętro wodonośne budują mioceńskie osady piaszczyste, które występują na głębokości 88,4 m p.p.t. Pakiet utworów tego piętra wodonośnego ma miąższość 33,3 m. Zwierciadło wody ma charakter artezyjski i stabilizuje się na 2,1 m nad powierzchnią terenu. Do głębokości 52,4 m występuje nadkład gliny zwałowej, przez co odnawialność poziomu wodonośnego jest znacznie utrudniona. Poziom ten nie ma znaczenia użytkowego ze względu na występowanie w nim wód zmineralizowanych.

Kredowe piętro wodonośne zbudowane jest z wodonośnych margli i wapieni marglistych lub piasków drobnoziarnistych z wkładkami margla. Strop tych utworów zalega na głębokościach przekraczających 70 m p.p.t., a w rejonie Tanowa poziom ten występuje znacznie głębiej – został nawiercony na głębokości 410 - 431 m p.p.t. i 840 - 859 m p.p.t. Zwierciadło wody ma charakter napięty lub artezyjski i stabilizuje się na głębokościach odpowiednio 9-16 m p.p.t. oraz 7 m powyżej poziomu terenu.

Wody piętra kredowego to wody porowe bądź porowo-szczelinowe charakteryzujące się średnią i wysoką mineralizacją, co sprawia, że wody te nie maja znaczenia użytkowego.

W granicach Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina znajduje się jeden Główny Zbiornik Wód Podziemnych GZWP nr 122 – Dolina kopalna Szczecin, który wydzielono w międzyglinowym poziomie wodonośnym.

5.4.4 NATURALNE ZAGROŻENIA GEOLOGICZNE

Na obszarze Atlasu Szczecina występują następujące naturalne zagrożenia geologiczne:

- tereny zagrożone ruchami masowymi ziemi, w tym tereny o spadkach powyżej 12%;
- osuwiska;
- glacitektonika;
- tereny zagrożone podtopieniami;
- obszary gruntów problematycznych (słabonośnych, ekspansywnych).

Występowanie powyższych naturalnych zjawisk geologicznych jest charakterystyczne przede wszystkim dla dwóch obszarów w obrębie Atlasu Szczecina: wzdłuż zbocza doliny Odry można spodziewać się występowania terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi, osuwisk oraz procesów glacitektonicznych, natomiast w obszarze doliny Odry i szerokiego rozlewiska na wschodzie można mieć do czynienia przede wszystkim z zagrożeniem podtopieniami oraz występowaniem gruntów słabonośnych.

Tereny zagrożone ruchami masowymi ziemi oraz osuwiska występują głównie wzdłuż zbocza doliny Odry. Jest to związane z występowaniem wzdłuż krawędzi doliny znacznych różnic wysokości, dochodzących do 45 metrów na południowym odcinku (rejon kamionka-Moczyły) oraz do 80 metrów na północnym odcinku (rejon Golęcino Dolne – Stolczyn). W związku z tak znaczną deniwelacją terenu, na omawianym obszarze występują spadki terenu przekraczające 12%. Dodatkowym czynnikiem powodującym niekorzystne procesy dynamiczne jest obecność wychodni iłów oligoceńskich w zboczu wspomnianej doliny Odry. W wyniku procesów glacitektonicznych oligoceńskie iły zostały wyciśnięte w formie porwaków ku powierzchni terenu powodując liczne deformacje glacitektoniczne w obrębie wysoczyzny i zboczy doliny. Zaburzona budowa geologiczna, a co za tym idzie zmienność w warunkach hydrogeologicznych, kwalifikuje obszar do skomplikowanych warunków gruntowo-wodnych. Iły oligoceńskie, które odsłaniają się na powierzchni zbocza, zostały najliczniej udokumentowane na północnym jej odcinku, w rejonie wzgórz Warszewskich. W związku z powyższym, w tym rejonie stwierdzono także największą liczbę osuwisk. Oprócz osuwisk występujących bezpośrednio w zboczu doliny Odry, niekorzystne procesy geodynamiczne zaobserwowano także na obszarze mniejszych dolinek rzecznych przecinających wzgórza Warszewskie. Są to wąskie dolinki o stosunkowo dużych deniwelacjach (nawet 15-20 m), których zbocza często są zbudowane z iłów oligoceńskich. Efektem takiej budowy geologicznej i morfologii są liczne deformacje terenu, spełzywania gruntów.

Ił oligoceńskie mogą wykazywać właściwości ekspansywne. Podatność na zmiany wilgotności wpływa na obniżenie wartości parametrów fizyczno-mechanicznych, w tym nośności podłoża gruntowego. Uplastycznienie iłów może być także punktem zapalnym do zapoczątkowania procesów związanych z ruchami masowymi ziemi [110].

W środkowym odcinku doliny Odry, w obrębie Szczecina, nie stwierdzono występowania niekorzystnych procesów geodynamicznych. Na odcinku tym skarpa Odry jest wzmocniona i zagospodarowana w postaci bulwarów, a na długich odcinkach także gęsto zabudowana. Na istniejących obiektach nie zauważono śladów spękań mogących być efektem występowania ruchów masowych.

Tereny zagrożone podtopieniami oraz tereny, na których można spodziewać się prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi 0,2% raz na 500 lat (ISOK) koncentrują się przede wszystkich w dolinie Odry oraz na obszarze rozlewiska w wschodniej części Atlasu Szczecina. Jest to rozległy obszar o rzędnych terenu często nie przekraczających 1 m n.p.m., podatny na podtopienia związane z podnoszeniem się poziomu wód gruntowych, jak i podtopień z powodu wezbrań wód w rzece. Ponadto do lokalnych podtopień może dochodzić na wysoczyźnie, w zachodniej części Atlasu, w obrębie zagłębień bezodpływowych, w których może gromadzić się woda opadowa lub roztopowa. Zagłębienia te są często wypełnione słabonośnymi gruntami organicznymi.

Grunty słabonośne występują na znacznym obszarze w obrębie Atlasu Szczecina. Rozpoznano je głównie w dolinie Odry oraz w wschodniej części obszaru badań, a także lokalnie na wysoczyźnie

i w dolinach mniejszych cieków wodnych. Grunty słabonośne dokumentowano jako grunty organiczne, głównie torfy i namuły, a także jako grunty drobnoziarniste (spoiste), głównie mady w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Miąższość gruntów słabonośnych lokalnie może dochodzić do kilkunastu metrów. Do gruntów słabonośnych należy również zakwalifikować występowanie gruntów antropogenicznych, niebudowlanych (niekontrolowanych), które występują licznie w granicach miast. Antropogeniczne zagrożenia geologiczne przedstawiono w rozdziale 5.4.5.

Naturalne zagrożenia geologiczne przedstawiono na mapach:

- Mapa zagrożeń geologicznych w skali 1:10 000;
- Mapa gruntów problematycznych w skali 1:10 000.

5.4.5 ANTROPOGENICZNE ZAGROŻENIA GEOLOGICZNE

Na obszarze Atlasu Szczecina występują następujące antropogeniczne zagrożenia geologiczne:

- możliwy szkodliwy wpływ działalności górniczej na obszarach działalności górniczej;
- występowanie gruntów antropogenicznych;
- elementy antropopresji, w tym składowiska, oczyszczalnie, tereny historycznie zanieczyszczone i inne.

Obecnie działalność górnicza na obszarze Atlasu Szczecina jest słabo rozwinięta i ogranicza się do powierzchniowego wydobycia kruszywa naturalnego oraz torfów. W przeszłości eksploatowano surowce ilaste na potrzeby ceramiki budowlanej, a także węgiel brunatny i kredę. Część wyrobisk została zrekultywowana i/lub zagospodarowana na tereny inwestycyjne i rekreacyjne, pozostałe tworzą nieużytki. Z uwagi na charakter wydobycia na obszarze Atlasu Szczecina nie obserwuje się zjawisk związanych z szkodami górniczymi oraz indukowanymi wstrząsami sejsmicznymi,jednakże w przypadku niektórych nieczynnych wyrobisk, z uwagi na duże deniwelacje i spadki terenu, możliwe jest lokalne obrywanie się mas ziemnych (np. nieczynne wyrobisko kredy w Zdrojach).

Grunty antropogeniczne na obszarze Atlasu Szczecina występują przede wszystkim na obszarach zurbanizowanych. Wyróżnia się:

- nasypy budowlane, tworzące konstrukcje nasypów kolejowych, drogowych, wałów przeciwpowodziowych, obwałowań składowisk, konstrukcji ziemnych doków portowych, przepustów, jazów, podłoża budowlanego różnego rodzaju obiektów kubaturowych oraz obszarów refulowanych w dolinie Odry;
- niebudowlane, takie jak niekontrolowane osady piaszczyste wymieszane z żużlem, gruzem, kamieniami i częściami organicznymi oraz rzadziej grunty spoiste takie jak gliny pylaste, piaszczyste lub piaski gliniaste, często z odpadami.

Nasypy niebudowlane nie są przydatne do bezpośredniego posadowienia obiektów głównie z powodu nieznanego ich pochodzenia oraz ze względu na zmienny stan zagęszczenia i zróżnicowaną litologię. Miąższość gruntów antropogenicznych jest bardzo zróżnicowana, najczęściej wynosi od 2-4 m, lokalnie może osiągać nawet koło 20 m.

Największe obszary gruntów antropogenicznych związane są ze zwartą zabudową najstarszej części Szczecina oraz zabudową portową w dolinie Odry, gdzie na potrzeby obiektów portu i stoczni, między innymi doków i basenów portowych, pogłębiano rzekę, a materiał redeponowano tworząc nowe powierzchnie. Ponadto obszary gruntów antropogenicznych związane są ze strefami silnie uprzemysłowionymi, gdzie zachodzi przetwarzanie gruntu naturalnego w wyniku procesów inwestycyjnych/budowlanych zakładów produkcyjnych oraz składowania odpadów poprodukcyjnych (np. Police).

Największy wpływ antropogeniczny na środowisko gruntowo-wodne, zwłaszcza zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych, obserwuje się na obszarach przemysłowych lub poprzemysłowych oraz wojskowych i powojskowych, zwłaszcza tam, gdzie funkcjonowały bazy maszyn i znajdowały się składy paliw i amunicji. Zanieczyszczenia to głównie związki ropopochodne oraz metale ciężkie, w tym ołów, rtęć, nikiel, chrom, inne.

Trudnym przypadkiem obszaru poprzemysłowego jest teren dawnej fabryki benzyny syntetycznej w Policach. Teren ten jest objęty obszarem Natura 2000 oraz ochroną konserwatorską (ruiny budynków), jest zalany w części podziemnej i nadal pozostaje niezbadany. Teren ten wymaga rewitalizacji, jednakże wcześniej należałoby przeprowadzić rekultywację. W związku z tym, że nie ma jednak szczegółowych informacji o wpływie powstałych tam zanieczyszczeń na środowisko, trudno oszacować koszty takiej inwestycji [113]. Niewątpliwym zagrożeniem są również składowiska odpadów przemysłowych, w tym siarczanu żelaza i fosfogipsu. Hałdy tego surowca na stawostadionach wyraźnie zaznaczają się w typowo nizinnym krajobrazie [113].

Dodatkowo na obszarze Atlasu Szczecina rozpoznano historyczne zanieczyszczenia powierzchni ziemi, których rejestr, zgodnie z Prawem ochrony środowiska [23], prowadzi Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska. W tabeli (Tabela 5) znajduje się wykaz obszarów historycznie zanieczyszczonych wraz z informacją dotyczącą remediacji, otrzymany od Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Szczecinie.

Antropogeniczne zagrożenia geologiczne przedstawiono na mapach:

- Mapa zagrożeń geologicznych w skali 1:10 000;
- Mapa gruntów problematycznych w skali 1:10 000;
- Mapa zagospodarowania powierzchni i obszarów chronionych z elementami antropopresji w skali 1:10 000.

Tabela 5 Wykaz obszarów historycznie zanieczyszczonych [128]

Lokalizacja	Podmiot władający terenem	Pow. Zanieczysz-czenia [ha]	Charakterystyka zanieczyszczenia	Czas wystąpienia/ stwierdzenia zanieczyszczenia i rodzaj prowadzonej działalności	Potwierdzone historyczne zanieczyszczenia powierzchni	Remediacja
70-664 Szczecin, ul. Górnośląska 17-18, działka: 47/1	Baltchem S.A. Zakłady Chemiczne w Szczecinie, ul. Ks. Kujota 9, 70-605 Szczecin	2,5	węglowodory aromatyczne, rtęć w wodach podziemnych	przed 2007 r., przetwarzanie smoły pogazowej	✓	W trakcie - samooczyszczenie powierzchni ziemi i kontrola prawidłowości przebiegu tego procesu. Planowany czas zakończenia 31.12.2020
70-030 Szczecin, ul. Tama Pomorzańska 26, działka: 1/54	Polska Spółka Gazownictwa Sp. z o.o., ul. Krucza 6/14 00-952 Warszawa	0,012	ołów, węglowodory C6 - C12, Benzo(a)antracen, Chryzen, Benzo(a)piren, Benzo(b)fluoranten, Benzo(ghi)perylen, Benzo(k)fluoranten, Indeno(1,2,3-c,d)piren	przed 30.09.1987 r., wytwarzanie i przetwarzanie koksu	✓	W trakcie — bioremediacja metodami ex-situ oraz in-situ. Planowany termin zakończenia 30.09.2021
71-795 Szczecin, ul. Duńska, ul. Krasińskiego, działka: 35/9	jednostka samorządu terytorialnego, Województwo Zachodniopomorskie	0,4856	bar, cynk, miedź, ołów, węglowodory C6 — C12	przed 01.09.1980 r., XIX/XX w. kopalnia gliny i iłu; w latach '60 i '70 wyrobisko wypełniono niekontrolowanymi nasypami znacznej miąższości	✓	W trakcie - remediacja metodami ex-situ oraz in-situ. Planowany termin zakończenia 31-12-2019
70-661 Szczecin, ul. Gdańska 34, działki: 4 obręb 1093, 43 oraz 61 obręb 1084	ORLEN PALIWA Sp. z o.o., ul. Zglenickiego 44, 09-411 Płock	10,6	węglowodory C6 - C12 oraz C12 - C35	przed 31.12.1997 r., magazynowanie i dystrybucja oleju opałowego	✓	W trakcie — I etap remediacji powierzchni ziemi polegający na sczerpywaniu zanieczyszczeń. Planowany termin zakończenia 31-12-2021
70-660 Szczecin, ul. Gdańska 12 B, działki: 3/2, 3/8 obręb 1094 Śródmieście	jednostka samorządu terytorialnego, Gmina Miasto Szczecin	-	niezidentyfikowana substancja ropopochodna	sierpień 2007 r., wieloletni niekontrolowany nasyp: popiół, gruz, odpady związane z produkcją asfaltu. masy bitumicznej	✓	W trakcie - remediacja polega na sczerpywaniu niezidentyfikowanej substancji ropopochodnej wyciekającej ze skarpy - do momentu trwałego zaniku wycieku
71-820 Szczecin, ul. Nad Odrą 44/65, działki: 13 obręb Nad Odrą 63	FOSFAN S.A., ul. Nad Odrą 44/65, 71-820 Szczecin	-	ołów	przed 30-04-2007, działalność przemysłowa przed 1945 r.	✓	Nie podjęto remediacji
Szczecin, ul. Franciszka Druckiego-Lubeckiego, działki: 10/1, 11/1, 12/1, 9/2, 10, 11, 8/5, 8/6, 8/7	brak danych	0,325	węglowodory C12-C35, składniki frakcji oleju, Miedź, Bar, Cynk, Ołów	hałda, droga budynki, zlikwidowana stacja paliw, teren w okolicach stoczni szczecińskiej	✓	W trakcie remediacji
Szczecin, ul. Łukasińskiego 33, działki: 1/8	brak danych	0,1254	węglowodory C6-C12, składników frakcji benzyn, węglowodory C12-C35,składników frakcji oleju, Benzen, Toluen, Etylobenzen, Ksyleny, Styren	teren po dawnej stacji paliw, teren wojskowy	✓	Zakończono remediację
Szczecin, Kanał Parnicki 1d,	brak danych	0,055	węglowodory C6-C12, składników frakcji benzyn, węglowodory C12-C35,składników	rejon zlikwidowanej stacji paliw byłej Parowozowni PKP, stacja	✓	Nie podjęto remediacji

Lokalizacja	Podmiot władający terenem	Pow. Zanieczysz-czenia [ha]	Charakterystyka zanieczyszczenia	Czas wystąpienia/ stwierdzenia zanieczyszczenia i rodzaj prowadzonej działalności	Potwierdzone historyczne zanieczyszczenia powierzchni	Remediacja
działki: 1/60			frakcji oleju, Benzo(a)antracen, Benzo(b)fluoranten, Benzo(ghi)perylen, Benzo(k)fluoranten, Dibenzo(a,h)antracen, Indeno(1,2,3-c,d)piren, Chryzen, Cynk, Ołów, Miedź, Nikiel	została zlikwidowana w latach 70-tych XX w., teren położony w sąsiedztwie rzeki Parnica, teren kolejowy		
Szczecin, ul. Kablowa, działki: 1/2, 1/17, 1/24, 1/28, 1/30, 1/34, 1/35	brak danych	12,1	Węglowodory C6-C12, składniki frakcji benzyn, Węglowodory C12-C35, składniki frakcji oleju, Kadm, Miedź, Cyna, Naftalen, Antracen, Benzo(a)antracen, Chryzen, Benzo(b)fluoranten, Benzo(k)fluoranten, Benzo(a)piren, Indeno(1,2,3-c,d)piren, Dibenzo(a,h)antracen, Benzo(ghi)perylen, Fenol, Bar, Ołów, Cynk, Toluen, Etylobenzen, Ksyleny, Tetrachloroeten, Krezole	Teren po dawnej fabryce kabli, planowane zagospodarowanie - powierzchnie magazynowe, logistyka	✓	Zakończono remediację
72-010 Police, ul. Jasienicka, działka: 121/2 obręb 7 miasta Police	jednostka samorządu terytorialnego, Burmistrz Gminy Police	-	węglowodory C6 - C12 oraz C12 - C35	czas powstania zanieczyszczenia nieznany (przed 2007 r.); działalność przemysłowa (produkcja benzyny syntetycznej) przed 1945 r.	potencjalne	Nie podjęto remediacji
72-010 Police, ul. Jasienicka, działki: 121/3, 121/4 i 1973/40 obręb 7 miasta Police	jednostka samorządu terytorialnego, Marszałek Województwa Zachodniopomorskiego	-	przekroczenia związków: WWA i BTEX	czas powstania zanieczyszczenia nieznany (przed 2007 r.); działalność przemysłowa (produkcja benzyny syntetycznej) przed 1945 r.	potencjalne	Nie podjęto remediacji
72-010 Police , ul. Jasienicka, działki: 122/3 i 1973/41	jednostka samorządu terytorialnego, Starosta Policki	-	przekroczenia związków: WWA i BTEX	czas powstania zanieczyszczenia nieznany (przed 2007 r.); działalność przemysłowa (produkcja benzyny syntetycznej) przed 1945 r.	potencjalne	Nie podjęto remediacji

5.4.6 WARUNKI BUDOWLANE

Mapa warunków budowlanych jest efektem kompilacji warunków geomorfologicznych, geologicznych, hydrogeologicznych i zagrożeń geologicznych, opisywanych w podrozdziałach 5.4.1-5.4.5. Zakres opracowania obejmuje obszary o zróżnicowanej złożoności warunków geologicznych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych [10], w oparciu o materiały archiwalne i informacje uzyskane podczas kartowania geologiczno-inżynierskiego, stwierdza się występowanie wszystkich trzech typów stopnia skomplikowania warunków gruntowych:

- warunki skomplikowane występują przede wszystkim na obszarach dolin rzecznych (Odry Zachodniej i Regalicy wraz z jeziorem Dąbie oraz Małej Gunicy i Strugi Wołczkowskiej), na obszarach występowania deformacji glacitektonicznych w strefie moren czołowych w zachodniej części obszaru i powiązanym z nimi występowaniem iłów septariowych o właściwościach pęczniejących oraz w strefach krawędziowych moren czołowych od strony doliny Odry, z uwagi na występujące tam osuwiska oraz obszary predysponowane do ruchów masowych (okolice Skolwina, Stołczyna Glinek i Wieży Gocławskiej);
- warunki złożone stwierdzono w szczególności na obszarach występowania nasypów niekontrolowanych w obrębie Miasta Szczecina, utworów eolicznych na północnym-zachodzie obszaru o zróżnicowanym stopniu zagęszczenia oraz lokalnie w miejscach płytko występującego (powyżej 2 m) zwierciadła wód gruntowych poza dolinami rzecznymi, głównie w rejonie moren czołowych;
- warunki proste występują na niewielkich obszarach na wysoczyźnie, charakteryzujących się niewielkimi spadkami terenu, bez stwierdzonych bądź prognozowanych ruchów masowych ziemi oraz innych niekorzystnych zjawisk na zachód od Szczecina.

Na potrzeby Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina wykonano analizę różnych składowych warunków geologiczno-inżynierskich (Tabela 6) na 2 m p.p.t. i określono warunki budowlane w podziale na:

- dobre warunki budowlane;
- przeciętne warunki budowlane;
- ograniczone warunki budowlane.

Tabela 6 Macierz do ustalenia warunków budowlanych

Warunki budowlane	Głębokość zwierciadła wody nawierconej	Przydatność gruntów/skał do posadawiania obiektów budowlanych	Spadki terenu	Tereny górnicze	Osuwiska i obszary zagrożone ruchami masowymi	Podtopienia, powodzie
ograniczone	≤2 m p.p.t.	małoprzydatne	≥12%	jest	jest	jest
przeciętne	2-5 m p.p.t.	średnioprzydatne	5%-12%	brak	brak	brak
dobre	≥ 5 m p.p.t.	przydatne	≤ 5%			
nieokreślone	Jeśli brak danych do oceny					

Dobre warunki budowlane to warunki, w których bezpośrednie posadowienie większości obiektów budowlanych jest możliwe. Warunki te charakteryzuje mało zróżnicowana morfologia terenu, występowanie w podłożu gruntów/skał przydatnych do posadawiania obiektów budowlanych (Tabela 7) oraz położenie zwierciadła wody podziemnej poniżej 5 m p.p.t. Aby warunki można było uznać za dobre, na obszarze nie mogą występować tereny górnicze, osuwiska i obszary zagrożone ruchami masowymi, powodziami i podtopieniami a także obszary występowania historycznych zanieczyszczeń i zagrożeń szkodą w środowisku.

Przeciętne warunki budowlane charakteryzuje występowanie w podłożu gruntów/skał średnioprzydatnych do posadawiania obiektów budowlanych (Tabela 7) oraz położenie zwierciadła

wody podziemnej pomiędzy 2 a 5 m p.p.t. Podobnie jak w przypadku warunków dobrych, na obszarach przeciętnych warunków budowlanych nie mogą występować obszary niekorzystnych zjawisk (Tabela 6). Są to obszary, na których posadowienie bezpośrednie typowych obiektów budowlanych jest potencjalnie możliwe, wymaga jednak potwierdzenia za pomocą szczegółowego rozpoznania geologiczno-inżynierskiego i geotechnicznego.

Ograniczone warunki budowlane to warunki, na których realizacja obiektów budowlanych jest utrudniona, a posadowienie bezpośrednie nie jest możliwe. Są to obszary, które charakteryzują duże spadki terenu (powyżej 12%), występowanie w podłożu gruntów/skał małoprzydatnych do posadawiania obiektów budowlanych (Tabela 7) lub występowanie wody gruntowej powyżej 2 m p.p.t., a także występowanie przynajmniej jednego z niekorzystnych zjawisk tj.: terenów górniczych, osuwisk, obszarów zagrożonych ruchami masowymi oraz terenów zagrożonych powodziami lub podtopieniami.

Przy kwalifikowaniu gruntów do kategorii przydatności wykorzystano informacje zebrane podczas wydzielania serii geologiczno-inżynierskich (Tabela 4).

Na dokumentowanym terenie wydzielone serie geologiczno-inżynierskie zaliczono do jednej z trzech grup kategorii przydatności gruntów/skał do posadawiania obiektów budowlanych (Tabela 7): małoprzydatnych, średnioprzydatnych lub przydatnych.

Kategoryzacji dokonano w oparciu o klasyfikację punktową zgodnie z poniższą tabelą (Tabela 7). Przy kategoryzacji brano pod uwagę:

- genezę oraz stopień uporządkowania struktury;
- spoistość gruntu lub stopień zdiagenezowania skał;
- zawartość substancji organicznej;
- stan gruntu lub wytrzymałość skały.

W celu uzyskania końcowej kategorii gruntu, punkty uzyskane dla danego czynnika zsumowano, a wynik interpretowano zgodnie z tabelą poniżej (Tabela 7).

Ocenę warunków budowlanych uzyskano zestawiając wszystkie wyżej wymienione czynniki zgodnie z powyższą tabelą (Tabela 6).

Warunki budowlane przedstawiono na mapie warunków budowlanych w skali 1:10 000.

Na obszarze atlasu Szczecina niemal połowę obszaru (48%) stanowią ograniczone warunki budowlane. Są to głównie obszary występowania rozlewisk rzek Odry Zachodniej i Regalicy wraz jeziorem Dąbie oraz Małej Gunicy i Strugi Wołczkowskiej, obszary osuwiskowe na granicy wzgórz Warszewskich i doliny Odry oraz obszary o nachyleniach powyżej 12% w północno-zachodniej części obszaru.

Przeciętne warunki budowlane stanowią niemal 40% obszaru i występują na obszarze wysoczyzny w południowo zachodniej części obszaru oraz na wschód od doliny Odry na obszarze występowania piasków wodnolodowcowych, sandrowych oraz glin lodowcowych, a także w miejscach występowania porwaków iłów oligoceńskich oraz na obszarach występowania gruntów eolicznych w północno zachodniej części obszaru.

Dobre warunki budowlane stwierdzono lokalnie na północny i południowy zachód od Szczecina oraz w rejonie miejscowości Dąbie, na obszarach występowania rzecznych gruntów niespoistych i głęboko położonym zwierciadle wód gruntowych.

Na całym obszarze Atlasu Szczecina, ze względu na dominujące przeciętne lub ograniczone warunki budowlane, zaleca się każdorazowo szczegółowe rozpoznanie geologiczno-inżynierskie i geotechniczne w zależności od kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego.

Tabela 7 Klasyfikacja punktowa dla poszczególnych kategorii przydatności gruntów/skał

Czynnik brany pod uwagę	Rodzaje gruntów/skał	Punktacja
Geneza i stopień uporządkowania struktury	flisz, grunty koluwialno-deluwialne, nasypy niebudowlane, porwaki, grunty zwietrzelinowe rumosze, pustki	**5**
	grunty czwartorzędowe nierozdzielone litologicznie, grunty organiczne (w tym gleby), grunty zwietrzelinowe rezydualne, węgiel brunatny,	**10**
	grunty jeziorne, grunty morskie, grunty zastoiskowe, grunty eoliczne, grunty rzeczne, grunty rzeczno-wodnolodowcowe, grunty lodowcowe, grunty starsze niż czwartorzęd nierozdzielone litologicznie i genetycznie, grunty i skały nierozdzielone litologicznie i genetycznie starsze niż czwartorzęd	**15**
	grunty wodnolodowcowe, grunty preglacjalne	**20**
	nasypy budowlane, skały	**25**
Spoistość gruntu, stopień zdiagenezowania skały	pustki	**5**
	grunty spoiste, grunty organiczne (w tym gleby), węgiel brunatny	**10**
	grunty nierozdzielone pod względem spoistości (spoiste wraz z niespoistymi), grunty koluwialno-deluwialne, nasypy budowlane i niebudowlane	**15**
	grunty niespoiste, grunty i skały starsze niż czwartorzęd nierozdzielone litologicznie, flisz	**20**
	skały	**25**
Zawartość części organicznych	grunty organiczne (w tym gleby), węgle brunatne, pustki	**5**
	grunty z możliwą domieszką części organicznych: grunty koluwialno-deluwialne, nasypy niebudowlane, grunty i skały z przewarstwieniami węgli brunatnych	**15**
	grunty nieorganiczne, nasypy budowlane, skały (poza węglem brunatnym oraz gruntami i skałami z przewarstwieniami węgli brunatnych)	**25**
Stan gruntu, wytrzymałość skały	grunty organiczne holoceńskie (w tym gleby), grunty morskie holoceńskie, grunty eoliczne holoceńskie, grunty eoliczne czwartorzędowe nierozdzielone, grunty koluwialno-deluwialne, nasypy niebudowlane, grunty zwietrzelinowe rumosze, pustki	**5**
	grunty organiczne plejstoceńskie, grunty eoliczne plejstoceńskie, grunty zwietrzelinowe rezydualne, grunty jeziorne holoceńskie, grunty rzeczne holoceńskie, grunty czwartorzędowe nierozdzielone (poza gruntami eolicznymi, organicznymi, koluwialno-deluwialne	**10**
	grunty plejstoceńskie (poza gruntami eolicznymi i organicznymi), grunty neogeńskie i paleogeńskie, grunty i skały neogeńskie nierozdzielone, grunty i skały paleogeńskie nierozdzielone, flisz, porwaki, węgiel brunatny	**15**
	nasypy budowlane, skały miękkie (poza węglem brunatnym), skały mezozoiczne nierozdzielone	**20**
	skały twarde, skały paleozoiczne i starsze nierozdzielone	**25**
		SUMA PUNKTÓW
Przydatność gruntów/skał do posadawiania obiektów budowlanych	**Małoprzydatne**	**20-50)**
	Średnioprzydatne	**≤50-70)**
	Przydatne	**≥70**

5.5 MAPY TEMATYCZNE

Mapy tematyczne wykonano na podstawie reprezentatywnych archiwalnych otworów wiertniczych oraz otworów wykonanych na potrzeby niniejszego opracowania, zebranych w bazie otworowej w standardzie GeoStar p-BDGI. Przetwarzanie tych danych opierało się na dwóch głównych komponentach Systemu Przetwarzania Danych Geologiczno-Inżynierskich (SPGDI) - modelu danych bazy danych przestrzennych m-BDGI oraz modułu produkcji kartograficznej. opartego o rozwiązania Esri w programie ArcGIS PRO 2.9.2. Pozwala to na efektywne zarządzanie symbolizacją, wyglądem elementów ramek oraz procesem publikacji map tematycznych Atlasu geologiczno-inżynierskiego, co zapewnienia niezamienną jakość generowanych warstw przestrzennych i map.

Mapy przygotowano w skali 1:10 000 oraz w skali 1:50 000 i 1:100 000, w zależności od typu i przekazywanej informacji. Przy tworzeniu map wykorzystano podkłady topograficzne w odpowiedniej skali w układzie PL-1992 oraz Bazę Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k), która odpowiada szczegółowości mapy topograficznej w skali 1:10 000 w układzie PL-1992. Podkłady topograficzne oraz Baza Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) zostały pozyskane z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej za pozwoleniem.

Każdy z arkuszy map tematycznych jest oznaczony unikatowym kodem definiującym aglomerację, dla której dana mapa została wykonana, rodzaj mapy, identyfikator arkusza w danej skali oraz datę wygenerowania arkusza mapy.

Wszystkie mapy tematyczne powstały w oparciu o wytyczne zawarte w opracowaniu pod nazwą: *Atlasy geologiczno-inżynierskie w skali 1:10 000 lub mniejszej - Instrukcja wykonywania* [84]. Wykaz wykonanych map podano w tabeli (Tabela 8).

Tabela 8 Zestaw map tematycznych Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina

Mapa nr:	Nazwa mapy tematycznej	Skala mapy
1	Mapa lokalizacyjna	1:100 000
2	Mapa dokumentacyjna	1:10 000
3	Mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 1 m p.p.t.	1:10 000
4	Mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 2 m p.p.t.	1:10 000
5	Mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 5 m p.p.t.	1:10 000
6	Mapa głębokości do pierwszego zwierciadła wody podziemnej	1:10 000
7	Mapa (naturalnych) zagrożeń geologicznych	1:10 000
8	Mapa gruntów problematycznych	1:10 000
9	Mapa warunków budowlanych na głębokości 2 m p.p.t	1:10 000
10	Mapa zagospodarowania powierzchni i obszarów chronionych z elementami antropopresji	1:10 000
11	Mapa geomorfologiczna	1:50 000
12	Mapa udokumentowania terenu	1:100 000

Mapa lokalizacyjna – skala 1:100 000 (mapa nr 1)

Na mapie przedstawiono zasięg opracowania z podziałem na arkusze w skali 1:10 000 wraz z przebiegiem linii przekrojów geologiczno-inżynierskich na tle podziału administracyjnego.

Obszar opracowania został podzielony na 55 arkuszy na podstawie międzynarodowego podziału map topograficznych w skali 1:10 000 w układzie PL-1992. Godła tego podziału zostały zachowane w nazwach arkuszy wszystkich map tematycznych w skali 1:10 000.

Mapa lokalizacyjna została przedstawiona na rastrowym podkładzie mapy topograficznej w skali 1:100 000. Ponadto na mapie przedstawiono położenie obszaru opracowania na tle granic Polski.

Mapa dokumentacyjna – skala 1:10 000 (mapa nr 2)

Na mapie dokumentacyjnej przedstawiono zasięg opracowania, przebieg linii przekrojów geologiczno-inżynierskich oraz umieszczono położenie otworów wiertniczych uwzględnionych w tworzeniu Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina.

Mapa dokumentacyjna różnicuje otwory na archiwalne i wykonane na potrzeby opracowania oraz określono stopień dostępu do informacji geologicznej z danego otworu. Ze względu na czytelność mapy, w miejscach dużego zagęszczenia punktów dokumentacyjnych, zrezygnowano z etykietowania wszystkich otworów, ich nazwy wyświetlane są losowo. Szczegółowa informacja na temat punktu dokumentacyjnego, zawarta w punktowej warstwie wektorowej, jest dostępna internetowych serwisach mapowych PIG-PIB, np.: *https://geologia.pgi.gov.pl* lub w Narodowym Archiwum Geologicznym.

Na arkuszach mapy dokumentacyjnej jako podkład topograficzny wykorzystano Bazę Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) w skali 1:10 000. Ponadto każdy arkusz mapy opatrzono skorowidzem arkuszy, identyfikującym położenie arkusza na tle całego opracowania.

Mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 1/ 2/ 5 m p.p.t. – skala 1:10 000 (mapa nr 3, 4, 5)

Mapa przedstawia (na podstawie informacji z otworowej bazy danych p-BDGI) wyznaczony geostatystycznie (za pomocą alokacji euklidesowej) zasięg występowania serii (Tabela 4) czyli wydzieleń o jednakowych cechach genetyczno-litologicznych na zadanej głębokości, w tym przypadku na 3 głębokościach: 1, 2 i 5 m p.p.t.

Na każdej z map wyznaczony jest zasięg występowania danej serii geologiczno-inżynierskiej (Tabela 4) czyli wydzielenia o jednakowych cechach genetyczno-litologicznych na wybranej głębokości. Mapy serii geologiczno-inżynierskich przedstawione jako „cięcie" na zadanej głębokości ilustrują stopień złożoności budowy geologicznej, odzwierciedlają występowanie wydzielonych serii w poszczególnych punktach dokumentacyjnych na danej głębokości, a także obrazują stopień udokumentowania terenu. Obszary wydzielonych serii na mapach posiadają kolory zgodne z wydzieleniami na przekrojach geologiczno-inżynierskich.

Mapy te mogą być wykorzystywane dla projektowania posadowienia obiektów budownictwa typu lekkiego lub bardzo lekkiego, jak również w przypadku możliwych awarii urządzeń, środków transportu na obszarach chronionych. Mogą być również przydatne do projektowania tras infrastruktury podziemnej, a w połączeniu z mapą pierwszego poziomu wodonośnego informują o zdolnościach filtracyjnych gruntów. Mogą być również wykorzystane do opracowywania projektów robót geologicznych i programów badań geotechnicznych.

Ponadto Mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 2 m p.p.t. jest elementem składowym wykorzystanym do utworzenia mapy warunków budowlanych.

W arkuszach map serii geologiczno-inżynierskich jako podkład topograficzny wykorzystano umożliwiające zlokalizowanie się, wybrane i charakterystyczne elementy Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) w skali 1:10 000. Ponadto każdy arkusz mapy opatrzono skorowidzem arkuszy, identyfikującym położenie arkusza na tle całego opracowania.

Mapa głębokości do pierwszego zwierciadła wody podziemnej – skala 1:10 000 (mapa nr 6)

Mapa przedstawia głębokość pierwszego nawierconego zwierciadła wód podziemnych udokumentowanego w otworach archiwalnych oraz otworach z wierceń geologiczno-inżynierskich, wykonanych na potrzeby niniejszego opracowania, pokazując tym samym miąższość „warstwy suchej".

Informacje o położeniu pierwszego zwierciadła wód podziemnych pochodzą z długiego okresu czasu (lata 1920 – 2021). Przez ten okres głębokość do pierwszego zwierciadła wód podziemnych podlegała zmianom zarówno z przyczyn naturalnych, jak i antropogenicznych. Ponadto obszary, na których liczba punktów dokumentacyjnych jest niewielka, mogą nie odzwierciedlać faktycznego położenia zwierciadła wód podziemnych. W związku z tym przedstawiony na mapie obraz głębokości do pierwszego zwierciadła wód podziemnych może różnić się od obecnego stanu i należy go traktować jako syntetyczny, uśredniony z wielolecia.

Do zobrazowania położenia zwierciadła wody wykorzystano narzędzie geostatystyczne – alokację euklidesową. W efekcie przeprowadzonej analizy przestrzennej wyznaczono poligony przedstawiające głębokość do pierwszego nawierconego zwierciadła wody podziemnej sklasyfikowane i zróżnicowane graficzne w następujących przedziałach głębokości: płycej niż 1m p.p.t., 1-2 m p.p.t., 2-5 m p.p.t., 5-10 m p.p.t., 10-15 m p.p.t., 15-20 m p.p.t. i głębiej niż 20 m p.p.t. Dodatkowo na mapie pokazano poligony, na których znajdują się otwory wiertnicze, w których podczas wiercenia nie stwierdzono zwierciadła wody podziemnej do głębokości wykonania otworu. Te poligony również sklasyfikowano i zróżnicowano graficzne w dobranych tak samo jak w przypadku nawierconego zwierciadła, przedziałach głębokości. Należy zwrócić uwagę, że w profilach otworów, w warstwach spoistych lub organicznych, mogą znajdować się sączenia, które w analizie geoprzestrzennej nie są brane pod uwagę.

Ponadto na mapie przedstawiono punkty dokumentacyjne zróżnicowane graficznie na te, w których nawiercono wody podziemne i te, w których w całym profilu nie stwierdzono zwierciadła wód podziemnych. Dodatkowo punkty dokumentacyjne opatrzono etykietą informującą o głębokości nawierconego zwierciadła wód podziemnych (w m p.p.t.) lub o głębokości otworu jeśli takiego zwierciadła nie stwierdzono. Ze względu na czytelność mapy, w miejscach dużego zagęszczenia punktów dokumentacyjnych zrezygnowano z etykietowania wszystkich otworów, przez co mogą być

wyświetlane losowo. Szczegółowa informacja na temat punktu dokumentacyjnego, zawarta w punktowej warstwie wektorowej, jest dostępna internetowych serwisach mapowych PIG-PIB, np.: *https://geologia.pgi.gov.pl* lub w Narodowym Archiwum Geologicznym.

Na arkuszach Mapy głębokości do pierwszego zwierciadła wody podziemnej jako podkład topograficzny wykorzystano umożliwiające zlokalizowanie się, wybrane i charakterystyczne elementy Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) w skali 1:10 000. Ponadto każdy arkusz mapy opatrzono skorowidzem arkuszy, identyfikującym położenie arkusza na tle całego opracowania.

Mapa zagrożeń geologicznych – skala 1:10 000 (mapa nr 7)

Mapa zagrożeń geologicznych opiera się o materiały archiwalne (w tym zewnętrzne bazy danych), kartowanie geologiczno-inżynierskie oraz analizy geoprzestrzenne. Mapa przedstawia obszary zagrożone występowaniem elementów niekorzystnych z punktu widzenia kształtowania struktur funkcjonalno-przestrzennych dla potrzeb budownictwa:

- Tereny górnicze (baza ROG);
- Osuwiska i tereny zagrożone ruchami masowymi (baza SOPO);
- Obszary zagrożone podtopieniami (powódź od wód gruntowych) – (baza CBDG5);
- Obszary o prawdopodobieństwie wystąpienia powodzi 0,2% raz na 500 lat (baza ISOK);
- Obszary występowania mokradeł (baza CBDG5);
- Spadki terenu w podziale na 5-12% i większe od 12% (baza m-BDGI).

Mapa zagrożeń geologicznych wskazuje tereny, na których ze względu na zagrożenia geologiczne istnieją znaczne ograniczenia dotyczące projektowania obiektów budowlanych. Mapę tę powinno się analizować uwzględniając Mapę warunków budowlanych na 2 m p.p.t., szczególnie na etapie projektowania inwestycji budowlanej i wstępnych założeń planistycznych dla zagospodarowania przestrzennego.

Na Mapie zagrożeń geologicznych jako podkład topograficzny wykorzystano umożliwiające zlokalizowanie się, wybrane i charakterystyczne elementy Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) w skali 1:10 000. Ponadto każdy arkusz mapy opatrzono skorowidzem arkuszy, identyfikującym położenie arkusza na tle całego opracowania.

Mapa gruntów problematycznych – skala 1:10 000 (mapa nr 8)

Mapa gruntów problematycznych powstała w oparciu o materiały archiwalne (w tym zewnętrzne bazy danych), kartowanie geologiczno-inżynierskie oraz analizy geoprzestrzenne. Mapa przedstawia obszary jako strefy buforowe, na których występują grunty problematyczne, jako małoprzydatne z punktu widzenia potrzeb budownictwa i które powinny być uwzględnione na etapie tworzenia planów zagospodarowania przestrzennego:

- Grunty antropogeniczne – punkty dokumentacyjne, w których nawiercono nasypy niebudowlane (baza m-BDGI);
- Grunty antropogeniczne – szacunkowy zasięg nasypów niebudowlanych (baza m-BDGI);
- Grunty organiczne – punkty dokumentacyjne, w których nawiercono grunty organiczne (baza m-BDGI);
- Grunty organiczne – szacunkowy zasięg gruntów organicznych (baza m-BDGI);
- Grunty ekspansywne – punkty dokumentacyjne, w których nawiercono grunty ekspansywne (baza m-BDGI);
- Grunty ekspansywne – szacunkowy zasięg gruntów ekspansywnych (baza m-BDGI).

Mapa wskazuje miejsca, w których ze względu na występowanie gruntów problematycznych mogą wystąpić znaczne ograniczenia dotyczące projektowania obiektów budowlanych. Mapę tę, podobnie

jak mapę zagrożeń geologicznych, powinno się analizować z uwzględnieniem Mapy warunków budowlanych na 2 m p.p.t., szczególnie na etapie projektowania inwestycji budowlanej i wstępnych założeń planistycznych dla zagospodarowania przestrzennego.

Dodatkowo wszystkie punkty dokumentacyjne opatrzono etykietą informującą o miąższości danego wydzielenia (m). Ze względu na czytelność mapy, w miejscach dużego zagęszczenia punktów dokumentacyjnych zrezygnowano z etykietowania wszystkich otworów i mogą wyświetlane być wyświetlane losowo. Szczegółowa informacja na temat punktu dokumentacyjnego, zawarta w punktowej warstwie wektorowej, jest dostępna internetowych serwisach mapowych PIG-PIB, np.: *https://geologia.pgi.gov.pl* lub w Narodowym Archiwum Geologicznym.

Na arkuszach Mapy gruntów problematycznych jako podkład topograficzny wykorzystano umożliwiające zlokalizowanie się, wybrane i charakterystyczne elementy Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) w skali 1:10 000. Ponadto każdy arkusz mapy opatrzono skorowidzem arkuszy, identyfikującym położenie arkusza na tle całego opracowania.

Mapa warunków budowlanych na głębokości 2 m p.p.t – skala 1:10 000 (mapa nr 9)

Mapa warunków budowlanych na głębokości 2 m p.p.t. jest mapą syntetyczną uwzględniającą istotne czynniki kształtujące warunki budowlane, na które składają się: warunki gruntowe, hydrogeologiczne oraz szereg procesów geologicznych i geodynamicznych występujących w podłożu budowlanym.

Na potrzeby mapy przy kwalifikowaniu terenów pod względem ich przydatności dla celów budowlanych należy wykorzystać informacje zebrane podczas wydzielania serii geologiczno-inżynierskich [84]. W tym celu serie geologiczno-inżynierskie występujące na 2 m p.p.t. grupuje się w oparciu o zbliżone właściwości fizyczno-mechaniczne. Określając ich kategorię pod względem przydatności gruntów dla budownictwa, bierze się pod uwagę stopień skonsolidowania gruntów i dopuszczalne obciążenia.

Na terenie opracowania, zgodnie z instrukcją wykonywania atlasów [84] serie geologiczno-inżynierskie zaliczono do jednej z trzech poniżej wymienionych grup kategorii przydatności gruntów/skał do posadawiania obiektów budowlanych: małoprzydatne, średnioprzydatne i przydatne (Rozdział 5.4.2.1, Tabela 7).

Mapę warunków budowlanych, zgodnie z wytycznymi [84], uzyskuje się zestawiając kategorie przydatności ze spadkami terenu i głębokością do pierwszego nawierconego zwierciadła wód podziemnych oraz elementami z możliwym negatywnym wpływem na obiekty budowlane, takich jak: tereny górnicze, tereny osuwiskowe wraz z obszarami zagrożonymi ruchami masowymi, obszary możliwych podtopień i powodzi o 0,2% prawdopodobieństwie wystąpienia (woda 500 letnia), obszary występowania zjawisk krasowych. Zgodnie z tabelą (Tabela 6) na mapie wydzielono następujące warunki budowlane:

- **ograniczone** warunki budowlane – na których realizacja obiektów budowlanych jest utrudniona, a posadowienie bezpośrednie nie jest możliwe;
- **przeciętne** warunki budowlane – są to obszary, na których posadowienie bezpośrednie typowych obiektów budowlanych jest potencjalnie możliwe, wymaga jednak potwierdzenia za pomocą szczegółowego rozpoznania geologiczno-inżynierskiego i geotechnicznego;
- **dobre** warunki budowlane – są to obszary, na których bezpośrednie posadowienie większości obiektów budowlanych jest możliwe.

Mapę warunków budowlanych opracowano z przeznaczeniem dla potrzeb planowania przestrzennego, w tym dla projektów budowlanych obiektów budownictwa mieszkaniowego i wszelkiego rodzaju obiektów liniowych, a także oceny geologiczno-inżynierskiej obszarów przeznaczonych dla różnego rodzaju inwestycji.

W Mapie warunków budowlanych jako podkład topograficzny wykorzystano umożliwiające zlokalizowanie się, wybrane i charakterystyczne elementy Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) w skali 1:10 000. Ponadto każdy arkusz mapy opatrzono skorowidzem arkuszy, identyfikującym położenie arkusza na tle całego opracowania.

Mapa zagospodarowania powierzchni i obszarów chronionych z elementami antropopresji – skala 1:10 000 (mapa nr 10)

Mapę zagospodarowania powierzchni i obszarów chronionych z elementami antropopresji opiera się o materiały archiwalne (w tym zewnętrzne bazy danych), kartowanie geologiczno-inżynierskie oraz analizy geoprzestrzenne. Jest to mapa syntetyczna, uwzględniająca istotne czynniki mogące wpływać na wybór lokalizacji posadowienia obiektu budowlanego oraz kształtujące przeznaczenie danego obszaru w planach zagospodarowania przestrzennego. Mapa obrazuje aktualne (na czas wykonania mapy) kierunki gospodarowania przestrzeni, wskazuje zasięg obszarów chronionych i objętych ochroną uzdrowiskową, przedstawia wybrane elementy presji człowieka na środowiska oraz prezentuje położenie złóż przydatnych w budownictwie.

Mapę w części przedstawiającą zagospodarowanie przestrzenne terenu opracowano na podstawie informacji uzyskanych z urzędów administracji publicznej (urzędy miejskie i gminy), głównie w oparciu o studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego (SUiKZP) oraz miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (MPZP). Dzięki temu, zgodnie z wytycznymi [84] na mapie, możliwe było przedstawienie zagospodarowania powierzchni terenu w podziale między innymi na tereny zabudowy społeczno-technicznej, tereny zabudowy mieszkaniowej, tereny zielone i uprawne, tereny transportu drogowego, kolejowego, lotniczego i wodnego, itp.

Ponadto Mapa zagospodarowania powierzchni i obszarów chronionych z elementami antropopresji przedstawia następujące komponenty:

- Obszary chronione:
  - Parki narodowe;
  - Parki krajobrazowe;
  - Rezerwaty przyrody;
  - Natura 2000 – obszary specjalnej ochrony ptaków;
  - Natura 2000 – specjalne obszary ochrony siedlisk;
- Obszary ochrony uzdrowiskowej:
  - Strefa ochronna A;
  - Strefa ochronna B;
  - Strefa ochronna C;
- Elementy antropopresji:
  - Stacje paliw;
  - Emitory pyłów i gazów;
  - Miejsca zrzutu ścieków;
  - Oczyszczalnie ścieków;
  - Stacje przeładunkowe odpadów;
  - Obiekty odzysku i unieszkodliwiania odpadów;
  - Składowiska odpadów;
  - Magazyny substancji niebezpiecznych;
  - Elektrownie i elektrociepłownie;
  - Zakłady przemysłowe;

- Bazy transportowe/przeładunkowe;
- Lotniska;
- Porty;

- Udokumentowane złoża surowców przydatnych dla budownictwa:
  - Surowce ilaste do produkcji kruszywa lekkiego;
  - Surowce ilaste do produkcji cementu;
  - Piaski i żwiry;
  - Piaski podsadzkowe;
  - Surowce dla prac inżynierskich.

Na arkuszach Mapy gruntów problematycznych jako podkład topograficzny wykorzystano umożliwiające zlokalizowanie się, wybrane i charakterystyczne elementy Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) w skali 1:10 000. Dodatkowo każdy arkusz mapy opatrzono skorowidzem arkuszy, identyfikującym położenie arkusza na tle całego opracowania.

Mapa geomorfologiczna – skala 1:50 000 (mapa nr 11)

Mapa geomorfologiczna opiera się o materiały archiwalne oraz kartowanie geologiczno-inżynierskie i została opracowana w oparciu o numeryczny model terenu (NMT) pochodzący z zasobów ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju) oraz szkice geomorfologiczne wykonane na potrzeby Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000: arkusze: Tanowo (0189), Police (0190), Goleniów (0191), Dołuje (0227), Szczecin (0228), Wielgowo (0229), Gryfino (0265), Żelisławiec(0266), Stare Czarnowo (0267).

Zgodnie z wytycznymi [84], mapa przedstawia informacje o położeniu wydzielonych i zintegrowanych na potrzeby opracowywania Atlasu geologiczno-inżynierskiego form geomorfologicznych. Formy te wyznaczają procesy, które je ukształtowały, określając wiek, w którym powstały, a przede wszystkim ich genezę. Dzięki temu Mapa geomorfologiczna została wykorzystana przy wydzielaniu serii geologiczno-inżynierskich w profilach otworów wprowadzonych do bazy głównie tam, gdzie ich geneza na etapie dokumentowania nie mogła być określona.

W Mapie warunków budowlanych jako podkład topograficzny wykorzystano umożliwiające zlokalizowanie się, wybrane i charakterystyczne elementy Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) w symbolizacji przystosowanej dla skali 1:50 000. Ponadto każdy arkusz mapy opatrzono skorowidzem arkuszy, identyfikującym położenie arkusza na tle całego opracowania.

Mapa zakresu udokumentowania terenu – skala 1:100 000 (mapa nr 11)

Mapę utworzono na podstawie kryterium, jakim była liczba punktów dokumentacyjnych (przeważnie otworów wiertniczych) na kilometr kwadratowy. Stworzono siatkę kilometrażową, dla której za pomocą metod geostatystycznych przypisano liczbę punktów dokumentacyjnych z bazy BDGI.

Na potrzeby tworzenia atlasu geologiczno-inżynierskiego przyjmuje się następujące przedziały zakresu udokumentowania:

- teren bardzo dobrze udokumentowany – powyżej 60 otworów na km^2;
- teren dobrze udokumentowany – od 40 do 60 otworów na km^2;
- teren wystarczająco udokumentowany – od 20 do 40 otworów na km^2;
- teren przeznaczony do dalszego udokumentowania – poniżej 20 otworów na km^2.

Mapa lokalizacyjna została przedstawiona na rastrowym podkładzie mapy topograficznej w skali 1:100 000. Ponadto na mapie przedstawiono położenie obszaru opracowania na tle granic Polski.

5.6 PRZEKROJE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE

W ramach Atlasu wykonano 5 przekrojów geologiczno-inżynierskich w skali pionowej 1:500 oraz skali poziomej 1:10 000. Przekroje w sposób syntetyczny przedstawiają układ serii geologiczno-inżynierskich na obszarze Atlasu Szczecina. Linie przekrojów poprowadzono tak, aby uwzględnić złożoność warunków geologiczno-inżynierskich całego omawianego obszaru. W tym celu wykonano:

- **Przekrój 1** o przebiegu W-E, przechodzący przez gminy: Police oraz Goleniów;
- **Przekrój 2** o przebiegu W-NE-E, przechodzący przez gminy: Dobra, Police, Szczecin oraz Goleniów;
- **Przekrój 3** o przebiegu W-SEE-E, przechodzący przez gminy: Dobra oraz Szczecin;
- **Przekrój 4** o przebiegu NW-SEE, przechodzący przez gminy: Kołbaskowo, Gryfino oraz Szczecin;
- **Przekrój 5** o przebieg N-S, przechodzący przez gminy: Police, Szczecin, Dobra i Kołbaskowo.

Przebieg przekrojów przedstawiono na mapie lokalizacyjnej oraz na mapie dokumentacyjnej. Wydzielone na przekrojach serie geologiczno-inżynierskie oraz ich symbolizacja w postaci palety barw są zgodne z mapami geologiczno-inżynierskich na różnych głębokościach, które opisano w rozdziale 5.5. Szczegółowe informacje między innymi nt. położenia zwierciadła wody, rodzaju i stanu gruntów występujących w otworach na przekrojach geologiczno-inżynierskich, zawierają Karty punktu dokumentacyjnego.

Ze względu na zmienne oraz miejscami duże odległości pomiędzy otworami, wyinterpretowany pomiędzy nimi układ serii geologiczno-inżynierskich może się różnić od stwierdzonych w terenie. W miarę potrzeby do interpretacji pomiędzy otworami wykorzystano również wyniki badań geofizycznych. Dodatkowo, należy zwrócić uwagę na mogące pojawiać się różnice pomiędzy interpretacją przestrzenną serii geologiczno-inżynierskich na przekrojach oraz na mapach na różnych głębokościach, co wynika z metodyki wykonywania map [84].

5.7 OBSZARY DO DALSZEGO UDOKUMENTOWANIA

W trakcie tworzenia bazy danych oraz wykonywania Atlasu geologiczno-inżynierskiego przeprowadzono analizę stopnia rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich na obszarze opracowania. Wyznaczono w ten sposób rejony o różnym stopniu udokumentowania, co przedstawiono na mapie zakresu udokumentowania terenu w skali 1:100 000.

Najlepiej udokumentowany jest teren miast Szczecin i Police, gdzie niemal wszędzie stwierdzono bardzo dobre udokumentowanie terenu. Ponadto dobrze udokumentowane są także zurbanizowane miejscowości, zlokalizowane przy granicach Szczecina, takie jak np. Mierzyn, Płonia, Przecław. Uwagę zwraca także pas obszaru dobrze udokumentowanego, rozciągający się po zachodniej stronie Szczecina i przebiegający od okolic Kołbaskowa do Polic. Jest on związany z projektowaną w tym rejonie inwestycją liniową „S6 Zachodnie Drogowe Obejście Szczecina". W takich sytuacjach należy mieć na uwadze, że pomimo dobrego udokumentowania terenu, większość punktów dokumentacyjnych skupionych jest w wzdłuż wąskiego, ale długiego obszaru inwestycji.

Większość terenu poza wymienionymi wyżej obszarami jest bardzo słabo udokumentowana, liczba otworów na km^2 jest miejscami dużo niższa od 20. Są to tereny przeznaczone do dalszego udokumentowania. Podczas planowania inwestycji na tych obszarach przy wstępnym rozpoznaniu podłoża gruntowego korzystanie tylko z materiałów archiwalnych jest niewystarczające i wymaga dodatkowego rozpoznania budowy podłoża.

6 LITERATURA I AKTY PRAWNE

Do opracowania Atlasu wykorzystano i oparto się na następujących materiałach i dokumentach:

Akty prawne, dokumenty strategiczne na poziomie krajowym:

[1] Decyzja komisji z dnia 13 listopada 2007 r. przyjmująca, na mocy dyrektywy Rady 92/43/EWG, pierwszy zaktualizowany wykaz terenów mających znaczenie dla Wspólnoty, składających się na kontynentalny region biogeograficzny (notyfikowana jako dokument C(2007)5043)(2008/25/WE) (Dz. U. UE L 12/383)

[2] Decyzja komisji z dnia 12 grudnia 2008 r. przyjmująca na mocy dyrektywy Rady 92/43/EWG drugi zaktualizowany wykaz terenów mających znaczenie dla Wspólnoty składających się na kontynentalny region biogeograficzny (notyfikowana jako dokument nr C(2008) 8039)(2009/93/WE). (Dz. U. UE L 43/63)

[3] Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2011

[4] Rezolucja przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne ONZ w dniu 25 września 2015 r. Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 (A/RES/70/1), źródło internetowe: https://www.gov.pl/web/rozwoj-praca-technologia/agenda-2030

[5] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 8 listopada 2021 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie obszarów specjalnej ochrony ptaków. (Dz.U.2022 poz.96)

[6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 stycznia 2011 r. w sprawie obszarów specjalnej ochrony ptaków (Dz. U. 2011, Nr. 25 poz. 133)

[7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. 2011 nr 288 poz. 1696)

[8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie korzystania z informacji geologicznej za wynagrodzeniem (Dz. U. 2011 nr 292 poz. 1724)

[9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. 2015 poz. 964)

[10] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. 2012 poz. 463)

[11] Rozporządzenie Nr 1/2001 Wojewody Zachodniopomorskiego z dnia 15 lutego 2001 r. w sprawie uznania za zespół przyrodniczo-krajobrazowy obszaru położonego w mieście Szczecinie. (Dz. Urz. Woj. Zach. 2001 nr 6 poz. 76)

[12] Rozporządzenie Nr 12/2002 Wojewody Zachodniopomorskiego z dnia 9 lipca 2002 r. w sprawie ustanowienia planu ochrony dla rezerwatu przyrody "Wzgórze Widokowe nad Międzyodrzem". (Dz. Urz. Woj. Zach. 2002 nr 52, poz. 1125)

[13] Rozporządzenie Nr 22/2003 Wojewody Zachodniopomorskiego z dnia 15 grudnia 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie uznania za zespół przyrodniczo-krajobrazowy obszaru położonego w mieście Szczecinie. (Dz. Urz. Woj. Zach. 2003 nr 128, poz. 2453)

[14] Rozporządzenie Nr 9/2005 Wojewody Zachodniopomorskiego z dnia 25 maja 2005 r. w sprawie Parku Krajobrazowego Dolina Dolnej Odry. (Dz. Urz. Woj. Zach. 2005 nr 45, poz. 1051,1052)

[15]Rozporządzenie Nr 113/2006 Wojewody Zachodniopomorskiego z dnia 22 sierpnia 2006 r. w sprawie ustanowienia Planu ochrony Szczecińskiego Parku Krajobrazowego "Puszcza Bukowa". (Dz. Urz. Woj. Zach. 2006 nr 95, poz. 1777)

[16]Rozporządzenie Nr 81/2007 Wojewody Zachodniopomorskiego z dnia 27 listopada 2007 r. w sprawie ustanowienia planu ochrony dla rezerwatu przyrody "Kanał Kwiatowy". (Dz. Urz. Woj. Zach. 2007 nr 119, poz. 2157)

[17]Rozporządzenie Nr 15/2008 Wojewody Zachodniopomorskiego z dnia 26 marca 2008 r. w sprawie ustanowienia planu ochrony dla rezerwatu przyrody "Kurowskie Błota" (Dz. Urz. Woj. Zach. 2008 nr 39, poz. 798)

[18]Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. 2012 poz. 1247)

[19]Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. 2019 poz. 2494)

[20]Strategia Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego Wersja 3.0 z dnia 17 maja 2022 r.

[21]Uchwała nr 198 Rady Ministrów z dnia 20 października 2015 r. w sprawie przyjęcia Krajowej Polityki Miejskiej (M. P. 2015 poz. 1235)

[22]Uchwała nr XVII/214/20 Sejmiku Województwa Zachodniopomorskiego z dnia 24 czerwca 2020 r. zmieniająca uchwałę w sprawie uchwalenia Planu Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Zachodniopomorskiego

[23]Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (t.j. Dz. U. 2021 poz. 1973 z późn. zm.)

[24]Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (t.j. Dz. U. 2022 poz. 503)

[25]Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (t.j. Dz. U. 2022 poz. 1072 z późn. zm.)

[26]Zarządzenie Ministra Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego z dnia 10 listopada 1976 r. w sprawie uznania za rezerwaty przyrody. (M.P. 1976 nr 42, poz. 206)

[27]Zarządzenie Nr 9/2011 Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 28 kwietnia 2011 r. w sprawie rezerwatu przyrody "Zdroje" (Dz. Urz. Woj. Zach. 2011 r. nr 77 poz. 1451)

[28]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 10 grudnia 2015 r. zmieniające zarządzenie w sprawie ustanowienia planu zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000 Dolna Odra PLH320037 (Dz. Urz. Woj. Zach. 2015 poz. 5419)

[29]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 24 listopada 2016 r. w sprawie planu ochrony rezerwatu przyrody "Zdroje" (Dz. Urz. Woj. Zach. 2016 poz. 4602)

[30]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 21 grudnia 2016 r. w sprawie rezerwatu przyrody „Wzgórze Widokowe nad Międzyodrzem" (Dz. Urz. Woj. Zach. 2016 poz. 5223)

[31]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 5 kwietnia 2017 r. zmieniające zarządzenie w sprawie ustanowienia planu zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000 Jezioro Świdwie PLB320006 (Dz. Urz. Woj. Zach. 2017 poz. 1515)

[32]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 27 kwietnia 2017 r. zmieniające zarządzenie w sprawie ustanowienia planu zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000 Dolina Dolnej Odry PLB320003 (Dz. Urz. Woj. Zach. 2017 poz. 2183)

[33]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 7 lipca 2017 r. zmieniające zarządzenie w sprawie ustanowienia planu zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000 Wzgórza Bukowe PLH320020 (Dz. Urz. Woj. Zach. 2017 poz. 3075)

[34]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 17 października 2017 r. w sprawie rezerwatu przyrody "Kurowskie Błota" (Dz. Urz. Woj. Zach. 2017 poz. 4183)

[35]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 15 listopada 2017 r. w sprawie rezerwatu przyrody "Bukowe Zdroje im. Profesora Tadeusza Dominika" (Dz. Urz. Woj. Zach. 2017 poz. 4680)

[36]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 5 grudnia 2017 r. zmieniające zarządzenie w sprawie ustanowienia planu ochrony dla rezerwatu przyrody "Bukowe Zdroje im. profesora Tadeusza Dominika" (Dz. Urz. Woj. Zach. 2017 poz. 5147)

[37]Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 18 marca 2019 r. zmieniające zarządzenie w sprawie ustanowienia planu zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000 Puszcza Goleniowska PLB320012 (Dz. Urz. Woj. Zach. 2019 poz. 1512)

[38]UCHWAŁA Nr X/287/07 Rady Miasta Szczecin z dnia 11 czerwca 2007 r. w sprawie ustanowienia użytków ekologicznych i zespołów przyrodniczo-krajobrazowych. (Dz. Urz. Woj. Zach. 2007 nr 86, poz. 1430)

[39]UCHWAŁA Nr XXXI/830/17 Rady Miasta Szczecin z dnia 20 czerwca 2017 r. zmieniająca uchwałę Nr X/287/07 z dnia 11 czerwca 2007 r. w sprawie ustanowienia użytków ekologicznych i zespołów przyrodniczo-krajobrazowych. (Dz. Urz. Woj. Zach. 2017 poz. 3191)

Normy:

[40]PN-B-02480:1986 (wycofana) Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów

[41]PN-B-04452:2002 (wycofana) Geotechnika. Badania polowe

[42]PN-B-04481:1988 (wycofana) Grunty budowlane. Badania próbek gruntu

[43]PN-EN 1997-2:2009P Projektowanie geotechniczne. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego

[44]PN-EN ISO 14688-1:2018-05 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis

[45]PN-EN ISO 14688-2:2018-05 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania

[46]PN-EN ISO 17892-1:2015-02 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 1: Oznaczanie wilgotności naturalnej

[47]PN-EN ISO 17892-2:2015-02 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 2: Oznaczanie gęstości objętościowej.

[48]PN-EN ISO-17892-4:2017-01 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 4: Badanie uziarnienia gruntów

[49]PN-EN ISO 17892-5:2017-06 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 5: Badanie edometryczne gruntów

[50]PN-EN ISO 17892-8:2018-05 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 8: Badania trójosiowe bez konsolidacji i bez odpływu

[51]PN-EN ISO 17892-9:2018-05 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 9: Ściskanie trójosiowe z konsolidacją na próbkach całkowicie nasyconych wodą

[52]PN-EN ISO 17892-11:2019-05 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 11: Badania filtracji

[53]PN-EN ISO 17892-12:2018-08 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12: Oznaczanie granic płynności i plastyczności

[54]PN-EN ISO 22475-1:2006E Rozpoznanie i badania geotechniczne. Pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych. Część 1: Techniczne zasady wykonywania

[55]PN-G-02305-5:2002P Wiercenia małośrednicowe i hydrogeologiczne. Wiertnice. Wymagania bezpieczeństwa

Literatura:

[56]Bącik A., Fuszara P. 2006 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000, arkusz Dołuje (227). PIG-PIB, Warszawa.

[57]Chmal R., Karbowniczak A. 2014 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 50 000, arkusz Tanowo (189) – reambulacja wersji opracowanej przez E. Dobracką w 1982 roku. PIG-PIB, Warszawa

[58]Chmal R., Karbowniczak A. 2015 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Tanowo (189) – reambulacja wersji opracowanej przez E. Dobracką w 1981 roku. PIG-PIB, Warszawa

[59]Dadlez R. (red.), 1998 – Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Niżu Polskim, w skali 1:500 000. PIG, Warszawa

[60]Dobracka E. 1997 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Tanowo (189). PIG-PIB, Warszawa

[61]Dobracka E. 1997 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Tanowo (189). PIG-PIB, Warszawa

[62]Dobracki R. 1982 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczecin (228). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa

[63]Dobracki R. 1982 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczecin (228). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

[64]Duda T., 2013: Sedymentacja osadów fluwialnych w Dolinie Dolnej Odry rozwijające się pod wpływem długotrwałego wzrostu poziomu morza. Uniwersytet Szczeciński Rozprawy i Studia T. (CMXLV) 871.11

[65]Fuszara P. 2006 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1: 50 000, arkusz Tanowo (189). PIG-PIB, Warszawa

[66]Hoc R. 2000 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Dołuje (227). PIG-PIB, Warszawa

[67]Hoc R., Fuszara P. 2000 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Dołuje (227). PIG-PIB, Warszawa

[68]Hoc R. 2000 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Gryfino (265). PIG-PIB, Warszawa

[69]Hoc R., Fuszara P., Wiśniowski Z. 2000 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Gryfino (265). PIG-PIB, Warszawa

[70] Hoc R. 2000 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Żelisławiec (266) PIG-PIB, Warszawa

[71]Jaros M. i in. 2018 – Instrukcja prowadzenia i aktualizacji Bazy Danych Właściwości Fizycznych i Mechanicznych głównych typów litologicznych gruntów i skał Polski (stan na 30.11.2018 r.). PIG-PIB, Warszawa

[72]Jaros M. i in. 2020 - Projekt robót geologicznych w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby zagospodarowania przestrzennego i sporządzenia Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Arch. NAG.

[73]Jezierski P., Fuszara P. 2005 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000, arkusz Żelisławiec (266). PIG-PIB, Warszawa

[74]Jezierski P., Hoc R. 2006 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000, arkusz Szczecin (228). PIG-PIB, Warszawa.

[75]Jodłowski J., Kruzel A., Poroszewski K. 2017 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Gryfino (265) – reambulacja wersji opracowanej przez R. Dobrackiego w 1980 roku. PIG-PIB, Warszawa

[76]Jodłowski J., Kruzel A., Poroszewski K. 2017 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Żelisławiec (266) – reambulacja wersji opracowanej przez M. Kurzawa w 1993 roku. PIG-PIB, Warszawa

[77]Jodłowski J., Kruzel A., Poroszewski K. 2018 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Gryfino (265). Ministerstwo Środowiska, Warszawa

[78]Jodłowski J., Kruzel A., Poroszewski K. 2018 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Żelisławiec (266). Ministerstwo Środowiska, Warszawa

[79]Judkowiak M., Samel I., Majer E., Sokołowska M., Majer K. 2021 – Problemy i wyzwania w prowadzeniu Otworowej Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (p-BDGI). Przegląd Geologiczny vol 69, nr 11: 772-778

[80]Kaczor D. 2000 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Goleniów (191). PIG-PIB, Warszawa

[81]Kurzawa M., 2004 – Zapis ruchów neotektonicznych w osadach plejstocenu północnozachodniej Polski. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa

[82]Leroueil S., Le Bihan J.P., 1996 – Liquid limits and fall cones, Can. Geotech. J., 33:793-798 za: Jaśkiewicz K., Wszędyrówny-Nast M., 2017 – Ocena możliwości stosowania metody jednopunktowej z wykorzystaniem penetrometru stożkowego w celu oznaczenia granicy płynności, Przegląd Geologiczny, vol. 65, nr 10/2, Warszawa

[83]Majer E., Sokołowska M., Frankowski Z. (red.) i in. 2018 – Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego (w świetle wymagań Eurokodu 7). PIG-PIB Warszawa

[84]Majer K, Ryżyński G. (red.) 2022 – Atlasy geologiczno-inżynierskie w skali 1:10 000 lub mniejszej. Instrukcja wykonywania. PIG-PIB, Warszawa

[85]Matkowska Z. 1997 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Police (190). PIG-PIB, Warszawa.

[86]Matkowska Z. 1997 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Police (190). PIG-PIB, Warszawa.

[87]Matkowska Z. 1997 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczecin (228). PIG-PIB. Warszawa

[88]Matkowska Z. 1997 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczecin (228). PIG-PIB, Warszawa

[89]Mojski J. E., 1990 - Niektóre zagadnienia geologii kenozoiku Pomorza. Przegląd Geologiczny, vol. 38, Nr 5-6

[90]Myślińska E. 2016 – Laboratoryjne badania gruntów i gleb. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa

[91]Nowicki Z. (red.), Prażak J., Frankowski Z., Janecka-Styrcz K., Gałkowski P., Jaros M., Majer K., Hordejuk M. 2007 – Mapa obszarów zagrożonych podtopieniami w Polsce. PIG, Warszawa

[92]Pazdro Z., Kozerski B., 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa

[93]Piotrowski A. 1982 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Police (190). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa

[94]Piotrowski A. 1982 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Police (190). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

[95]Piotrowski A., Relisko-Rybak J., Schiewe M. 2015 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Dołuje (227) – reambulacja wersji opracowanej przez A. Piotrowskiego w 1979 roku. PIG-PIB, Warszawa

[96]Piotrowski A., Schiewe M., Relisko-Rybak J. 2015 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Dołuje (227) – reambulacja wersji opracowanej przez A. Piotrowskiego w 1981 roku. PIG-PIB, Warszawa

[97]Piotrowski A., Schiewe M. 2021 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 50 000, arkusz Goleniów (191). PIG-PIB, Warszawa

[98]Piotrowski A., Schiewe M. 2021 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Goleniów (191) – reambulacja wersji opracowanej przez J. Dadleza w 1959 roku, PIG-PIB, Warszawa

[99]Rodzoch A., Muter K. 2018 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000, arkusz Goleniów (191). PIG-PIB, Warszawa

[100] Rozkrut D. (red.) 2021 – Rocznik Demograficzny 2021. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa

[101] Ruszała M. 1986 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Wielgowo (229). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa

[102] Ruszała M. 1988 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Wielgowo (229). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa

[103] Ruszała M. 1995 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Stare Czarnowo (267). PIG-PIB, Warszawa

[104] Ruszała M. 1999 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Stare Czarnowo (267). PIG-PIB, Warszawa

[105] Samel I. i in. 2022 – Baza Danych Geologiczno-inżynierskich (BDGI). Instrukcja prowadzenia otworowej bazy danych. PIG-PIB, Warszawa

[106] Schiewe M., Bącik A., Fuszara P. 2005 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000, arkusz Stare Czarnowo (267). PIG-PIB, Warszawa

[107] Schiewe M., Fuszara P. 2006 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000, arkusz Police (190). PIG-PIB, Warszawa

[108] Schiewe M., Wiśniowski Z. 2004 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, Stare Czarnowo (267). PIG-PIB, Warszawa

[109] Schiewe M., Wiśniowski Z. 2004 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Stare Czarnowo (267). PIG-PIB, Warszawa

[110] Seul C., 2015 – Warunki geologiczno-inżynierskie na obszarze strefy krawędziowej Wzgórz Warszewskich. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Section B, vol. LXX, z.2, 9-25

[111] Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chab Ł., Dobrowolski R., Grzegorczyk I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Ziaja, W. 2018 – Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. Geographia Polonica Vol. 91.: 143-170

[112] Śliwka R. 2006 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000, arkusz Gryfino (265). PIG-PIB, Warszawa

[113] Walkowiak J., Karkowski A., Pająk W. 2016 – Program Ochrony Środowiska Powiatu Polickiego na lata 2016 – 2019 z perspektywą do roku 2023, Greenkey na zlecenie Zarządu Powiatu w Policach, Police

[114] Wiśniowski Z. 2000 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Wielgowo (229), PIG-PIB, Warszawa

[115] Wiśniowski Z. 2005 – Mapa Hydrogeologiczna Polski – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika w skali 1:50 000, arkusz Wielgowo (229). PIG-PIB, Warszawa

[116] Wiśniowski Z., Herbich P. 2000 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Wielgowo (229). PIG-PIB, Warszawa

Strony internetowe:

[117] https://www.gov.pl/web/klimat/plany-pracy-psg

[118] atlasy.pgi.gov.pl ; http://geoportal.pgi.gov.pl/atlasy_gi

[119] https://baza.pgi.gov.pl/

[120] https://cbdgportal.pgi.gov.pl/geoinz/

[121] https://geolog.pgi.gov.pl/

[122] http://geologia.pgi.gov.pl

[123] https://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web

[124] https://gis.pgi.gov.pl/

[125] http://dm.pgi.gov.pl

[126] https://www.pgi.gov.pl/narodowe-archiwum-geologiczne

[127] https://stat.gov.pl/

[128] https://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/

[129] https://wody.isok.gov.pl/

Uwaga: aktualność podanych aktów prawnych oraz norm należy każdorazowo sprawdzić. Zaleca się korzystanie ze strony Internetowego Systemu Aktów Prawnych: http://isap.sejm.gov.pl oraz strony Polskiego Komitetu Normalizacyjnego: http://www.pkn.pl.

Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów

| Lp. | Data | Nazwa firmy | Nazwa obiektu | Nazwa otworu | Nazwa próbki | Głębokość pobrania próbki [m p.p.t.] | Głębokość od [m p.p.t.] | Głębokość do [m p.p.t.] | Miąższość warstwy [m] | Nazwa grupy | Nazwa podgrupy | Nazwa gruntu | Nazwa gruntu wg PN-B-02480 | Nazwa gruntu wg PN-EN ISO 14688-1 | Nazwa gruntu wg PN-EN ISO 14688-2 | Nazwa gruntu wg PN-EN ISO 14688-2 | Nazwa gruntu wg PN-EN ISO 14688-2

Zestawienie wyników badań laboratoryjnych fizycznych gruntów

| ID | Data wpływu do LGG | Nazwa klienta / IBW | Miejscowość, gmina, powiat, województwo, nr działki ewidencyjnej | Głębokość pobrania próbki [m p.p.t.] | Próbka nienaruszona | Próbka zaburzona | Próbka do badań wskaźnika piaskowego | Próbka do badań wskaźnika wodnego | Próbka do badań wskaźnika wodnego | Próbka do badań wskaźnika wodnego | Przegląd materiałowy | Nazwa gruntu | Zagęszczalność gruntu | Wskaźnik piaskowy | Wskaźnik wodny | Wskaźnik wodny | Wskaźnik wodny

Zestawienie wyników badań laboratoryjnych odkształceniowych

L.p.	Dane z otworu			Nazwa gruntu zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2018-05*	Oznaczenie parametrów ściśliwości zgodnie z PN-EN ISO 17892-5:2017-06*							Wilgotność początkowa zgodnie z PN-EN ISO 17892-1:2015-02*	Gęstość objętościowa zgodnie z PN-EN ISO 17892-2:2015-02*	Gęstość właściwa szkieletu gruntowego**	Numer serii G-I	Symbol serii G-I
					E_{oed} [MPa]											
					Moduł ściśliwości pierwotnej				Moduł odprężenia	Moduł ściśliwości wtórnej						
	Nazwa otworu wg PRG	Nazwa otworu BDGI	Głębokość/ przelot pobrania próbki [m]		0-25 kPa	25-50 kPa	50-100 kPa	100-200 kPa	200-100 kPa	100-200 kPa	200-400 kPa	w_{pocz} [%]	ρ [Mg/m^3]	ρs [Mg/m3]		
1	P18-0096	I18-005-0469	1,0-1,7	Ił z pyłem	3,83	4,13	8,89	13,65	333,33	45,45	41,88	15,4	2,27	2,69	31	QpGSp
2	P18-0109	I18-005-0723	0,75-1,20	TORF pseudowłóknisty	0,62	0,93	1,36	1,84	75,47	25,97	3,45	104,0	1,32	1,40	4	QhOr
3	P18-0109	I18-005-0723	1,6-2,3	TORF amorficzny z małą ilością piasku drobnego	0,26	0,24	0,44	0,81	23,95	6,06	2,65	239,0	1,10	1,40	4	QhOr
4	P18-0109	I18-005-0723	4,1-4,8	TORF amorficzny	0,18	0,24	0,51	0,99	16,00	10,28	2,86	193,8	1,16	1,40	4	QhOr
5	P18-0325	I18-005-0077	1,5-2,2	Ił z pyłem z małą ilością piasku z pojedynczymi ziarnami żwiru	1,53	3,16	6,49	10,53	52,63	22,99	31,75	14,3	2,08	2,69	31	QpGSp
6	P18-0443	I18-019-0018	14,0-14,7	Ił z pyłem z małą ilością piasku z pojedynczymi ziarnami żwiru	3,15	3,98	8,03	11,83	266,67	57,97	27,68	12,4	2,16	2,69	31	QpGSp
7	P18-0463	I18-019-0559	7,2-7,75	PYŁ z dużą ilością piasku z grudkami substancji organicznej	2,87	10,42	11,90	16,39	166,67	76,62	56,34	23,6	2,00	2,65	36	QpGPrw
8	P18-0463	I18-019-0559	11,0-11,7	PYŁ z dużą ilością piasku drobnego	2,62	5,89	10,71	14,56	200,27	77,03	25,51	20,7	1,74	2,69	36	QpGPrw
9	P18-0463	I18-019-0559	15,2-15,7	Ił z pyłem z piaskiem z małą ilością żwiru grubego	2,07	3,60	12,99	22,73	333,33	58,82	36,70	13,1	2,27	2,69	31	QpGSp
10	P18-0463	I18-019-0559	15,7-16,0	Ił z pyłem z dużą ilością piasku i małą ilością żwiru	1,88	4,76	13,70	29,85	1000,00	71,43	42,11	7,6	2,23	2,66	31	QpGSp
11	P18-0463	I18-019-0559	17,1-17,6	Ił z pyłem z dużą ilością piasku i żwiru z pojedynczymi kamieniami	2,48	3,48	11,31	20,33	222,52	46,04	27,06	10,6	2,08	2,69	31	QpGSp
12	P18-0551	I18-017-0331	0,6-1,1	Ił z pyłem	2,24	3,06	5,35	8,95	250,00	17,24	16,74	28,1	1,90	2,69	36	QpGPrw
13	P18-0748	I18-005-0315	4,8-5,3	Ił z pyłem z piaskiem z małą ilością żwiru	1,89	3,82	6,49	11,76	200,00	32,79	46,51	10,7	2,03	2,69	31	QpGSp
14	P18-0748	I18-005-0315	10,0-10,5	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	1,59	3,13	6,37	9,52	60,61	37,04	38,10	11,8	2,21	2,69	31	QpGSp
15	P18-0748	I18-005-0315	16,0-16,7	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z pojedynczymi ziarnami żwiru	2,24	3,06	5,35	8,95	250,00	17,24	16,74	12,7	2,20	2,69	31	QpGSp
16	P18-0877	I18-017-0226	1,0-1,35	Ił z wkładkami piasku drobnego z pojedynczymi ziarnami żwiru średniego	1,87	2,58	15,38	22,47	80,00	24,39	71,43	14,2	2,18	2,67	36	QpGPrw
17	P18-0877	I18-017-0226	6,6-7,3	Ił z pyłem z kryształami gipsu	1,89	2,76	4,63	7,12	1000,00	11,98	7,71	30,6	1,98	2,67	36	QpGPrw
18	P18-0877	I18-017-0226	11,6-12,3	Ił z pyłem z małą ilością piasku	2,66	3,07	10,15	11,94	117,65	17,94	34,78	14,7	1,87	2,69	36	QpGPrw
19	P18-0877	I18-017-0226	15,4-16,1	Ił z pyłem z muskowitem	2,05	2,09	8,55	9,43	47,62	12,58	29,63	17,3	2,13	2,69	36	QpGPrw
20	P18-0877	I18-017-0226	25,1-25,8	Ił z pyłem z małą ilością piasku drobnego	1,33	1,77	5,10	6,67	37,74	8,47	14,81	33,5	1,90	2,69	36	QpGPrw
21	P18-0877	I18-017-0226	28,5-29,2	Ił z pyłem	1,81	2,38	2,73	8,10	18,35	8,03	10,93	30,4	2,09	2,67	36	QpGPrw
22	P18-1097	I18-019-0560	16,40-17,10	Ił z pyłem z małą ilością piasku	1,26	3,14	5,09	5,71	85,11	22,99	14,65	30,1	1,96	2,67	22	QpOr
23	P18-1097	I18-019-0560	18,0-18,70	GYTIA	2,29	7,14	2,51	8,37	86,96	18,87	7,91	17,3	1,91	2,15	22	QpOr
24	P18-1097	I18-019-0560	20,00-20,70	Ił z pyłem	1,74	1,37	5,13	8,85	111,11	16,53	10,43	30,7	1,80	2,67	25	QpRSp
25	P18-1135	I18-005-0016	12,0-12,7	Ił z pyłem z piaskiem i małą ilością żwiru drobnego	1,71	3,33	4,67	4,89	32,79	18,69	18,43	12,4	2,17	2,67	31	QpGSp
26	P18-1135	I18-005-0016	18,0-18,7	Ił z pyłem z pojedynczymi ziarnami żwiru	2,95	5,03	11,24	13,51	190,48	34,48	32,00	12,3	2,19	2,69	31	QpGSp
27	P18-1435	I18-017-0342	3,0-3,7	Ił z pyłem z piaskiem	1,69	3,83	6,29	8,42	200,00	71,43	17,58	14,1	2,10	2,67	31	QpGSp
28	P18-1435	I18-017-0342	12,0-12,7	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	1,62	2,79	3,65	5,68	42,55	16,39	12,35	13,2	2,17	2,67	31	QpGSp
29	P18-1446	I18-017-0401	6,0-6,7	Ił z pyłem z piaskiem z małą ilością żwiru	1,81	4,67	7,97	9,57	210,53	54,05	32,65	11,5	2,07	2,67	31	QpGSp
30	P18-1446	I18-017-0401	18,0-18,7	Ił z pyłem z piaskiem z pojedynczymi ziarnami żwiru	3,28	5,49	9,85	15,21	500,00	129,03	33,06	12,8	2,17	2,69	31	QpGSp
31	P18-1599	I18-017-0227	1,6-2,3	PYŁ z iłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	0,94	2,12	3,31	5,62	42,55	25,97	12,08	14,7	2,15	2,67	31	QpGSp
32	P18-1599	I18-017-0227	4,3-5,0	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	2,22	1,90	6,54	6,72	63,49	10,08	10,53	31,8	1,89	2,69	31	QpGSp
33	P18-1599	I18-017-0227	9,1-9,8	PYŁ z iłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	1,87	2,58	15,38	21,51	500,00	35,09	71,43	11,6	2,20	2,69	31	QpGSp
34	P18-1599	I18-017-0227	15,2-16,0	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	1,20	1,50	8,86	19,07	667,56	37,09	31,54	13,1	2,27	2,69	31	QpGSp
35	P18-1599	I18-017-0227	19,3-20,0	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	2,63	6,13	14,60	25,48	1333,33	72,73	35,71	12,1	2,20	2,69	31	QpGSp
36	P18-1599	I18-017-0227	21,6-22,2	Ił z pyłem z dużą ilością piasku	1,89	2,82	11,56	18,69	666,67	55,56	29,74	10,8	2,22	2,69	31	QpGSp
37	P18-1599	I18-017-0227	24,0-24,3	Ił z pyłem z piaskiem z pojedynczymi ziarnami żwiru	0,80	2,75	2,02	4,79	-	11,17	13,27	14,2	2,13	2,66	31	QpGSp
38	P18-1599	I18-017-0227	28,7-29,2	Ił z pyłem z dużą ilością piasku	1,80	4,57	11,76	14,49	266,67	40,82	28,67	10,8	2,20	2,67	31	QpGSp

* badanie/parametr akredytowany

** wartość przyjęta z literatury (E. Myślińska – Laboratoryjne badania gruntów. Wydawnictwo PWN Warszawa 2016)

Zestawienie wyników badań laboratoryjnych wytrzymałościowych

L.p.	Dane z otworu			Nazwa gruntu zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2018-05*	Wilgotność początkowa zgodnie z PN-EN ISO 17892-1:2015-02*	Gęstość objętościowa zgodnie z PN-EN ISO 17892-2:2015-02*	Rodzaj badania	Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych w aparacie trójosiowego ściskania metodą CIU zgodnie z PN-EN ISO 17892-9:2018-05*				Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych w aparacie trójosiowego ściskania metodą UU zgodnie z PN-EN ISO 17892-8:2018-05*		Numer serii G-I	Symbol serii G-I
								Podpróbka	Naprężenie normalne	Parametry wytrzymałościowe		Naprężenie normalne	Wytrzymałość na ścinanie bez odpływu		
	Nazwa otworu wg PRG	Nazwa otworu BDGI	Głębokość/ przelot pobrania próbki [m]							Kąt tarcia wewnętrznego	Spójność				
					w_{pocz} [%]	$\rho_{śr}$ [Mg/m^3]			σ_3 [kPa]	φ′ [°]	c′ [kPa]	σ_3 [kPa]	c_u [kPa]		
1	P18-0096	I18-005-0469	1,0-1,7	Ił z pyłem	12,6	2,13	UU	-	-	-	-	30	26	31	QpGSp
2	P18-0109	I18-005-0723	1,6-2,3	TORF amorficzny z małą ilością piasku drobnego	268,1	1,10	UU	-	-	-	-	40	2	4	QhOr
3	P18-0109	I18-005-0723	4,1-4,8	TORF amorficzny	193,8	1,17	UU	-	-	-	-	80	6	4	QhOr
4	P18-0109	I18-005-0723	4,9-5,6	TORF amorficzy	214,2	1,16	UU	-	-	-	-	60	4	4	QhOr
5	P18-0147	I18-017-0400	1,5-2,2	TORF pseudowłóknisty	289,4	1,02	UU	-	-	-	-	40	9	4	QhOr
6	P18-0325	I18-005-0077	1,5-2,2	Ił z pyłem z małą ilością piasku z pojedynczymi ziarnami żwiru	17,3	2,04	UU	-	-	-	-	40	78	31	QpGSp
7	P18-0443	I18-019-0018	12,0-12,7	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	12,3	2,16	CIU	A	150	35	0	-	-	31	QpGSp
					12,8	2,16		B	300			-	-		
					12,3	2,16		C	600			-	-		
8	P18-0443	I18-019-0018	14,0-14,7	Ił z pyłem z małą ilością piasku z pojedynczymi ziarnami żwiru	12,4	2,12	UU	-	-	-	-	290	99	31	QpGSp
9	P18-0463	I18-019-0559	7,2-7,75	PYŁ z dużą ilością piasku z grudkami substancji organicznej	21,3	2,07	UU	-	-	-	-	140	395	36	QpGPrw
10	P18-0463	I18-019-0559	8,5-9,2	GYTIA z pyłem	24,2	2,02	UU	-	-	-	-	160	360	36	QpGPrw
11	P18-0463	I18-019-0559	11,0-11,7	PYŁ z dużą ilością piasku drobnego	28,0	2,01	UU	-	-	-	-	220	10	36	QpGPrw
12	P18-0463	I18-019-0559	15,2-15,7	Ił z pyłem z piaskiem z małą ilością żwiru grubego	8,3	2,27	CIU	A	100	32	0	-	-	31	QpGSp
					9,1	2,22		B	200			-	-		
					7,1	2,30		C	300			-	-		
13	P18-0463	I18-019-0559	15,7-16,0	Ił z pyłem z dużą ilością piasku i małą ilością żwiru	6,7	2,35	UU		-	-	-	300	833	31	QpGSp
14	P18-0463	I18-019-0559	17,1-17,6	Ił z pyłem z dużą ilością piasku i żwiru z pojedynczymi kamieniami	9,8	2,18	UU	-	-	-	-	350	352	31	QpGSp
15	P18-0463	I18-019-0559	17,1-17,6	Ił z pyłem z dużą ilością piasku i żwiru z pojedynczymi kamieniami	10,6	2,11	CIU	A	150	36	31	-	-	31	QpGSp
					10,1	2,19		B	300			-	-		
					9,9	2,23		C	600			-	-		
16	P18-0551	I18-017-0331	0,6-1,1	Ił z pyłem	29,3	1,90	UU	-	-	-	-	20	36	36	QpGPrw
17	P18-0748	I18-005-0315	4,8-5,3	Ił z pyłem z piaskiem z małą ilością żwiru	11,6	2,19	UU	-	-	-	-	100	42	31	QpGSp
18	P18-0748	I18-005-0315	10,0-10,5	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	12,3	2,18	UU	-	-	-	-	200	40	31	QpGSp
19	P18-0748	I18-005-0315	16,0-16,7	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z pojedynczymi ziarnami żwiru	12,7	2,16	UU	-	-	-	-	330	120	31	QpGSp
20	P18-0749	I18-005-0076	7,5-8,2	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	12,7	2,19	UU	-	-	-	-	160	44	31	QpGSp
21	P18-0877	I18-017-0226	1,0-1,35	Ił z wkładkami piasku drobnego z pojedynczymi ziarnami żwiru średniego	30,2	1,99	UU	-	-	-	-	25	25	36	QpGPrw
22	P18-0877	I18-017-0226	3,6-4,3	Ił z pyłem	32,2	1,87	UU	-	-	-	-	80	66	36	QpGPrw
23	P18-0877	I18-017-0226	3,6-4,3	Ił z pyłem	35,1	1,85	UU	-	-	-	-	80	52	36	QpGPrw
24	P18-0877	I18-017-0226	6,6-7,3	Ił z pyłem z kryształami gipsu	31,0	1,89	UU	-	-	-	-	140	64	36	QpGPrw
25	P18-0877	I18-017-0226	9,6-10,3	Ił z pyłem	28,2	1,97	UU	-	-	-	-	200	76	36	QpGPrw
26	P18-0877	I18-017-0226	9,6-10,3	Ił z pyłem	30,2	1,89	CIU	A	200	14	13	-	-	36	QpGPrw
					31,9	1,87		B	400			-	-		
					26,7	1,94		C	600			-	-		
27	P18-0877	I18-017-0226	11,6-12,3	Ił z pyłem z małą ilością piasku	17,3	2,14	UU	-	-	-	-	240	170	36	QpGPrw
28	P18-0877	I18-017-0226	11,6-12,3	Ił z pyłem z małą ilością piasku	29,0	1,93	CIU	A	200	20	23	-	-	36	QpGPrw
					26,3	1,98		B	400			-	-		
					18,0	2,06		C	600			-	-		
29	P18-0877	I18-017-0226	11,6-12,3	Ił z pyłem z małą ilością piasku	29,0	1,93	CIU	A	200	22	7	-	-	36	QpGPrw
					26,3	1,98		B	400			-	-		
					18,0	2,06		C	600			-	-		
30	P18-0877	I18-017-0226	15,4-16,1	Ił z pyłem z muskowitem	14,6	1,98	UU	-	-	-	-	300	231	36	QpGPrw
31	P18-0877	I18-017-0226	15,4-16,1	Ił z pyłem z muskowitem	23,7	1,98	CIU	A	150	13	31	-	-	36	QpGPrw
					22,9	1,99		B	300			-	-		
					24,2	1,97		C	600			-	-		
32	P18-0877	I18-017-0226	25,1-25,8	Ił z pyłem z małą ilością piasku drobnego	26,7	2,09	CIU	A	150	9	40	-	-	36	QpGPrw
					27,8	2,00		B	300			-	-		
					27,5	1,98		C	600			-	-		
33	P18-0877	I18-017-0226	28,5-29,2	Ił z pyłem	30,3	1,92	CIU	A	100	7	46	-	-	36	QpGPrw
					29,5	1,92		B	300			-	-		
					29,0	1,93		C	600			-	-		
34	P18-0877	I18-017-0226	28,5-29,2	Ił z pyłem	31,6	1,90	UU	-	-	-	-	600	54	36	QpGPrw
35	P18-1097	I18-019-0560	16,4-17,1	Ił z pyłem z małą ilością piasku	30,7	1,85	UU	-	-	-	-	320	31	22	QpOr
36	P18-1097	I18-019-0560	18,0-18,70	GYTIA	32,1	1,89	UU	-	-	-	-	400	159	22	QpOr
37	P18-1097	I18-019-0560	18,0-18,7	GYTIA	25,4	1,92	CIU	A	150	29	22	-	-	22	QpOr
					29,2	1,87		B	300			-	-		
					30,8	1,92		C	600			-	-		
38	P18-1097	I18-019-0560	20,0-20,7	Ił z pyłem	33,9	1,83	CIU	A	150	26	0	-	-	25	QpRSp
					36,0	1,86		B	300			-	-		
					33,9	1,87		C	600			-	-		
39	P18-1135	I18-005-0016	6,0-6,7	PYŁ z iłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	10,0	2,27	UU	-	-	-	-	120	139	31	QpGSp
40	P18-1135	I18-005-0016	6,0-6,7	PYŁ z iłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	11,0	2,21	CIU	A	150	34	9	-	-	31	QpGSp
					11,5	2,21		B	300			-	-		
					10,6	2,22		C	600			-	-		
41	P18-1135	I18-005-0016	12,0-12,7	Ił z pyłem z piaskiem i małą ilością żwiru drobnego	12,0	2,20	UU	-	-	-	-	250	112	31	QpGSp
42	P18-1135	I18-005-0016	18,0-18,7	Ił z pyłem z pojedynczymi ziarnami żwiru	12,6	2,19	UU	-	-	-	-	370	109	31	QpGSp
43	P18-1375	I18-005-0001	6,0-6,7	Ił	29,0	1,92	UU	-	-	-	-	130	130	36	QpGPrw
44	P18-1435	I18-017-0342	3,0-3,7	Ił z pyłem z piaskiem	15,2	2,11	CIU	A	150	32	6	-	-	31	QpGSp
					15,7	2,11		B	300			-	-		
					15,0	2,11		C	600			-	-		
45	P18-1435	I18-017-0342	12,0-12,7	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	12,8	2,16	UU	-	-	-	-	250	34	31	QpGSp
46	P18-1446	I18-017-0401	6,0-6,7	Ił z pyłem z piaskiem z małą ilością żwiru	12,1	2,08	UU	-	-	-	-	120	114	31	QpGSp
47	P18-1446	I18-017-0401	6,0-6,7	Ił z pyłem z piaskiem z małą ilością żwiru	12,7	2,15	CIU	A	150	33	9	-	-	31	QpGSp
					12,5	2,16		B	300			-	-		
					12,7	2,18		C	-			-	-		
48	P18-1446	I18-017-0401	18,0-18,7	Ił z pyłem z piaskiem z pojedynczymi ziarnami żwiru	12,8	2,19	UU	-	-	-	-	370	125	31	QpGSp
49	P18-1599	I18-017-0227	1,6-2,3	PYŁ z iłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	13,9	1,98	UU	-	-	-	-	40	33	31	QpGSp
50	P18-1599	I18-017-0227	4,3-5,0	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	13,4	2,18	UU	-	-	-	-	90	18	31	QpGSp
51	P18-1599	I18-017-0227	9,1-9,8	PYŁ z iłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	12,2	2,18	UU	-	-	-	-	190	111	31	QpGSp
52	P18-1599	I18-017-0227	14,6-15,1	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	13,1	2,18	UU	-	-	-	-	297	38	31	QpGSp
53	P18-1599	I18-017-0227	15,2-16,0	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	13,1	2,18	UU	-	-	-	-	297	57	31	QpGSp
54	P18-1599	I18-017-0227	15,2-16,0	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	12,4	2,18	CIU	A	150	33	0	-	-	31	QpGSp
					11,6	2,18		B	300			-	-		
					12,3	2,18		C	600			-	-		
55	P18-1599	I18-017-0227	21,6-22,2	Ił z pyłem z dużą ilością piasku	11,6	2,20	CIU	A	150	28	28	-	-	31	QpGSp
					12,0	2,19		B	300			-	-		
					12,8	2,18		C	600			-	-		
56	P18-1599	I18-017-0227	21,6-22,2	Ił z pyłem z dużą ilością piasku	12,7	2,18	UU	-	-	-	-	440	100	31	QpGSp
57	P18-1599	I18-017-0227	28,7-29,2	Ił z pyłem z dużą ilością piasku	10,7	2,22	UU	-	-	-	-	580	169	31	QpGSp
58	P18-1599	I18-017-0227	30,0-30,5	Ił z pyłem z dużą ilością piasku z małą ilością żwiru	10,5	2,23	UU	-	-	-	-	600	95	31	QpGSp
59	P18-1642	I18-005-0002	8,0-8,7	Ił z gytią	39,3	1,76	CIU	A	150	24	4	-	-	36	QpGPrw
					32,1	1,88		B	300			-	-		
					28,3	1,93		C	600			-	-		

* badanie/parametr akredytowany

Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna
państwowa służba hydrogeologiczna

DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

sporządzona na potrzeby Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina

Finansujący:

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
02-673 Warszawa, ul. Konstruktorska 3A

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Wykonawca:

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Zakład Geologii Inżynierskiej
03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 76

Sporządzono pod kierunkiem:

mgr inż. Grzegorz Pacanowski upr. geol. X-0218

PSG PAŃSTWOWA SŁUŻBA GEOLOGICZNA

BDGI BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH

Warszawa, sierpień 2022 r.

Skład zespołu, który sporządził dokumentację:

Imię i nazwisko	Kwalifikacje geologiczne, uprawnienia geodezyjne, certyfikaty
Tomasz Bąk	upr geol. X-0193
Paweł Czarniak	upr geol. X-0229
Jakub Kocyła	
Marcin Lasocki	upr geol. X-0231
Szymon Ostrowski	upr geol. X-0228
Grzegorz Pacanowski	upr geol. X-0218
Przemysław Sobótka	upr geol. VII-2083, XIII-292 DOL
Kamil Wasilewski	upr geol. VII-2069, XIII-294 DOL
Piotr Wilkołazki	

CZĘŚĆ OPISOWA

1 WSTĘP 5

2 CEL BADAŃ 5

3 ZAKRES BADAŃ 5

4 METODYKA BADAŃ 7

4.1 METODA ELEKTROOPOROWA 7

4.1.1 TOMOGRAFIA ELEKTROOPOROWA (ERT) 9

4.2 METODA ELEKTROMAGNETYCZNA 10

4.2.1 BADANIA KONDUKTOMETRYCZNE (GCM) 10

4.3 METODA SEJSMICZNA 12

5 WYNIKI BADAŃ 14

5.1 PROFILE REGIONALNE 14

5.2 BADANIA NA POLIGONACH 17

6 SPIS LITERATURY I MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH 22

CZĘŚĆ GRAFICZNA

Załącznik 1.0. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:10 000 na podkładzie ortofotomapy. Obszar I.

Załącznik 1.1. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:10 000 na podkładzie ortofotomapy. Obszar II.

Załącznik 1.2. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:10 000 na podkładzie ortofotomapy. Obszar III.

Załącznik 1.3. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:10 000 na podkładzie ortofotomapy. Obszar IV.

Załącznik 1.4. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:10 000 na podkładzie ortofotomapy. Obszar V.

Załącznik 1.5. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:10 000 na podkładzie ortofotomapy. Obszar VI.

Załącznik 1.6. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:1000 na podkładzie ortofotomapy. Poligon S1 – iły septariowe.

Załącznik 1.7. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:1000 na podkładzie ortofotomapy. Poligon S2 – sandry.

Załącznik 1.8. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:1000 na podkładzie ortofotomapy. Poligon S3 – wysoczyzna.

Załącznik 1.9. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:1000 na podkładzie ortofotomapy. Poligon S4 – grunty organiczne.

Załącznik 1.10. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych w skali 1:1000 na podkładzie ortofotomapy. Poligon S5 – grunty rzeczne.

Załącznik 2.1. – 2.11. Przekroje geoelektryczne z elementami interpretacji geologicznej.

Załącznik 3.1 – 3.5. Przekroje geofizyczne z elementami interpretacji geologicznej na poligonach badawczych

1 WSTĘP

Dokumentację z badań geofizycznych opracowano w ramach zadania państwowej służby geologicznej pn. *Prowadzenie i aktualizacja Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) wraz ze sporządzeniem Atlasu geologiczno-inżynierskiego wybranych obszarów kraju w skali 1:10 000* na podstawie zaakceptowanego przez Ministra Środowiska Planu zadań państwowej służby geologicznej, przewidzianych do realizacji w 2018 roku i latach następnych.

Dokumentację opracowano na podstawie umowy nr 307/2018/Wn-07/FG-GO-DN/D z dnia 20.12.2018 r. pomiędzy Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej z siedzibą w Warszawie, ul. Konstruktorska 3a, 02-673 Warszawa, a Państwowym Instytutem Geologicznym – Państwowym Instytutem Badawczym, z siedzibą w Warszawie, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa.

Dokumentacja z badań geofizycznych została sporządzona na potrzeby opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Dokumentacja zawiera wyniki badań geofizycznych wraz z ich interpretacją.

Badania geofizyczne były wykonywane w okresie od marca do kwietnia 2022 roku. Ich zakres był zgodny z „Projektem robót geologicznych w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby zagospodarowania przestrzennego i sporządzenia Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina" [8].

Wykonawcą dokumentacji jest Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy z siedzibą w Warszawie (00-975), ul. Rakowiecka 4 w ramach Zakładu Geologii Inżynierskiej z siedzibą w Warszawie (03-301) ul. Jagiellońska 76.

2 CEL BADAŃ

Celem badań geofizycznych było określenie regionalnej budowy geologicznej w dowiązaniu do archiwalnych i nowych otworów wiertniczych w celu scharakteryzowania różnych typów budowy geologicznej stwierdzonych na obszarze Atlasu oraz uzupełnienia rozpoznania budowy geologicznej, w tym na 5 obszarach poligonów badawczych.

Jako podstawową metodę geofizyczną zastosowano tomografię elektrooporową (ERT), dodatkowo na 5 obszarach (poligonach) wykonano badania metodami sejsmicznymi i metodą konduktometryczną.

W szczególności badania geofizyczne posłużyły do uzupełnienia rozpoznania budowy geologicznej na wybranych obszarach.

3 ZAKRES BADAŃ

Prace geofizyczne prowadzono w 2 etapach. W pierwszej kolejności na poligonach badawczych wykonano:

- 5 profili tomografii elektrooporowej (ERT) o łącznej długości 1000 m,
- 5 profili tomografii sejsmicznej (SRT-S, SRT-P) o łącznej długości 750 m,
- 5 profili konduktometrycznych (GCM) o łącznej długości 1000 m,

Łącznie na poligonach wykonano 15 profili geofizycznych o łącznej długości **2750 m**.

W drugim etapie wykonano 11 profili tomografii elektrooporowej (ERT) o łącznej długości **8375 m** dla badań na profilach regionalnych. Dobrano metodę, która na poligonach badawczych dała najlepsze rezultaty dla rozpoznania geofizycznego zarówno pod kątem prospekcji jak i zobrazowania zmian litologicznych.

Przebieg każdego z profili w terenie wyznaczono za pomocą geodezyjnego zestawu do pomiarów satelitarnych GNSS, metodą RTN, w oparciu o poprawki z państwowej sieci stacji referencyjnych ASG.PL.

Ich lokalizację przedstawiono na mapach dokumentacyjnych (Załączniki 1.0 -1.10). Długości oraz dokładne współrzędne początków i końców profili podano w tabelach 1 - 4 .

Tabela 1. Zestawienie regionalnych profili geofizycznych wykonanych metodą tomografii elektrooporowej ERT

LP	NAZWA	POCZĄTEK Y_(EAST) (UKŁAD 1992)	POCZĄTEK X_(NORTH) (UKŁAD 1992)	KONIEC Y_(EAST) (UKŁAD 1992)	KONIEC X_(NORTH) (UKŁAD 1992)	DŁUGOŚĆ PROFILU [m]
1	BDGI_SZC_ERT_01	196041.6	621457.1	196377.5	620964.2	600
2	BDGI_SZC_ERT_02	196372.1	620964.1	196644.0	620923.0	275
3	BDGI_SZC_ERT_03	196654.8	620922.8	197303.0	620674.4	700
4	BDGI_SZC_ERT_04	196879.9	621575.6	197260.7	620660.0	1000
5	BDGI_SZC_ERT_05	196733.6	620027.1	197271.7	620735.9	900
6	BDGI_SZC_ERT_07	197717.3	625251.7	198065.1	625733.6	600
7	BDGI_SZC_ERT_08	204029.8	622817.9	204311.6	622715.1	300
8	BDGI_SZC_ERT_09	198890.6	638302.1	199121.1	639374.5	1100
9	BDGI_SZC_ERT_12	208814.0	635897.8	209110.1	635848.9	300
10	BDGI_SZC_ERT_13	218257.4	632553.8	219050.6	632449.3	800
11	BDGI_SZC_ERT_15	214248.0	640002.2	216032.9	639882.4	1800

Tabela 2. Zestawienie profili geofizycznych wykonanych metodą tomografii elektrooporowej ERT na poligonach badawczych

LP	NR POLIGONU	NAZWA	POCZĄTEK Y_(EAST) (UKŁAD 1992)	POCZĄTEK X_(NORTH) (UKŁAD 1992)	KONIEC Y_(EAST) (UKŁAD 1992)	KONIEC X_(NORTH) (UKŁAD 1992)	DŁUGOŚĆ PROFILU [m]
1	POL-S-1	BDGI_SZC_ERT_11	205688.7	635197.2	205818.0	635348.4	200
2	POL-S-2	BDGI_SZC_ERT_10	202080.1	635874.9	202218.6	635731.4	200
3	POL-S-3	BDGI_SZC_ERT_06	194855.4	617988.6	195055.3	617994.7	200
4	POL-S-4	BDGI_SZC_ERT_14	210822.5	640726.3	210944.7	640567.3	200
5	POL-S-5	BDGI_SZC_ERT_13	218257.4	632553.8	219050.6	632449.3	200

Tabela 3. Zestawienie profili geofizycznych wykonanych metodą tomografii sejsmicznej SRT-S, SRT-P na poligonach badawczych

LP	NR POLIGONU	NAZWA	POCZĄTEK Y_(EAST) (UKŁAD 1992)	POCZĄTEK X_(NORTH) (UKŁAD 1992)	KONIEC Y_(EAST) (UKŁAD 1992)	KONIEC X_(NORTH) (UKŁAD 1992)	DŁUGOŚĆ PROFILU [m]
1	POL-S-1	BDGI_SZC_SEJS_1	205698.5	635219.5	205792.7	635331.6	150
2	POL-S-2	BDGI_SZC_SEJS_2	202092.8	635855.6	202223.4	635794.3	150
3	POL-S-3	BDGI_SZC_SEJS_3	194876.9	617971.3	195018.7	618011.5	150
4	POL-S-4	BDGI_SZC_SEJS_4	210879.3	640656.2	211025.2	640638.6	150
5	POL-S-5	BDGI_SZC_SEJS_5	218850.5	632375.4	218882.9	632509.7	150

Tabela 4. Zestawienie profili geofizycznych wykonanych metodą konduktometryczną GCM na poligonach badawczych

LP	NR POLIGONU	NAZWA NA MAPIE	POCZĄTEK Y_(EAST) (UKŁAD 1992)	POCZĄTEK X_(NORTH) (UKŁAD 1992)	KONIEC Y_(EAST) (UKŁAD 1992)	KONIEC X_(NORTH) (UKŁAD 1992)	DŁUGOŚĆ PROFILU[m]
1	POL-S-1	BDGI_SZC_GCM_01	205688.7	635197.2	205818.0	635348.4	200
2	POL-S-2	BDGI_SZC_GCM_02	202080.1	635874.9	202218.6	635731.4	200
3	POL-S-3	BDGI_SZC_GCM_03	194855.4	617988.6	195055.3	617994.7	200
4	POL-S-4	BDGI_SZC_GCM_04	210822.5	640726.3	210944.7	640567.3	200
5	POL-S-5	BDGI_SZC_GCM_05	218257.4	632553.8	219050.6	632449.3	200

4 METODYKA BADAŃ

4.1 METODA ELEKTROOPOROWA

Metody geoelektryczne polegają na pomiarach parametrów sztucznie wywołanego pola elektrycznego w określonej masie skalnej bądź istniejących prądów naturalnych i pól elektrycznych wywołanych naturalnymi procesami zachodzącymi w skorupie ziemskiej.

Podstawowym parametrem badanym jest oporność właściwa formacji geologicznych. Jednostką oporności właściwej (rzeczywistej) jest **omometr [Ωm]**. Jest to parametr bardzo zróżnicowany, wartość jego może się zmieniać od 1 Ωm w utworach zasolonych do kilkudziesięciu tysięcy Ωm w skałach takich jak granity.

W przeciwieństwie do parametrów takich jak gęstość lub podatność magnetyczna, oporność właściwa jest parametrem kompleksowym, zależnym od wielu czynników i procesów, takich jak temperatura, zawartość i jakość wody, związków chemicznych, porowatość i przepuszczalność, litologia i skład mineralny.

Przyjmuje się na ogół następujące kryteria klasyfikacji (w odniesieniu do budowy geologicznej regionu – w strefie objętej badaniami):

- utwory spoiste ilaste (iły, gliny zwięzłe) - oporności poniżej 25-30 Ωm,
- utwory spoiste (pyły, gliny pylaste, gliny, gliny piaszczyste, piaski gliniaste) - oporności w zakresie 25-65-70 Ωm,

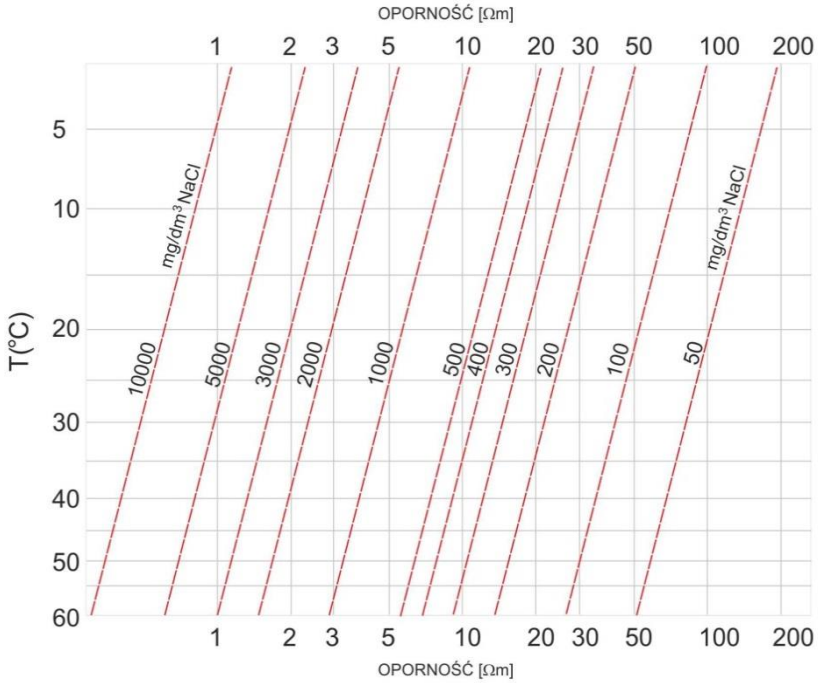
– utwory niespoiste (piaski drobne, piaski średnie, piaski grube, żwiry) – oporności w zakresie 65-70-3000 Ωm. Przy czym piaski suche mogą mieć oporności nawet kilka tys. Ωm.

Klasyfikacja w/w utworów zależeć będzie głównie od zawodnienia i zawartości utworów ilastych w gruntach, tj. piaski gliniaste będą charakteryzowały się niższymi wartościami oporności niż piaski drobne.

Znając charakterystyczne zakresy oporności gruntów, które występują w badanym terenie oraz korelując wyniki badań geofizycznych z otworami, które znajdują się w pobliżu, można z dużym prawdopodobieństwem przełożyć uzyskane wyniki (rozkład wartości oporności) na litologię podłoża.

W przypadku występowania wód zmineralizowanych (np. zasolonych wód Bałtyku) oporności zawodnionych gruntów piaszczystych mogą wahać się w zakresie 1–200 Ωm, zależnie od stopnia mineralizacji wody oraz stopnia nasycenia warstwy.

W literaturze można znaleźć dane na temat relacji dotyczącej np. zasolenia i oporności. Istnieje kilka prac, które mówią głównie o mineralizacji wód poprzez zasolenie. Zmiany oporności w zależności od mineralizacji wody i temperatury obrazuje Rysunek 1.



Rysunek 1 Wykres zależności oporności wody od mineralizacji i temperatury [14]

Podział wód ze względu na mineralizację przedstawia się następująco (Bocheńska i in., 2002 [2], Ogilwi, 1974 [14]).

– wody ultra słodkie charakteryzują się mineralizacją od 10 do 100 mg/ dm^3 (0,01-0,1 g/dm^3) i opornościami 80-800 Ωm (temperatura 7^o C),
– wody słodkie charakteryzują się mineralizacją od 100 do 1000 mg/dm^3 (0,1-1 g/dm^3) i opornościami 8-80 Ωm (temperatura 7^o C),
– wody półsłodkie charakteryzują się mineralizacją od 1000 do 3000 mg/dm^3 (1-3 g/dm^3) i opornościami 3-8 Ωm (temperatura 7^o C),
– wody słonawe charakteryzują się mineralizacją od 3000 do 10000 mg/ dm^3 (3-10 g/dm^3) i opornościami 0.9-3 Ωm (temperatura 7^o C),

- wody słone charakteryzują się mineralizacją od 10000 do 35000 mg/ dm^3 (10-35 g/dm^3) i opornościami 0.2-0.9 Ωm (temperatura 7^o C),
- wody solankowe charakteryzują się mineralizacją powyżej 35000 mg/ dm^3 (35 g/dm^3) i opornościami poniżej 0.2- Ωm (temperatura 7^o C).

Zmineralizowana woda oraz materiał ilasty stanowią składniki dobrze przewodzące prąd, zatem znacznie obniżają oporność warstw, w których występują. Woda, a zwłaszcza silnie zmineralizowana, w dużym stopniu wpływa na wyniki oporności uzyskiwane w badaniach terenowych np. piasków zawodnionych, czy też całych kompleksów

Na podstawie wyników badań elektrooporowych, bez ogólnej znajomości geologii badanego terenu, nie można dokładnie powiedzieć z jakimi utworami mamy do czynienia i trudno wydzielić na przekroju oporowym warstwy wodonośne i niewodonośne, gdyż taki sam opór mogą mieć iły, jak i zawodniony piasek o silnej mineralizacji wody.

4.1.1 TOMOGRAFIA ELEKTROOPOROWA (ERT)

Założenia metody ERT są szeroko opisane w pracach: (Keler &Frischknecht, 1966) [9]; (Loke&Barker, 1996) [11]; (Loke, 2004) [10]; (Dahlin T. &Zhou B. 2004) [3], (Loke, Alfouzan&Nawawi, 2007) [12].

Metoda ta z powodzeniem stosowana jest w geologii również w Polsce m in. do określania budowy geologicznej, w geologii inżynierskiej, budownictwie oraz w ocenie stanu wód gruntowych.

Metoda tomografii elektrooporowej bazuje na zjawisku przepływu stałego prądu elektrycznego przez ośrodek skalny. W geofizycznych badaniach elektrooporowych przedmiotem rozpoznania jest przestrzeń ośrodka geologicznego pomiędzy dwiema elektrodami uziemianymi w gruncie, do których podłączone jest źródło prądu elektrycznego. Spadek napięcia rejestrowany za pomocą dwóch innych elektrod (elektrody pomiarowe) jest proporcjonalny do oporu elektrycznego ośrodka i wzajemnej konfiguracji położenia i odległości w układzie wyznaczonym lokalizacją elektrod zasilających i pomiarowych.

Wyznaczona z takiego pomiaru oporność elektryczna określana jest terminem oporności pozornej. Wielkość ta nie odwzorowuje w sposób ścisły oporności elektrycznej badanego ośrodka. W istocie jest pewną wielkością średnią odnoszącą się do całej półprzestrzeni, przez którą przepływa prąd elektryczny w powiązaniu z konfiguracją układu pomiarowego.

Zasięg głębokościowy metody elektrooporowej jest pochodną długości stosowanych rozstawów pomiarowych oraz w pewnym stopniu topografii terenu.

Metoda tomografii elektrooporowej polega na rozmieszczeniu wzdłuż profilu, na którym wykonane mają zostać badania, odpowiedniej ilości elektrod pomiarowych. Elektrody te rozmieszczone są w równych odległościach od siebie i podłączone za pomocą kabla wielożyłowego z jednostką centralną, na którą składa się sterowany komputerem selektor elektrod oraz miernik geoelektryczny, wyposażony w możliwość cyfrowej rejestracji pomiarów. Selektor elektrod umożliwia podłączenie do miernika dowolnej kombinacji czterech elektrod spośród wszystkich podłączonych do kabla wielożyłowego i dokonania dla tych elektrod pomiaru wartości oporności pozornej.

Po wykonaniu pomiaru następuje wybór kolejnego zestawu elektrod spośród przyłączonych do kabla, uprzednio wprowadzonego do pamięci komputera sterującego. Możliwy jest zatem wybór dowolnego układu pomiarowego (a w szczególności najbardziej popularnych – gradientowy, Wennera, Schlumbergera, dipol-dipol, itd.), kolejności wyboru konkretnych elektrod, a także parametrów samego pomiaru (czas pomiaru, liczba uśrednień na jednym punkcie, itd.).

Odpowiednie oprogramowanie sterujące procesem pomiaru zapewnia sprawdzenie rozstawionego układu elektrod przed przystąpieniem do pomiarów (ostrzeżenie o braku kontaktu lub słabym uziemieniu elektrod) oraz kontrolę nad jego jakością w trakcie trwania pomiaru (automatyczny dobór optymalnych parametrów dla pojedynczego pomiaru, bieżąca analiza błędów).

Wynikiem pomiarowym jest określony zbiór punktów pomiarowych w gruncie, wzdłuż badanego odcinka.

W przypadku tomografii elektrooporowej istnieje możliwość stworzenia modelu zmiennego zarówno w pionie jak i w poziomie. Właściwość ta powoduje, że badania tego typu określa się jako badania dwuwymiarowe – 2D. Metoda ta sprawdza się w badaniach miejsc o skomplikowanej geologii, np. dla zaburzeń glacitektonicznych, gdzie zmienność geologii ma charakter dynamiczny i mało przewidywany.

Interpolacja wartości oporności pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi, jest przetworzona w procesie interpretacji i przedstawiona graficzne na przekroju, jako izoliniowy rozkład wartości oporności wyinterpretowanych.

Wyniki pomiarów elektrooporowych standardowo przedstawiane są w przestrzeni 2D. W sytuacjach wykonywania badań na powierzchniach o zróżnicowanej morfologii stosowane są algorytmy przetwarzania danych, pozwalające na wprowadzenie poprawek topograficznych i prezentację przekrojów z uwzględnieniem morfologii terenu badań.

W badaniach zastosowano gradientowy układ pomiarowy, umożliwiający wykonanie stosunkowo dużej ilości punktów pomiarowych przy niewielkim czasie akwizycji.

Pomiary terenowe przeprowadzono metodą Roll Along – przenosząc kolejne kable na czoło profilu. Przenoszenie kabla z pierwszej pozycji na ostatnią daje możliwość wykonania dłuższych, ciągłych profili.

Do przetwarzania danych zostanie wykorzystany specjalistyczny program Res2Dinv, dedykowany do metody elektrooporowej.

4.2 METODA ELEKTROMAGNETYCZNA

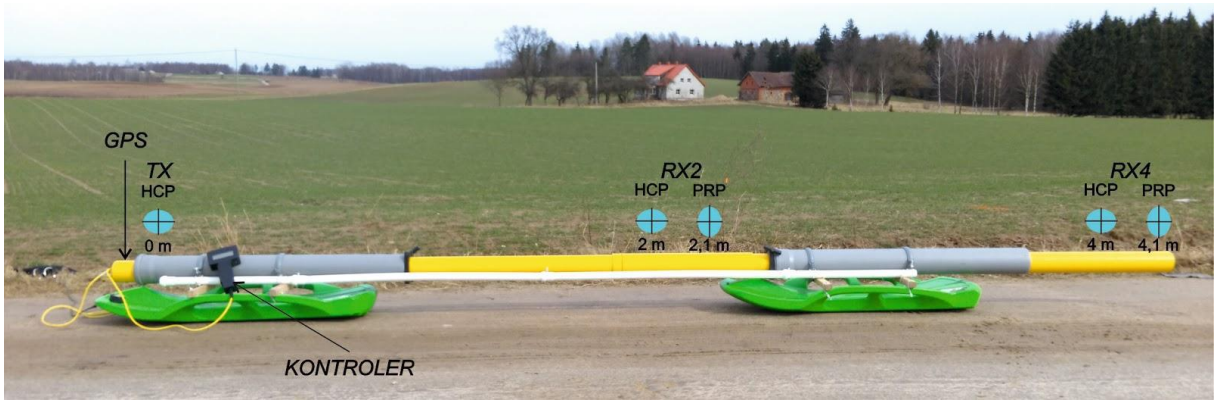
Metody elektromagnetyczne polegają na badaniu przewodności ośrodka poprzez wzbudzenie (indukcję) przez nadajnik pierwotnego pola elektromagnetycznego. Wytworzone w ten sposób pole pierwotne generuje w podłożu prądy wirowe, które z kolei powodują powstanie wtórnego pola elektromagnetycznego, mierzonego przez odbiornik (McNeill,1980) [13]. Pole wtórne oraz przesunięcie fazowe są związane z właściwościami elektrycznymi ośrodka, który z kolei należy utożsamiać ze zmianami litologii utworów występujących w badanym ośrodku, obecnością wód podziemnych, gruntów skażonych, a także infrastrukturą podziemną.

4.2.1 BADANIA KONDUKTOMETRYCZNE (GCM)

Pomiary elektromagnetyczne GCM (Ground Conductivity Meter) prowadzi się za pomocą konduktometrów, w których cewki: nadawcza TX i odbiorcza RX (sprzężone czasowo i częstotliwościowo) umieszczone są w takiej samej odległości i orientacji względem powierzchni ziemi (pionowo HCP lub poziomo PRP). W zależności od częstotliwości cewek, odległości między nimi, orientacji względem cewki nadawczej oraz przewodności elektrycznej ośrodka, możliwy jest pomiar na różnych głębokościach. Wynikiem badań konduktometrycznych jest pomiar pozornej przewodności elektrycznej (S/m) lub jej odwrotności – oporności pozornej (Ωm), a także przesunięcie

fazowe, określające charakter zaburzeń występujących w ośrodku (pochodzących od obiektów dobrze przewodzących prąd elektryczny jak kable, rury etc.).

W ramach prowadzonych prac wykorzystano konduktometr wielopoziomowy. Konduktometr DUALEM-42S posiadający odbiorniki o podwójnej geometrii, zapewniające jednoczesny pomiar przewodności ośrodka na czterech poziomach głębokościowych (Rysunek 2). Zastosowanie wielopoziomowego konduktometru pozwoliło na zarejestrowanie danych z głębokości 1,0; 2,0; 3,2 i 6,4 m. Dzięki temu była możliwość bardzo szybkiego prześledzenia zmian miąższości, budowy geologicznej w warstwach przypowierzchniowych, z jednoczesnym zachowaniem bardzo dużej rozdzielczości.



Rysunek 2 Konduktometr DUALEM-42S wraz z rozstawem cewek nadawczych i odbiorczych: GPS - nadajnik umieszczony w przedniej części urządzenia; TX - cewka nadawcza; RX2 i RX4 - cewki odbiorcze, HCP - położenie cewki (poziome); PRP - położenie cewki (pionowe).

Ze względu na przyjętą metodykę prac, konduktometr został umieszczony na specjalnie skonstruowanych sankach w ustalonej i dokładnie znanej wysokości nad poziomem gruntu.

Dla części badanego terenu nie było możliwości przejazdu na w/w sankach, dlatego konduktometr był noszony na wysokości gruntu przez 2 operatorów.

Powyższa procedura miała na celu zachowanie stałej wysokości cewek odbiorczych i nadawczych, co z kolei eliminowało ewentualną niepewność dla określenia przewodności oraz miąższości poszczególnych warstw. Więcej odnośnie metodyki pomiarowej przy pomocy konduktometrów wielopoziomowych znajdziemy w publikacji Beamisha (2011)[1].

Badania konduktometryczne wykonano wzdłuż zaplanowanych linii pomiarowych z automatycznym, jednosekundowym wyzwalaniem pomiaru, co pozwoliło na uzyskanie gęstości próbkowania około 1 m. Określenie współrzędnych poziomych oraz wysokości poszczególnych punktów było możliwe dzięki sprzężonym z aparaturą nadajnikiem GPS.

Uzyskane z pomiarów terenowych dane zostały przefiltrowane, usunięto jednoznaczne błędne zapisy wywołane zakłóceniami, po czym zostały poddane procedurze inwersji w oprogramowaniu Aarhus Workbench. Wyniki interpretacji zostały przedstawione w formie przekrojów obrazujących rozkład oporności rzeczywistej oraz, dla poligonów, w postaci map rozkładu oporności dla danych przedziałów głębokościowych. Wyniki zostały przedstawione z zastosowaniem logarytmicznej skali opornościowej w celu lepszej wizualizacji otrzymanych wartości.

4.3 METODA SEJSMICZNA

Metody sejsmiczne pozwalają na określenie prędkości rozchodzenia się fal sprężystych (fal sejsmicznych) w podłożu. Prędkość fal sejsmicznych koreluje się bezpośrednio z właściwościami mechanicznymi ośrodka gruntowego lub skalnego, między innymi z modułem ścinania (G0) i współczynnikiem Poissona (v). Właściwości sprężyste skał wynikają głównie z litologii podłoża, zagęszczenia, stopnia lityfikacji, gęstości objętościowej i stopnia zniszczenia pierwotnej struktury gruntu.

W badaniach sejsmicznych wykorzystuje się dwa rodzaje fal sprężystych – fale podłużne (fala P) i poprzeczne (fala S). Prędkość fal podłużnych (Vp) w głównej mierze związana jest z gęstością objętościową ośrodka skalnego. Natomiast prędkość fal poprzecznych (Vs) wykazuje silną korelację ze sztywnością ośrodka.

Zastosowanie techniki tomograficznej daje możliwość oceny przestrzennej zmienności wartości prędkości fal sejsmicznych w badanym ośrodku. Efektem pomiarów jest ciągły przekrój prędkości fali sejsmicznej (P oraz S) w badanym ośrodku. Metoda może być stosowana do wykrywania nieciągłości i anomalnych stref prędkości, istnienie których wskazuje na występowanie stref o mniejszym zagęszczeniu, rozluźnień lub warstw słabonośnych, a także do oszacowania rozkładu parametrów mechanicznych w gruncie. Pole prędkości w przybliżeniu odwzorowuje zmienności litologii w ośrodku gruntowym, a anomalne obniżenia wartości prędkości mogą wskazywać na warstwy o niskich parametrach mechanicznych.

Podczas przetwarzania danych sejsmicznych dla każdego punktu wzbudzenia przeprowadza się analizę prędkości fali refrakcyjnej dochodzącej do każdego z geofonów. Integracja wyników z wszystkich punktów wzbudzenia polega na obliczeniowym, iteracyjnym dopasowaniu uzyskanych wyników do modelu prędkości w ośrodku. Model charakteryzujący się najmniejszym sumarycznym błędem uznaje się za tożsamy z rzeczywistym polem prędkości występującym w ośrodku podłoża. Duże zagęszczenie punktów strzałowych i zastosowanie odpowiednich algorytmów obliczeniowych pozwala na wyznaczenie pola prędkości fal sejsmicznych w przekroju pionowym pod linią pomiarową.

W celu rozpoznania budowy geologicznej badanych poligonów wykonano powierzchniowe badania geofizyczne technikami refrakcyjnej tomografii sejsmicznej. Technikę tomografii sejsmicznej zastosowano w dwóch wariantach - sejsmicznej tomografii refrakcyjnej fali poprzecznej (SRT-S) i sejsmicznej tomografii refrakcyjnej fali podłużnej (SRT-P).

Na poligonach wykonano również badania techniką wielokanałowej analizy fal powierzchniowych (MASW – multichannel analysis of surface waves). Metod opiera się na zależności prędkości fal powierzchniowych od wartości prędkości fali poprzecznej w przypowierzchniowych warstwach gruntu. W badaniach generuje się szerokopasmowy sygnał sejsmiczny na powierzchni ziemi, a wzdłuż linii pomiarowej rejestruje się dochodzące fale, ze szczególnym uwzględnieniem wolnych i niskoczęstotliwościowych fal powierzchniowych. Fale powierzchniowe obejmują wierzchnią warstwę ośrodka ciągłego do głębokości równej połowie długości fali. Możliwe jest odseparowanie zarejestrowanych fal o różnej częstotliwości (i różnej długości), określenie ich prędkości i na tej podstawie utworzenie uśrednionego profilu prędkościowego ośrodka podłoża. Dalsze przetwarzanie pozwala na uzyskanie rozkładu wartości prędkości fali poprzecznej w profilu pionowym. Zestawienie wielu badań MASW pozwala na utworzenie przekroju wartości fali S.

W badaniach na poligonach technikę MASW zastosowano jako uzupełnienie i technikę kontrolną w stosunku do sejsmicznej tomografii refrakcyjnej fali S. W odróżnieniu od techniki SRT, technika

MASW pozwala na uzyskanie mniejszej głębokości rozpoznania, natomiast jest bardziej dokładna w badaniach płytszych warstw (pierwsze kilka metrów).

Badania w obu wariantach techniki SRT oraz badaniach techniką MASW dla każdego z poligonów wykonano wzdłuż jednej linii pomiarowej. Elementy układów pomiarowych (odbiorniki sejsmiczne i punkty źródła sejsmicznego) były rozmieszczane w terenie wzdłuż wyznaczonych linii.

W uzupełnieniu pomiarów prędkości zarówno fali podłużnej jak i poprzecznej dokonano dodatkowo obliczeń przestrzennego rozkładu współczynnika Poissona (v) w przekrojach wzdłuż linii pomiarowych.

Linie pomiarowe były zlokalizowane tak, żeby otwór wiertniczy znajdował się na linii przekroju, w jego centralnej części. Długość linii pomiarowych wyniosła 150 m. Taka długość linii pozwoliła na osiągnięcie głębokości około 30 m p.p.t. oraz rozpoznanie lateralnej zmienności budowy geologicznej w rejonie poligonów.

W badaniach SRT wykorzystano układ pomiarowy składający się z 48 odbiorników rozmieszczonych co 2 m. Całkowita długość aktywnego układu pomiarowego wynosiła 94 m. Kontynuacja badań ponad tą odległość wymagała przenoszenia segmentu układu pomiarowego o długości 48 m (składającego się z 24 geofonów). Dla badań SRT-P zastosowano odbiorniki (geofony) pionowe o częstotliwości głównej 40 Hz, natomiast dla badań SRT-S – geofony o osi poziomej i częstotliwości głównej 15 Hz. Oś geofonów poziomych orientowano zawsze prostopadle do przebiegu linii pomiarowej konsekwentnie utrzymując ich zwrot dla całej linii.

W przypadku badań SRT-P jako źródła fal wykorzystano uderzenie młotem ręcznym o wadze 10 kg pionowo w płytę umieszczoną na powierzchni gruntu.

Dla badań SRT-S jako źródło fal wykorzystano uderzenie młotem ręcznym o wadze 5 kg skierowane poziomo w pionowy element specjalnego kowadła umieszczonego na powierzchni gruntu i skierowanego prostopadle do rozciągłości układu pomiarowego, zgodnie z kierunkiem osi odbiorników poziomych rozmieszczonych na profilu pomiarowym.

Punkty strzałowe, zarówno dla badań z zastosowaniem fali P jak i S, były rozmieszczone co 4 m (24 punkty strzałowe dla każdego rozstawu - równocześnie rejestrującego układu pomiarowego). Po przeniesieniu segmentu układu pomiarowego strzały powtarzano z przesunięciem o 2 m, co pozwoliło na uzyskanie bardzo wysokiego i równomiernego zagęszczenia punktów strzałowych (efektywnie co 2 m).

W badaniach techniką MASW wykorzystano układ pomiarowy złożony z 48 niskoczęstotliwościowych geofonów (częstotliwość główna 4,5 Hz) rozmieszczonych wzdłuż linii pomiarowej co 1 m. Wyzwolenie fali wykonywano co 2 m za pomocą uderzenia w ziemię młotem o wadze 10 kg. Na etapie segregacji danych z rozstawu aktywnych geofonów wybierano 24 geofony tak, że geometria źródło – odbiorniki była stała. Dopiero na tak wyselekcjonowanych danych przeprowadzono przetwarzanie, które pozwoliło uzyskać przekrój wartości prędkości fali S.

W trakcie rejestracji pomiarów sejsmicznych na bieżąco kontrolowano poziom szumów i jakość sygnału sejsmicznego. W celu poprawy stosunku sygnału do szumu stosowano procedurę składania (tzw. vertical stacking) polegającą na sumowaniu zapisów wielu strzałów wykonanych w tym samym miejscu. Procedura taka pozwala na ograniczenie wpływu niekoherentnych zakłóceń docierających z otoczenia i wyeksponowaniu właściwego sygnału sejsmicznego, co jest szczególnie istotne w trakcie badań w otoczeniu miejskim, gdzie poziom szumów jest zwykle szczególnie wysoki.

5 WYNIKI BADAŃ

5.1 PROFILE REGIONALNE

Wynikiem badań są przekroje geofizyczne, które zostały poddane wstępnej interpretacji geologicznej m.in. w korelacji do wykonanych wierceń. Przebieg przekrojów przedstawiono na mapach dokumentacyjnych (załączniki 1.0 - 1.5).

Wyniki przedstawione zostały na przekrojach geoelektrycznych (załączniki 2.1 - 2.11).

Załącznik 2.1

Na omawianym przekroju można wyróżnić dwie warstwy różniące się znacznie wartościami oporności. Pierwszą z nich są grunty o niskiej oporności (do 25 – 30 Ωm). Są to iły septariowe datowane na oligocen. Widoczne są na całym obszarze omawianego przekroju. W części północno–zachodniej od powierzchni przykryte są niewielkim nadkładem gruntów o wyższej oporności, natomiast w części południowo–wschodniej można stwierdzić ich występowanie bezpośrednio na powierzchni.

Kolejnymi utworami jakie należy wyróżnić na podstawie badań geofizycznych są plejstoceńskie gliny zwałowe. Ich oporność wyinterpretowana jest wyższa niż opisanych powyżej iłów septariowych i może dochodzić do 70 Ωm. Występują od powierzchni w północno–zachodniej części profilu, stanowiąc pokrywę dla utworów niskooporowych. Największą miąższość utworów gliniastych stwierdzono pomiędzy 270 a 500 mb profilu i dochodzi ona do około 30 m p.p.t.

Załącznik 2.2

Przekrój w całości zlokalizowany na obszarze występowania iłów septariowych (wg SMGP [15]). Stwierdzona budowa geologiczna na podstawie uzyskanych wyników badań geofizycznych potwierdza prognozowany model. Miąższość utworów ilastych w tym obszarze przekracza prospekcję metody ERT. Niewielkie anomalie w postaci wyższej oporności stwierdzono w strefie przypowierzchniowej pomiędzy 160 a 200 mb profilu oraz na głębokości około 20 m p.p.t. Mogą to być przewarstwienia utworów gliniastych lub piaszczysto – gliniastych.

Załącznik 2.3

Przekrój o przebiegu NW–ES i długości 700 m zlokalizowany jest w większości na obszarze występowania iłów septariowych. Stwierdzone warunki geologiczne na podstawie wykonanych badań wskazują, że wspomniane utwory ilaste zdecydowanie dominują na opisywanym obszarze (oporności 30 Ωm). Pomiędzy 50 a 200 mb profilu od powierzchni widoczne jest nieznaczne zwiększenie oporności wyinterpretowanej. Ma to związek z istnieniem w tym obszarze gruntów organicznych (torfów), których oporność jest nieznacznie wyższa. Ich spąg opiera się na iłach septariowych, a miąższość dochodzi do kilku metrów. W końcowej części profilu widoczne jest wyraźnie zwiększenie oporności wyinterpretowanej w strefach przypowierzchniowych. Można to prawdopodobnie powiązać ze zmianą litologii i pojawieniem się glin zwałowych w tym obszarze.

Załącznik 2.4

Omawiany przekrój pod kątem zarejestrowanej oporności wyinterpretowanej można podzielić na dwie części. Od początku profilu do około 550 mb widoczny jest znaczny udział utworów wysokooporowych. Są to prawdopodobnie piaski oraz piaski ze żwirami datowane na plejstocen. Ich miąższość jest znaczna, często przekracza 30 m. Występują bezpośrednio od powierzchni. Jedynie

pomiędzy 50 a 100 mb tej części przekroju widoczny jest klin utworów o niższej oporności, interpretowany jako gliny zwałowe z tego samego okresu.

Druga część badanego obszaru (od 550 mb profilu) to w przewadze grunty o znacznie niższej oporności wyinterpretowanej. Są to oligoceńskie iły septariowe (oporności poniżej 30 Ωm), zalegające bezpośrednio od powierzchni lub miejscami przykryte nadkładem gruntów o wyższej oporności. Dalej należy wyróżnić utwory o oporności rzędu 30 – 70 Ωm. Będą to grunty spoiste, prawdopodobnie w postaci plejstoceńskich glin zwałowych. Występują jako przewarstwienia oraz w warstwie przypowierzchniowej, stanowiącej pokrywę dla zalegających poniżej iłów. Ostatnią warstwą jaką można wyróżnić w tej części profilu są wysokooporowe utwory niespoiste w postaci piasków i żwirów (550 – 650 mb oraz 750 – 820 mb profilu).

Załącznik 2.5

Przekrój jest długości 900 m i przebiegu SW–NE. Prezentowany model geoelektryczny pozwala na wydzielenie na badanym obszarze trzech charakterystycznych stref.

Główną część wydzielonych utworów stanowią niskooporowe grunty ilaste. Są to prawdopodobnie opisywane wcześniej iły septariowe datowane na oligocen. Występują praktycznie na całej rozciągłości omawianego przekroju, w wielu miejscach bezpośrednio od powierzchni. Ich miąższość jest znaczna i miejscami przekracza 30 m.

Nieco wyższe wartości oporności (30 – 70 Ωm) należy korelować ze spoistymi gruntami w postaci glin zwałowych plejstocenu. Zróżnicowanie oporności w obrębie tej warstwy jest efektem zmiennego stosunku frakcji piaskowej do iłowej. Miąższość tych utworów jest raczej niewielka (rzędu kilku m). Występują często w warstwie przypowierzchniowej stanowiąc pokrywę dla niżej leglych gruntów niskooporowych oraz jako soczewki i przewarstwienia we wspomnianej warstwie.

Zarejestrowane strefy o wysokiej oporności wyinterpretowanej (powyżej 70 Ωm) należy intepretować jako utwory niespoiste. Będą to piaski oligoceńskie. Występują w kilku miejscach na badanym obszarze, przy czym największe ich nagromadzenie widoczne jest pomiędzy 520 a 620 mb profilu.

Według SMGP [15] na omawianym obszarze występują także grunty organiczne. Znajduje to potwierdzenie w wykonanych pomiarach. Na odległości od 370 do 420 mb profilu widoczne jest zagłębienie w morfologii terenu. Wypełnione jest ono utworami o niższej oporności. Prawdopodobnie są to wspomniane grunty organiczne w postaci torfów holoceńskich. Ich miąższość jest niewielka (do kilku metrów), a spąg opiera się na gruntach spoistych.

Załącznik 2.6

Profil o przebiegu SW–NE i długości 600 m według SMGP [15] zlokalizowano w całości na obszarze występowania plejstoceńskich glin zwałowych. Otrzymane wyniki w pełni odzwierciedlają założoną budowę. Wspomniane grunty spoiste występują na całym badanym obszarze. Należy zwrócić uwagę na ciągłą strefę o niższej oporności widoczną na głębokości od około 8 m p.p.t i miąższości do 10 m. Mogą to być prawdopodobnie grunty ilaste, których obecność stwierdzono w niedalekim sąsiedztwie na powierzchni terenu lub miejsca o zwiększonym udziale frakcji iłowej w warstwie glin zwałowych.

Na omawianym przekroju widoczne są także miejsca o wyższej oporności. Należy interpretować to jako gliny piaszczyste lub wkładki/ przewarstwienia piasków w gruntach spoistych.

Załącznik 2.7

Przekrój o długości 300 m i przebiegu NW–SE zlokalizowany został w całości w obszarze występowania gruntów organicznych. Na podstawie zróżnicowania oporności wyinterpretowanej należy wyróżnić trzy strefy oddzielone od siebie wyraźnymi granicami.

Od powierzchni do głębokości około 10-12 m p.p.t. widoczna jest strefa utworów niskooporowych intepretowanych jako grunty organiczne w postaci holoceńskich torfów i namułów. Poniżej widoczny jest znaczny wzrost wartości oporności, co ma związek ze stwierdzonymi na tej głębokości gruntami niespoistymi. Są to piaski drobne stanowiące podłoże dla wyżej ległych gruntów organicznych. Ich miąższość dochodzi do około 10 m. Ostatnią warstwą jaką widać na omawianym przekroju są grunty spoiste zalegające poniżej pokładów piaszczystych. Wykonany w pobliżu otwór badawczy nie osiąga rzędnej ich występowania, jednak po stwierdzonych wartościach oporności należy przyjąć, iż są to plejstoceńskie gliny zwałowe o znacznej zawartości frakcji iłowej.

Załącznik 2.8

Omawiany przekrój o długości 1100 m i przebiegu S–N zlokalizowano w północno-zachodniej części Atlasu geologiczno–inżynierskiego Szczecina. Według SMGP [4] na obszarze tym przeważają grunty niespoiste wykształcone w postaci piasków różnej genezy.

Model geoelektryczny otrzymany na podstawie wyników przeprowadzonych badań geofizycznych przedstawia dwuwarstwową budowę badanego obszaru. Pierwszą warstwę stanowi warstwa wysokooporowa w postaci piasków oraz piasków i żwirów. Występuje ona od powierzchni na całym przekroju. Ich miąższość jest zmienna. Od początku profilu do 630 m jej średnia wartość to ok 15 m. Jest to strefa występowania piasków i żwirów wodnolodowcowych. Następnie widoczny jest duży wzrost miąższości utworów piaszczystych (miejscami przekraczający możliwości prospekcyjne zastosowanej metody ERT). Można to korelować ze zmianą genezy rozpoznanych utworów piaszczystych (według SMGP [4] na tym obszarze występują piaski eoliczne, jednak charakter i miąższość warstw wskazują, że piaski eoliczne występują tylko przy powierzchni, poniżej są to prawdopodobnie piaski wodnolodowcowe). Należy także zauważyć, że utwory wysokooporowe występują także jako soczewki i przewarstwienia w niżej zalegających gruntach spoistych.

Drugą warstwą jaką stwierdzono na badanym obszarze są wspomniane wcześniej niskooporowe grunty spoiste. Mogą to być gliny zwałowe występujące poniżej warstw piaszczystych. W obrębie ich występowania widoczne są soczewki o niższej oporności niż otoczenie. Mogą to być przewarstwienia gruntów ilastych lub miejscowa większa koncentracja materiału ilastego w glinach zwałowych.

Załącznik 2.9

Omawiany przekrój o długości 300 m i przebiegu NW–SE zlokalizowano w centralnej części Atlasu geologiczno–inżynierskiego Szczecina, na skarpie w pobliżu Odry. Według SMGP [17] na obszarze tym przeważają grunty spoiste w postaci glin zwałowych, a także deluwia i koluwia.

Model geoelektryczny obrazuje dwa kompleksy różne opornościowo. W przekroju dominują niskie wartości oporności, co należy korelować z iłami septariowymi oligocenu. W spągu zarejestrowała się warstwa wyżej oporowa, którą można interpretować jako koluwia gliniaste. Przewarstwienie wyżej oporowe w obrębie iłów sugerują, iż są tam domieszki piasków. Generalnie model geoelektryczny bardzo dobrze odwzorowuje model budowy geologicznej tego miejsca.

Załącznik 2.10

Omawiany przekrój o długości 800 m i przebiegu W–E zlokalizowano we wschodniej części Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Według SMGP [19] na obszarze tym przeważają grunty organiczne zalegające na piaskach rzecznych.

Model geoelektryczny obrazuje dwa kompleksy różne opornościowo. Od góry widoczna jest warstwa wysokooporowa, którą należy interpretować jako piaski rzeczne. Warstwa ta koreluje się z litologią otworu. Warstwa ta jest ciągła i ma małą zmienność. Jej miąższość wynosi ok 20 m.

Poniżej wartości oporności są znacznie niższe, charakterystyczne dla utworów spoistych. Warstwa ta również koreluje się z litologią otworu. Są to gliny piaszczyste.

Brak jest natomiast korelacji wyników geoelektrycznych z mapą geologiczną, która wskazuje w tym rejonie grunty organiczne. Być może przyczyną jest mała miąższość tych gruntów, które nie są rejestrowane przez metodę ERT.

Załącznik 2.11

Omawiany przekrój o długości 1800 m i przebiegu W–E zlokalizowano w północno–wschodniej części Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Według SMGP [18] na obszarze tym przeważają grunty organiczne zalegające na piaskach rzecznych.

Model geoelektryczny na przestrzeni 0-1150 m obrazuje układ zdominowany przez utwory niskooporowe, które rozcięte są warstwą utworów wyżej oporowych. Od góry warstwa niskooporowa tożsama jest z torfami i namułami, jednak nie są to charakterystyczne oporności dla tych gruntów. Być może model geoelektryczny obrazuje tam piaski, które z jakiś powodów mają zaniżone wartości oporności w strefie przypowierzchniowej. Występująca poniżej warstwa wyżej oporowa jest charakterystyczna dla utworów niespoistych. W spągu przekroju niskie wartości oporności obrazują prawdopodobnie utwory spoiste.

Od 1150 m do końca przekroju model geoelektryczny się zmienia. W obrazie zaczynają dominować wysokie wartości oporności charakterystyczne dla utworów niespoistych (piaski rzeczne). Od góry niskooporowe strefy związane są prawdopodobnie z utworami organicznymi. W spągu przekroju pojawia się warstwa niżej oporowa, którą tworzą grunty spoiste.

5.2 BADANIA NA POLIGONACH

Na wszystkich 5 poligonach badawczych wykonano pomiary z zastosowaniem:

- Sejsmicznej tomografii refrakcyjnej (SRT),
- Tomografii elektrooporowej (ERT),
- Wielopoziomowych profilowań elektromagnetycznych (GCM).

Ciągi geofizyczne zostały zaprojektowane w taki sposób, aby zasięgiem objąć możliwie największy obszar wyznaczonego poligonu. Dodatkowo na każdym z poligonów został wykonany odwiert badawczy dla korelacji pomiędzy pozyskanymi danymi geofizycznymi, a rzeczywistą litologią stwierdzoną w otworze. Lokalizację prac geofizycznych na poligonach przedstawiono na załącznikach 1.6 – 1.10, natomiast wyniki oraz ich interpretację na załącznikach 3.1 – 3.5.

Poligon S1 – oligoceńskie iły septariowe (porwaki)

Poligon S1 zlokalizowany jest w północnej część Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Według SMGP arkusz Police [17] w podłożu występują iły septariowe rupelu (oligocen), jako kry w utworach czwartorzędowych. Pod względem morfologii teren jest płaski.

Na omawianym poligonie zrealizowano pomiary geofizyczne następującymi metodami:

- Sejsmiczna tomografia refrakcyjna (SRT) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Wielokanałowa analiza fal powierzchniowych (MASW) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Tomografia elektrooporowa (ERT) – jeden ciąg o długości 200 m,
- Wielopoziomowe profilowania elektromagnetyczne (GCM) – jeden ciąg o długości 200 m.

Wyniki pozyskane z przeprowadzonych pomiarów przedstawiono na **załączniku 3.1**.

Tomografia elektrooporowa (ERT) oraz profilowania elektromagnetyczne (GCM):

Na powyższym załączniku przedstawiono przekroje geofizyczne o długości 200 m każdy, zrealizowane z zastosowaniem metody ERT oraz GCM.

W modelu geoelektrycznym dominują niskie wartości oporności, co potwierdza występowanie iłów. Obraz geoelektryczny koreluje się także z litologią otworu. Przewarstwienie piaszczyste jakie wydzielono w profilu otworu nie odwzorowało się na obrazie geoelektrycznym. Warstwa ta ma zbyt małą miąższość do zastosowanego kroku pomiarowego. W modelu geoelektrycznym widoczne są jednak strefy o minimalnie większych wartościach oporności, co sugeruje występowanie w ich obrębie iłów piaszczystych.

Końcowa część przekroju geoelektrycznego obrazuje przy powierzchni strefę wyżej oporową związaną z utworami niespoistymi czwartorzędu.

Sejsmiczna tomografia refrakcyjna i MASW

Prędkości sejsmiczne zanotowane w przekrojach tomografii refrakcyjnej zawierają się w przedziale od około 1500 do 2500 m/s dla fali P (Vp) i od około 150 do 400 m/s dla fali S (Vs). Wartości Vs nie odbiegają od wartości typowych, rejestrowanych w gruntach spoistych, natomiast wartości Vp są nieznacznie niższe, niż te, jakich można się spodziewać w iłach. Na przekrojach dla obu fal zarejestrowano wyraźnie nachyloną granicę pomiędzy ośrodkiem o niższej prędkości w części przypowierzchniowej i NE, a ośrodkiem charakteryzującym się wyższymi wartościami prędkości sejsmicznych w części głębszej i SW. Za wartości graniczne można w przybliżeniu przyjąć Vp=2000 m/s i Vs=300 m/s. Dane otworowe wskazują na stosunkowo jednorodną litologię i występowanie serii iłów septariowych w przeważającej części profilu. Zanotowano jedynie wkładkę glin zwałowych i piasków, co potwierdza, że przynajmniej leżąca powyżej tych wkładek seria iłów należy do kry lodowcowej. Wyraźny kontrast wartości prędkości i jednoznaczna granica rejestrowana na przekrojach sejsmicznych, a korelująca się prawdopodobnie z wkładką piasków sugeruje, że w rejonie badań występują dwa oddzielne pakiety iłów septariowych, prawdopodobnie należące do dwóch różnych kier lodowcowych. Różnice w wartościach Vp i Vs wskazują, że kra górna może być silniej zmieniona, prawdopodobnie w wyniku deformacji glacitektonicznych.

Poligon S2 – sandry

Poligon S2 zlokalizowany jest w północno–zachodniej część Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina, w odległości około 3,5 km na zachód od omawianego powyżej poligonu S1. Według SMGP

arkusz Police [17] w podłożu występują piaski i gliny kemów fazy pomorskiej. Pod względem morfologii teren jest pochylony w kierunku północno–wschodnim.

Na omawianym poligonie zrealizowano pomiary geofizyczne następującymi metodami:

- Sejsmiczna tomografia refrakcyjna (SRT) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Wielokanałowa analiza fal powierzchniowych (MASW) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Tomografia elektrooporowa (ERT) – jeden ciąg o długości 200 m,
- Wielopoziomowe profilowania elektromagnetyczne (GCM) – jeden ciąg o długości 200 m.

Wyniki pozyskane z przeprowadzonych pomiarów przedstawiono na **załączniku 3.2.**

Tomografia elektrooporowa (ERT) oraz profilowania elektromagnetyczne (GCM):

Model geoelektryczny jaki otrzymano w wyniku badań potwierdza budowę geologiczną zarówno tą z SMGP [17], jak również koreluje się z litologią otworu. Od góry widoczne są wysokie wartości oporności, co można interpretować jako piaski. Warstwa ta jest prawdopodobnie zawodniona w spągu. Poniżej widoczny jest znaczy spadek wartości oporności. Strefa niskooporowa to iły, gliny i pyły.

W spągu przekroju geoelektrycznego wartości oporności ponownie wzrastają, tworząc wysokooporową warstwę zbudowaną z piasków wodnolodowcowych. Należy zaznaczyć, iż wyniki geoelektryczne pokazuj,ą iż w kierunku NW warstwa ta zanika.

Sejsmiczna tomografia refrakcyjna i MASW

Rozkład wartości prędkości fali P (Vp) na poligonie S2 jest wyraźnie dwuwarstwowy. Przy powierzchni i w części SE wartości Vp nie przekraczają 500 m/s. Wartości takie odpowiadają dobrze zarejestrowanym w wierceniach piaskom niezawodnionym. Głębiej, pod warstwą piasków, występuje wyraźna, horyzontalna granica zaznaczająca się jako strefa podwyższonych gradientów wartości Vp. Na granicy tej wartości Vp rosną powyżej 1500 m/s i dochodzą do 2000 m/s. Granica ta koreluje się ze stropem iłów i pyłów. Przekrój wartości Vp nie zarejestrował niżej leżącej warstwy piasków. Prawdopodobnie jest to wywołane obecnością inwersji prędkości fali P.

Rozkład wartości prędkości fali S (Vs) jest bardziej złożony. Wartości Vs zawierają się w przedziale wartości charakterystycznych dla gruntów, ale można zauważyć zaburzony, trójwarstwowy rozkład Vs. W części SE, w warstwie przypowierzchniowej występują wartości Vs powyżej 300 m/s, korelujące się z piaskami. Spąg tej warstwy znajduje się na rzędnej około 76 m. W części NW przekroju SRT warstwa ta zanika, co jest spowodowane prawdopodobnie jej małą miąższością, natomiast kontynuuje się na przekroju uzyskanym techniką MASW, która jest znacznie precyzyjniejsza w rozpoznaniu płytkich warstw podłoża. Pod warstwą piasków na przekroju SRT-S zaznacza się nieznaczny spadek wartości Vs poniżej 280-300 m/s. Strefa obniżonej wartości Vs odpowiada pakietowi gruntów spoistych zawierającemu iły, pyły i gliny. Poniżej spągu warstwy spoistej (rzędna 60-65 m) wartości Vs rosną osiągając ponad 400 m/s, co odpowiada warstwie piasków zarejestrowanej w wierceniu.

Poligon S3 – wysoczyzna

Poligon S3 zlokalizowany jest w południowo-zachodniej część Atlasu geologiczno inżynierskiego Szczecina, w odległości 600 m od przejścia granicznego Kołbaskowo. Według SMGP arkusz Dołuje [15] w podłożu występują holoceńskie namuły piaszczyste zagłębień bezodpływowych i okresowo przepływowych (na glinach zwałowych). Pod względem morfologii teren jest lekkim zagłębieniem.

Na omawianym poligonie zrealizowano pomiary geofizyczne następującymi metodami:

- Sejsmiczna tomografia refrakcyjna (SRT) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Wielokanałowa analiza fal powierzchniowych (MASW) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Tomografia elektrooporowa (ERT) – jeden ciąg o długości 200 m,
- Wielopoziomowe profilowania elektromagnetyczne (GCM) – jeden ciąg o długości 200 m.

Wyniki pozyskane z przeprowadzonych pomiarów przedstawiono na **załączniku 3.3.**

Tomografia elektrooporowa (ERT) oraz profilowania elektromagnetyczne (GCM):

Otrzymane wyniki nie obrazują na powierzchni gruntów organicznych jak sugeruje SMGP [15]. Nie potwierdza ich także otwór zlokalizowany ok 9 m od osi profilu.

W obrazie modelu geoelektrycznego dominują niskie wartości oporności, charakterystyczne dla utworów spoistych – glin. Wyniki badań potwierdza litologia otworu. Nieznaczny wzrost wartości oporności w spągowej części przekroju sugeruje, iż pojawiają się tam utwory niespoiste (piaski lub piaski i żwiry). Z litologii otworu wynika, iż są to gliny piaszczyste ze żwirami.

Sejsmiczna tomografia refrakcyjna i MASW

Przekroje wartości prędkości fali P i S na poligonie S3 są stosunkowo monotonne. Wartości Vp i Vs poniżej kilkumetrowej warstwy niskoprędkościowej, odpowiadającej warstwie piasków i pyłów, zaczynają wzrastać wraz z głębokością. Wzrost przy powierzchni jest gwałtowny i maksymalny gradient koreluje się ze stropem miąższego pakietu glin zwałowych, natomiast w samym pakiecie glin jest jednostajny. Dla pakietu glin zwałowych wartości Vp zawierają się w przedziale 2000-2500 m/s, natomiast wartości Vs dla tego pakietu zawierają się w przedziale 300-450 m/s. Przedziały te są typowe dla masywnych pakietów glin zwałowych.

Poligon S4 – grunty organiczne

Poligon S4 zlokalizowany jest w północnej części Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Według SMGP arkusz Police [17] w podłożu występują holoceńskie torfy. Pod względem morfologii teren jest płaski.

Na omawianym poligonie zrealizowano pomiary geofizyczne następującymi metodami:

- Sejsmiczna tomografia refrakcyjna (SRT) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Wielokanałowa analiza fal powierzchniowych (MASW) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Tomografia elektrooporowa (ERT) – jeden ciąg o długości 200 m,
- Wielopoziomowe profilowania elektromagnetyczne (GCM) – jeden ciąg o długości 200 m.

Wyniki pozyskane z przeprowadzonych pomiarów przedstawiono na **załączniku 3.4.**

Tomografia elektrooporowa (ERT) oraz profilowania elektromagnetyczne (GCM):

Model geoelektryczny obrazuje trzy kompleksy różne opornościowo. Od góry widoczna jest warstwa niskooporowa, gdzie wartości oporności są charakterystyczne dla torfów i namułów. Poniżej widoczna jest warstwa wysokooporowa, którą należy interpretować jako piaski rzeczne. W spągu przekroju oporności są znacznie niższe, co korelować należy z utworami spoistymi (gliny, iły).

Wszystkie warstwy które są obecne na modelu geoelektrycznym korelują się z litologią otworu. Widać ponadto, iż warstwa piaszczysta ma zmienną miąższość i zaleganie.

Sejsmiczna tomografia refrakcyjna i MASW

Rozkład wartości prędkości fal sejsmicznych, zarówno fali P jak i S jest monotonny. Wartości wzrastają wraz z głębokością równomiernie na całej długości przekrojów sejsmicznych. Szczególnie na przekroju wartości Vs można zanotować zmianę tempa przyrostu wartości wraz z głębokością – w części płytszej, do około 6-7 m wartości Vs wzrastają łagodnie, od poniżej 50 m/s do około 75 m/s, natomiast głębiej wzrost ten staje się gwałtowniejszy. Granica, na której odnotowuje się zmianę tempa przyrostu wartości Vs wraz z głębokością, w przybliżeniu pokrywa się ze spągiem gruntów organicznych – torfów, namułów i piasków zawierających organikę. Głębiej, w warstwie odpowiadającej piaskom, wartości Vs wzrastają do około 300 m/s.

Przekrój wartości prędkości fali Vs MASW rejestruje proporcjonalnie niższe wartości Vs niż przekrój SRT-S, co jest charakterystyczne dla metody fal powierzchniowych. Dobrze jednak zaznacza się granica pomiędzy ośrodkiem o ekstremalnie niskich wartościach Vs, a podłożem piaszczystym o nieznacznie wyższych wartościach Vs. Spąg gruntów organicznych odpowiada zmianie tempa wzrostu Vs w funkcji głębokości i odpowiada wartości około 40 m/s.

Dla przekroju fali P trudno wyznaczyć wyraźną granicę, na której zachodzi przełamanie tempa wzrostu wartości Vp wraz z głębokością. Wartości Vp wzrastają od około 300 m/s przy samej powierzchni terenu, do około 500 m/s w spągu gruntów organicznych. W warstwie piasków wartości wzrastają powyżej 1500 m/s i osiągają maksymalne wartości około 2000 m/s w najgłębszej zarejestrowanej warstwie.

Poligon S5 – grunty rzeczne

Poligon S5 zlokalizowany jest we wschodniej części Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina. Według SMGP arkusz Wielgowo [19] w podłożu występują holoceńskie piaski równin rzeczno-rozlewiskowych. Pod względem morfologii teren jest płaski.

Na omawianym poligonie zrealizowano pomiary geofizyczne następującymi metodami:

- Sejsmiczna tomografia refrakcyjna (SRT) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Wielokanałowa analiza fal powierzchniowych (MASW) – jeden ciąg o długości 146 m,
- Tomografia elektrooporowa (ERT) – jeden ciąg o długości 200 m,
- Wielopoziomowe profilowania elektromagnetyczne (GCM) – jeden ciąg o długości 200 m.

Tomografia elektrooporowa (ERT) oraz profilowania elektromagnetyczne (GCM):

Na omawianym obszarze od powierzchni dominują utwory o wysokiej oporności rzeczywistej oraz niskiej przewodności właściwej. Zgodnie z SMGP arkusz Wielgowo [19], a także danymi otrzymanymi z otworu wiertniczego, będą to piaski rzeczne datowane na holocen. Ich miąższość wynosi około 20 m.

Poniżej widoczne są utwory o niższej oporności. Głębokość ich zalegania przekracza prospekcję metody GCM, ale dobrze widoczna jest w obrazie ERT. Zgodnie z danymi pozyskanymi z wiercenia badawczego są to gliny ze zmienną domieszką materiału żwirowego. Wyniki otrzymane na drodze pomiarów geoelektrycznych wskazują, że zalegają one względnie płasko, stanowiąc nieprzepuszczalne podłoże dla wyżej ległych piasków holoceńskich.

Sejsmiczna tomografia refrakcyjna i MASW

Na przekrojach wartości prędkości wykonanych na poligonie wyraźnie zaznacza się warstwowa budowa ośrodka gruntowego. W przypadku wartości Vp można wyróżnić dwie warstwy. W warstwie

płytszej wartości Vp zawierają się w przedziale 1500-1800 m/s, jedynie w najbardziej przypowierzchniowej części przekroju wartości te są niższe niż 500-1000 m/s. Warstwa o wartościach Vp poniżej 2000 m/s odpowiada w pakietowi piasków. Najniższe wartości notowane w strefie przypowierzchniowej są związane z położeniem zwierciadła wód podziemnych. Piaski niezawodnione charakteryzują się niskimi wartościami Vp. Poniżej głębokości około 15-16 m wartości Vp wzrastają powyżej 2000 m/s i dochodzą lokalnie do 2500 m/s. Ośrodek o wyższych wartościach Vp został zarejestrowany jedynie w centralnej części przekroju i na podstawie samego przekroju Vp nie można wyciągnąć wniosków na temat geometrii granicy. Ośrodek o wyższych wartościach Vp odpowiada zarejestrowanemu wwierceniu pakietowi glin i pyłów. Cienka warstwa namułów zarejestrowana w wierceniu nie zaznacza się na przekroju Vp, jednak jej obecność może być przyczyną ograniczonego zasięgu horyzontalnego wyznaczenia granicy piaski/gliny.

Warstwowy układ zaznacza się dużo wyraźniej na przekrojach wykonanych z zastosowaniem fali S (technika SRT-S). Na przekroju zaznaczają się trzy odrębne warstwy rozdzielone w przybliżeniu horyzontalnymi granicami wyrażonymi w postaci stref silnych gradientów wartości Vs. Warstwa najpłytsza o miąższości około 5 m charakteryzuje się wartościami Vs w zakresie 75-150 m/s i odpowiada warstwie piasków średnioziarnistych. Niewielkie obniżenie granicy w części centralnej przekroju może wskazywać na obecność rynny erozyjnej, co potwierdzałoby rzeczną genezę osadów. Warstwa środkowa o miąższości około 15 m charakteryzuje się wartościami Vs w zakresie 175-250 m/s i odpowiada warstwie piasków, w przewadze drobnoziarnistych, zarejestrowanych w wierceniu. Niewielka zmienność oboczna wartości Vp jest prawdopodobnie wynikiem zmian facjalnych (uziarnienia) w warstwie piasków. Wzrost średnich wartości Vs w części SW przekroju sugeruje występowanie w tej części piasków o większym ziarnie. Najgłębiej występującą warstwą jest warstwa o stosunkowo wysokich wartościach Vs, przekraczających 300 m/s i dochodzących do ponad 450 m/s. Warstwa odpowiada pakietowi glin zwałowych i pyłów zarejestrowanemu w wierceniu. Cienka wkładka namułów pokrywająca strop glin nie dała efektu na polu prędkości Vs. Wkładka ta jest albo ograniczona przestrzennie, lub zbyt cienka, aby mogła być zarejestrowana techniką SRT-S.

Przy interpretacji wyników badań geoelektrycznych należy zaznaczyć, **iż występowanie silnych gradientów (gwałtowanych zmian oporności) na przekroju mogą świadczyć o większym stopniu skomplikowania budowy geologicznej (mogą tu znajdować się np. poziome i pionowe granice litologiczne).**

6 SPIS LITERATURY I MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH

[1] Beamish D., 2011 - Low induction number, ground conductivity meters: a correction procedure. Journal of Applied Geophysics, vol. 75, pp. 244-253.

[2] Bocheńska T. Dowgiałło J., Kleczkowski A. S., Szczepański S., Witczak S., Krajewski S., Macioszczyk, A., Macioszczyk T., Małecka D., Rogóż M., Różkowski A., Sadurski A., Red. Nauk.: Dowgiałło J., Kleczkowski A. S., Macioszczyk A., Rożkowski, 2002, Słownik hydrogeologiczny, Wyd. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 2002: 128-129.

[3] Dahlin T. & Zhou B. 2004 – A numerical comparison of 2D resistivity imaging with 10 electrode arrays, Geophysical Prospecting, 52, 379:398.

[4] Dobracka E., 1981 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Tanowo (0189), Instytut Geologiczny, Warszawa

[5] Dobracka E., 1982 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50000, arkusz Tanowo (0189), Instytut Geologiczny, Warszawa

[6] Dobracki R., 1980 –Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczecin (0228), Instytut Geologiczny, Warszawa

[7] Dobracki R., 1982 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczecin (0228), Instytut Geologiczny, Warszawa

[8] Jaros M. i in., 2020 - Projekt robót geologicznych w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby zagospodarowania przestrzennego i sporządzenia Atlasu geologiczno-inżynierskiego Szczecina (Jaros M. i in., 2020)

[9] Keler G.V. & Frischknecht F.C.1966 – Electrical methods in geophysical prospecting. Pergamon Press Inc., Oxford.

[10] Loke M.H. 2004 – Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys, www.ualberta.ca.

[11] Loke M. H. & Barker R. D. 1996 – Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting, 44, 131:152.

[12] Loke M.H., Alfouzan F. A. & Nawawi M.N.M. 2007 – Optimisation of electrode arrays used in 2D resistivity imaging surveys, ASEG Extended abstracts 2007 (1) 1-4.

[13] McNeill J.D. 1980 – Electrical conductivity of soils and rocks. Geonics Limited. Technical Note TN-5. Mississauga, Ontario, Canada.

[14] Ogilwi N.A. 1974 - Fiziczeskije i geologiczeskije polja w gidrogeologii. Nauka, Moskwa.

[15] Piotrowski A., 1979 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Dołuje (0227), Instytut Geologiczny, Warszawa

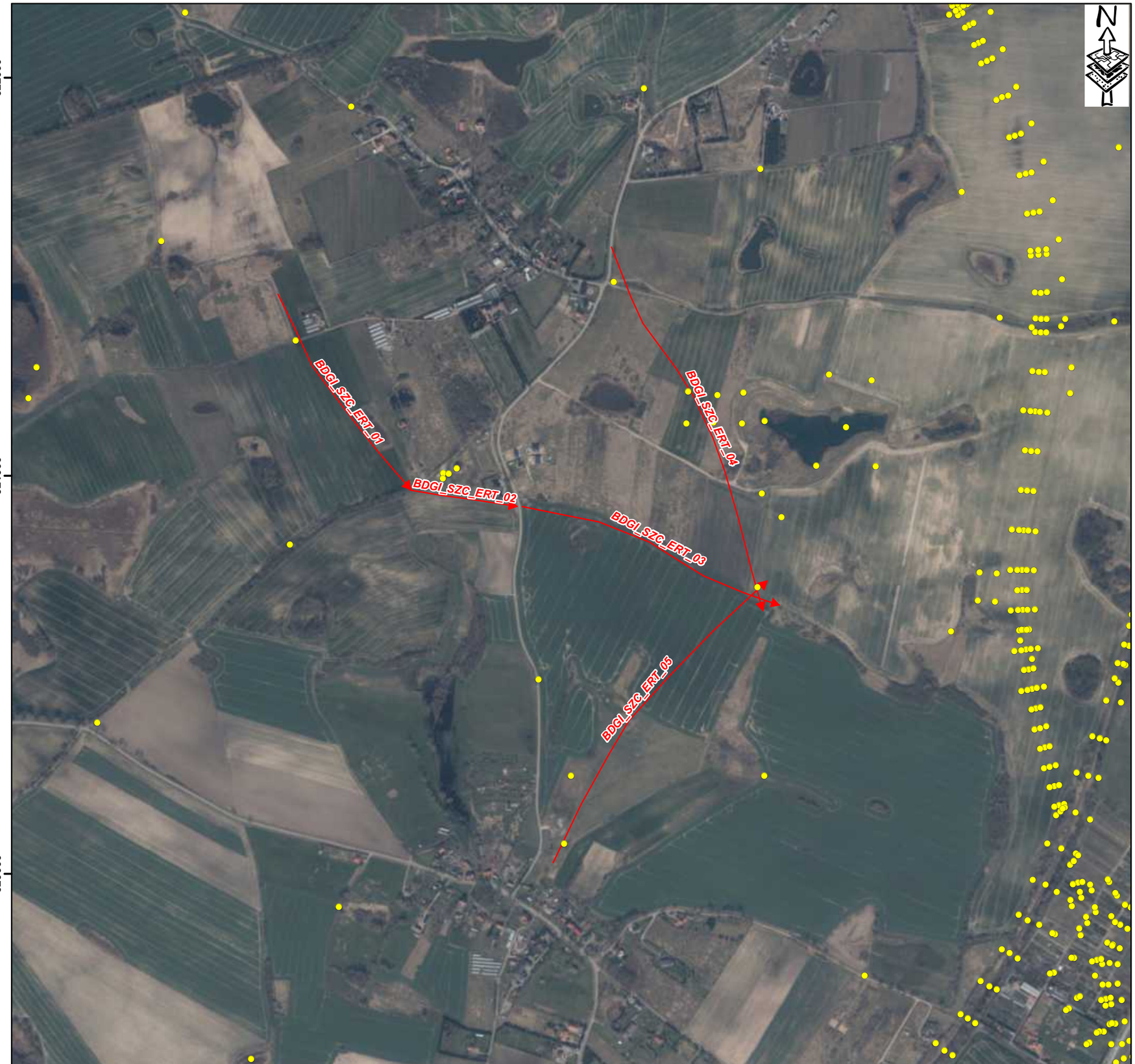
[16] Piotrowski A., 1981 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczecin (0227), Instytut Geologiczny, Warszawa

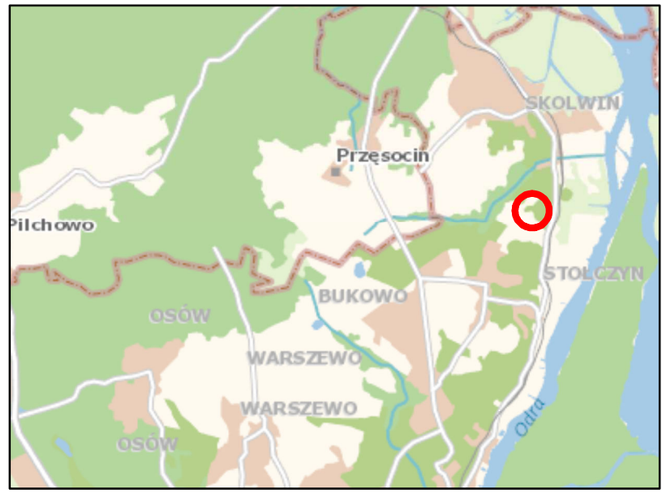
[17] Piotrowski A., 1981 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Police (0190), Instytut Geologiczny, Warszawa

[18] Piotrowski A., 1982 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Police (0190), Instytut Geologiczny, Warszawa

[19] Ruszała M., 1986 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Wielgowo (0229), Instytut Geologiczny, Warszawa

[20] Ruszała M., 1988 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Wielgowo (229), Instytut Geologiczny, Warszawa





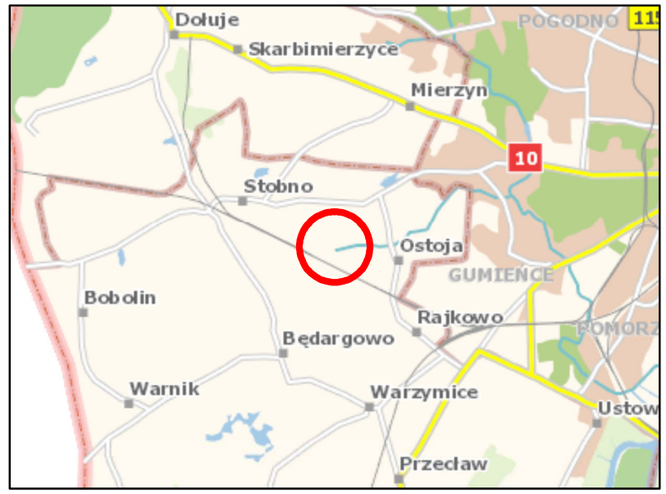
Objaśnienia

- Otwory archiwalne
- Profil geoelektryczny

Metry

0 250 500 1 000

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, OBSZAR I**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:10 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.0**



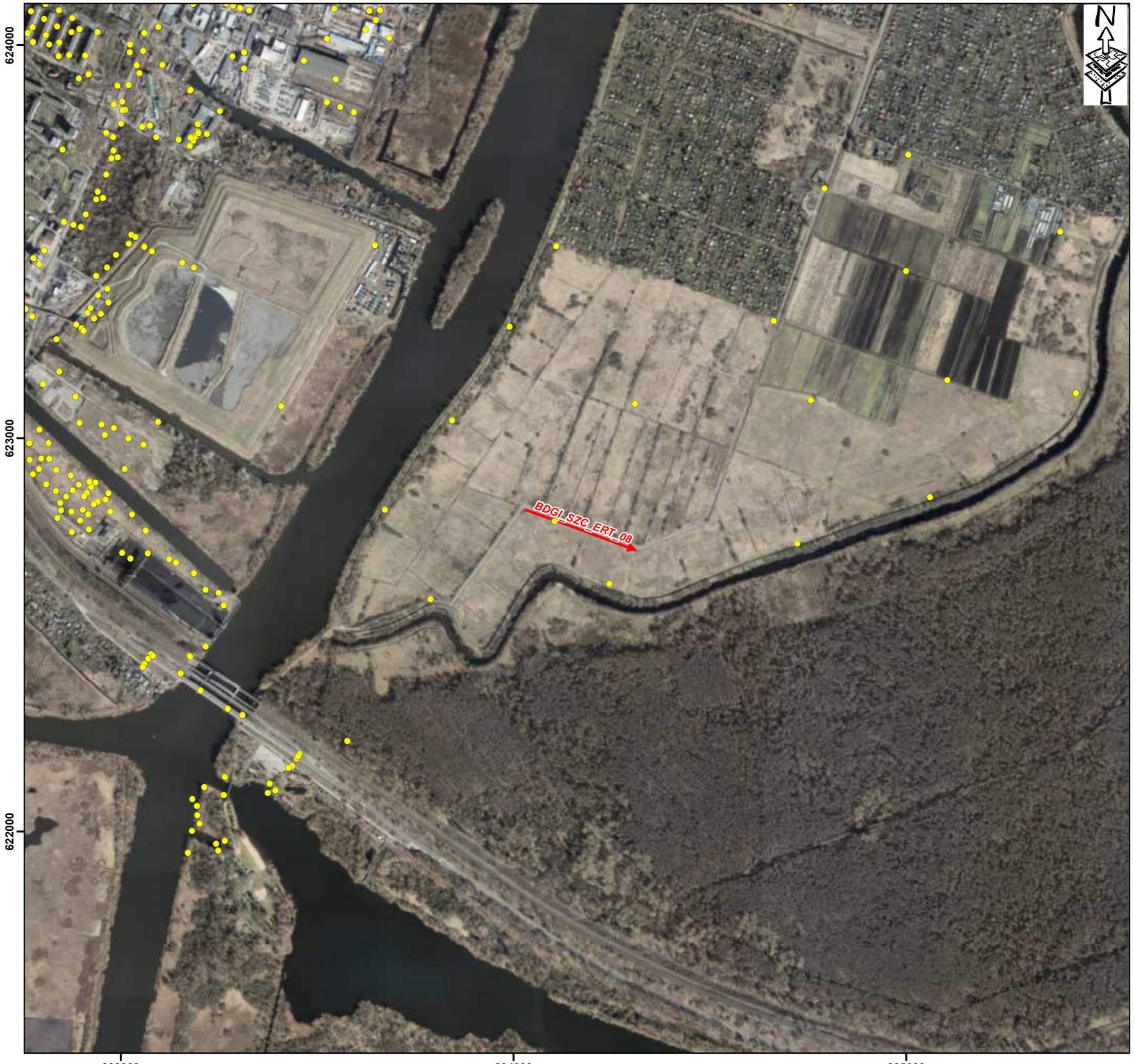
Objaśnienia

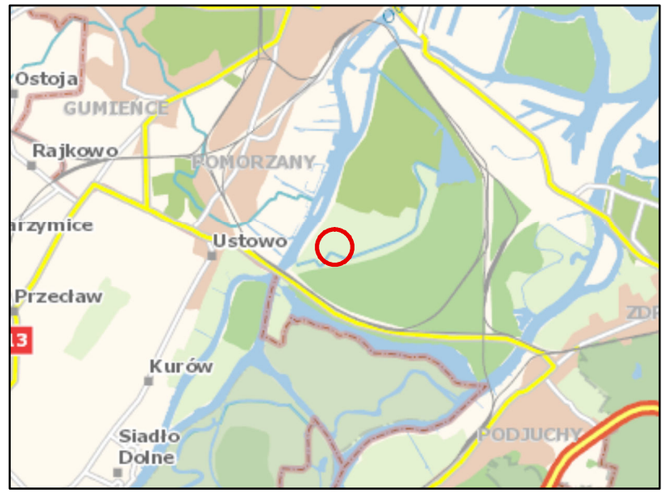
- Otwory archiwalne
- Profil geoelektryczny

Metry

0 — 250 — 500 — 1 000

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, OBSZAR II**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:10 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.1**





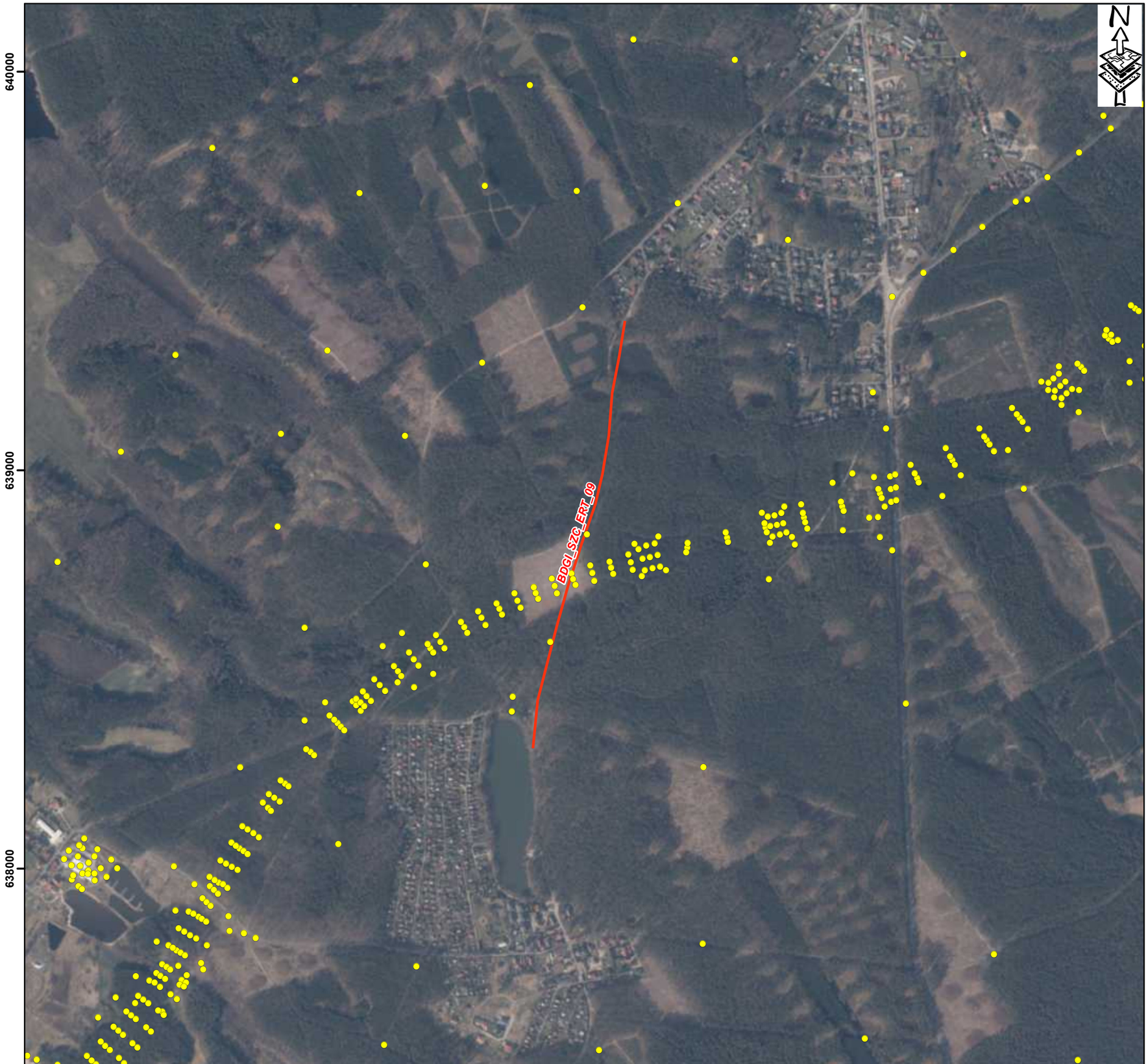
Objaśnienia

- Otwory archiwalne
- Profil geoelektryczny

Metry

0 250 500 1 000

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, OBSZAR III**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:10 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.2**



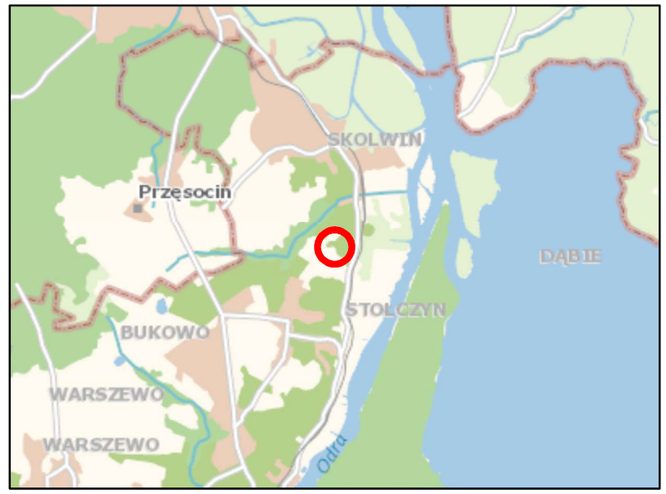
Objaśnienia

- Otwory archiwalne
- Profil geoelektryczny

Metry

0 250 500 1 000

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, OBSZAR IV**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:10 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.3**



Objaśnienia

Otwory archiwalne

Profil geoelektryczny

Metry

0 250 500 1 000

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, OBSZAR V**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:10 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.4**

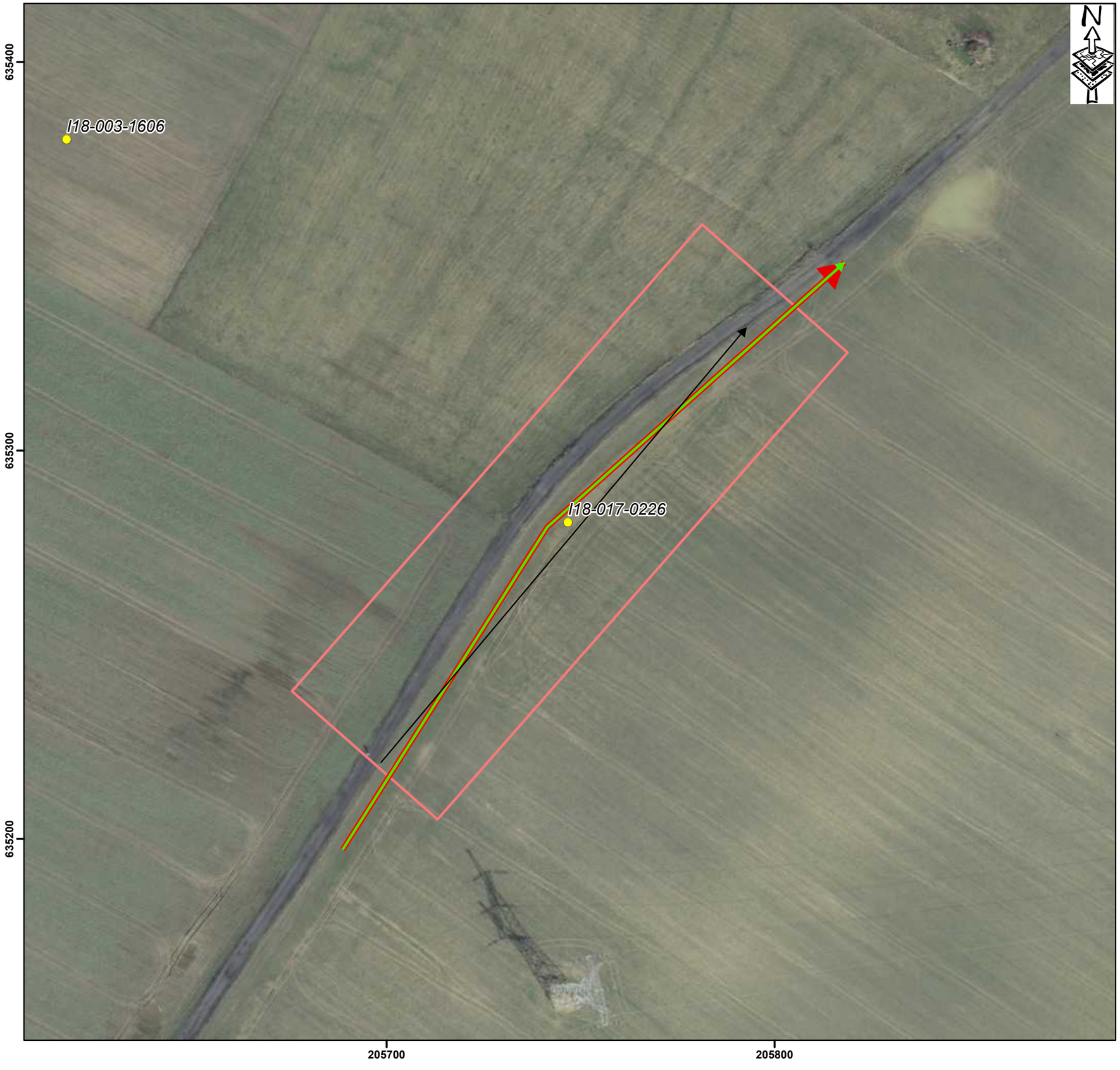
Objaśnienia

- Otwory archiwalne
- Profil geoelektryczny

Metry

0 250 500 1 000

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, OBSZAR VI**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:10 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.5**



Objaśnienia

- Otwory archiwalne
- Profil sejsmiczny
- Profil konduktometryczny
- Profil geoelektryczny

Metry

0 25 50 100

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, POLIGON S1 - IŁY SEPTARIOWE**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:1 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.6**

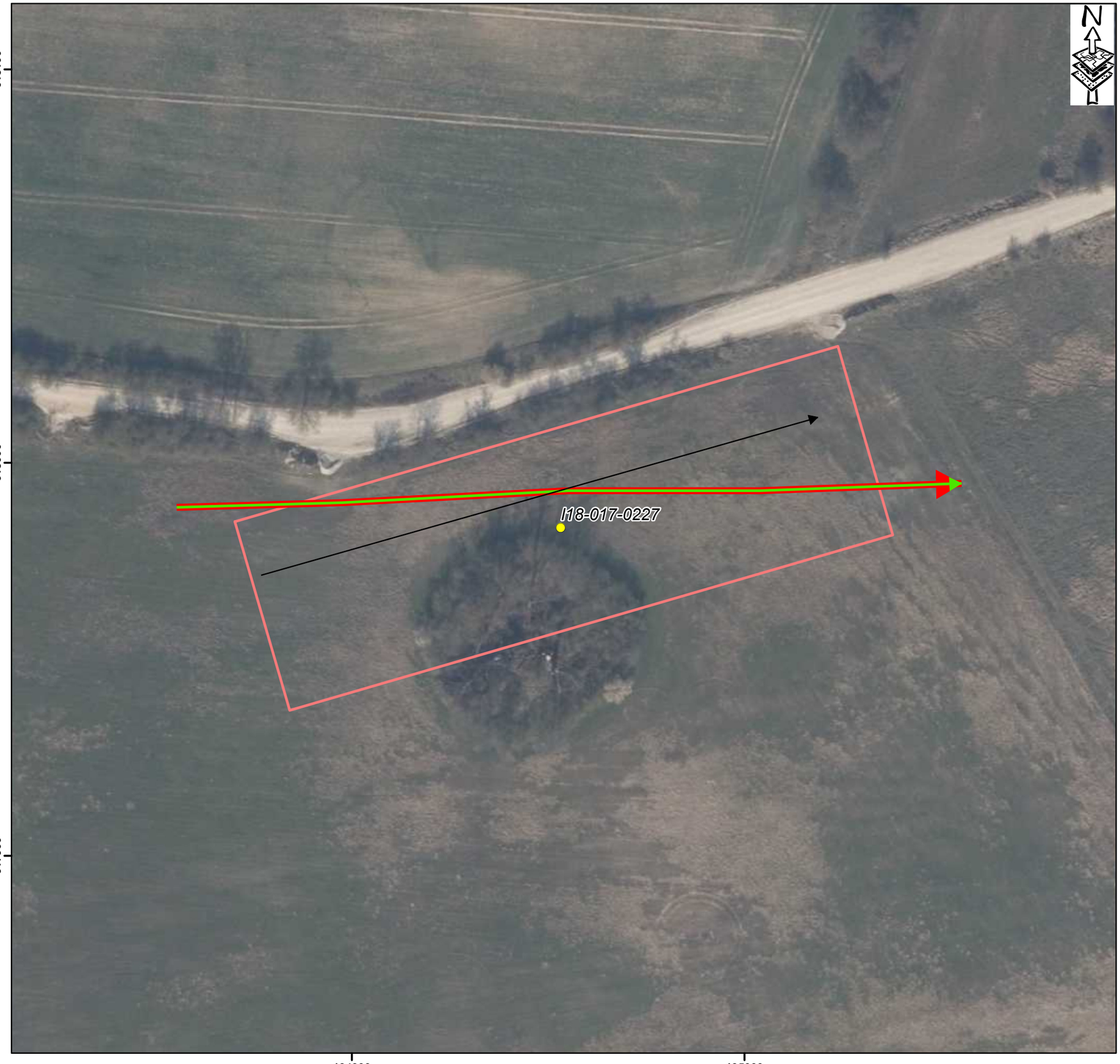
Objaśnienia

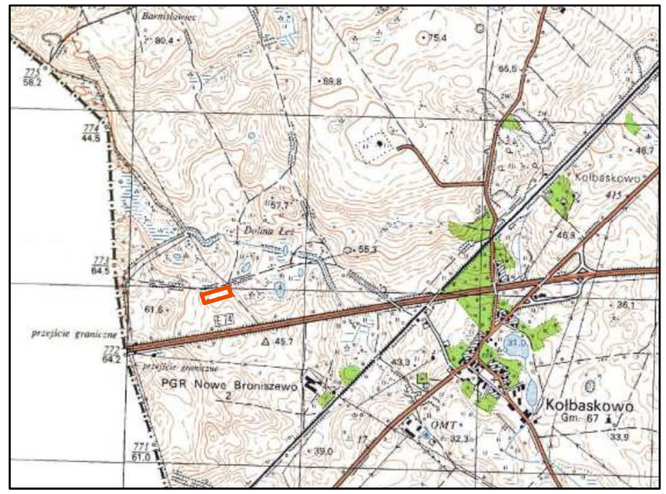
- Otwory archiwalne
- Profil sejsmiczny
- Profil konduktometryczny
- Profil geoelektryczny

Metry

0 25 50 100

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, POLIGON S2 - SANDRY**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:1 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.7**





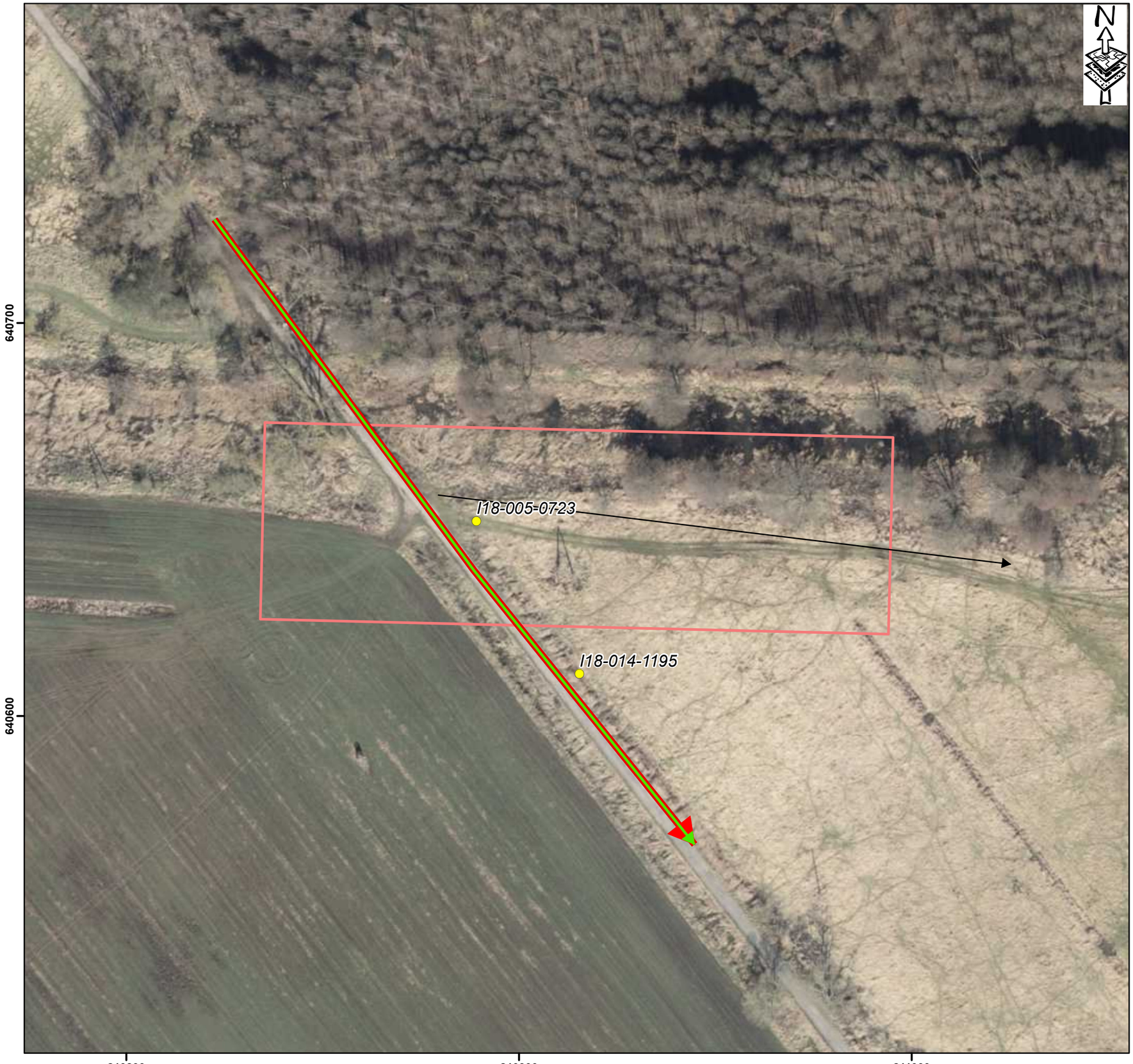
Objaśnienia

- Otwory archiwalne
- Profil sejsmiczny
- Profil konduktometryczny
- Profil geoelektryczny

Metry

0 25 50 100

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYZCNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, POLIGON S3 - WYSOCZYZNA**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:1 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.8**

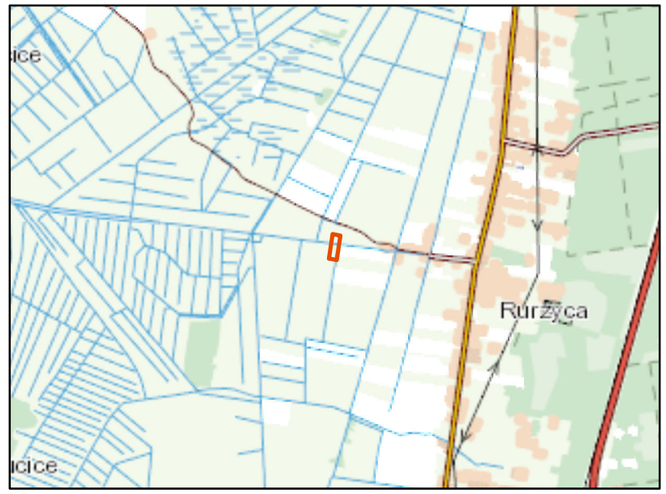


Objaśnienia

- Otwory archiwalne
- Profil sejsmiczny
- Profil konduktometryczny
- Profil geoelektryczny

Metry
0 25 50 100

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYCZNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, POLIGON S4 - GRUNTY ORGANICZNE**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:1 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.9**



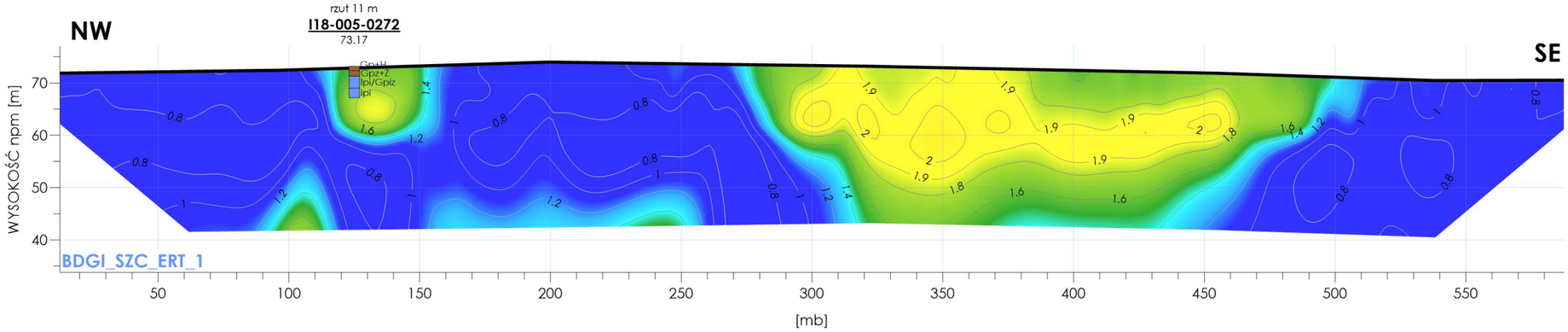
Objaśnienia

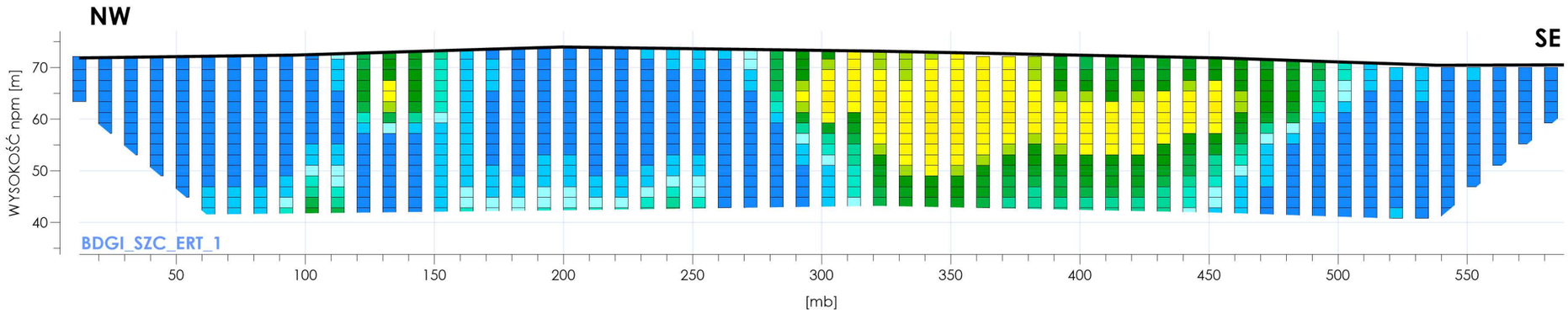
- Otwory archiwalne
- Profil sejsmiczny
- Profil konduktometryczny
- Profil geoelektryczny

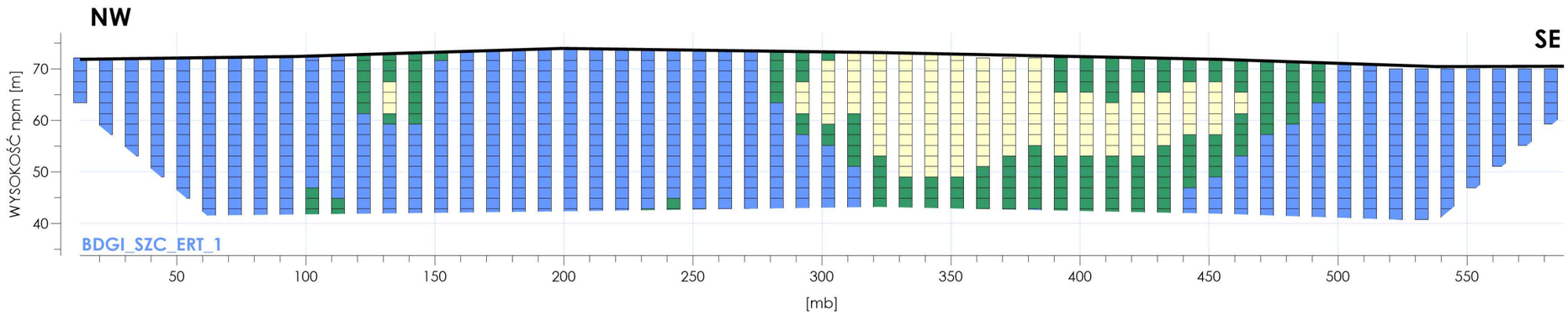
Metry

0 25 50 100

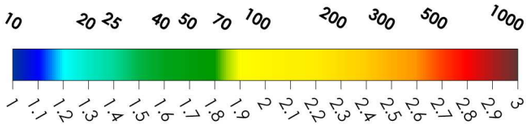
Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa		
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa		
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**		
Tytuła załącznika:	**MAPA DOKUMENTACYJNA WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYCZNYCH NA PODKŁADZIE ORTOFOTOMAPY, POLIGON S5 - GRUNTY RZECZNE**		
Data: **08.2022**	Skala: **1:1 000**	Układ współrzędnych: **PUWG 1992**	Numer załącznika:
Imię i nazwisko:	**Przemysław Sobótka, Grzegorz Pacanowski, Paweł Czarniak**		**1.10**







skala oporności [Ωm]

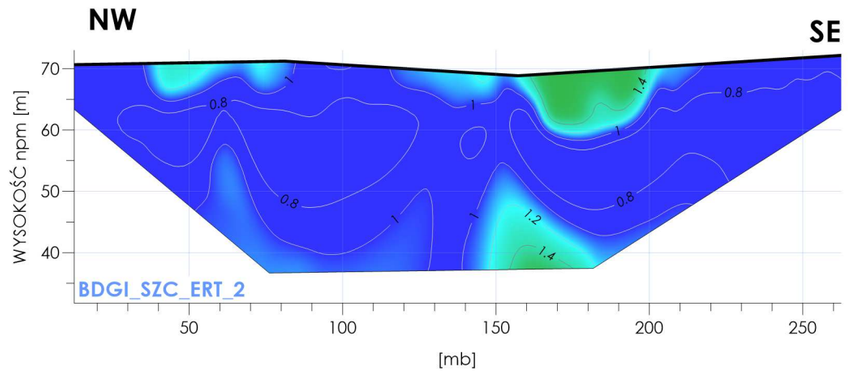


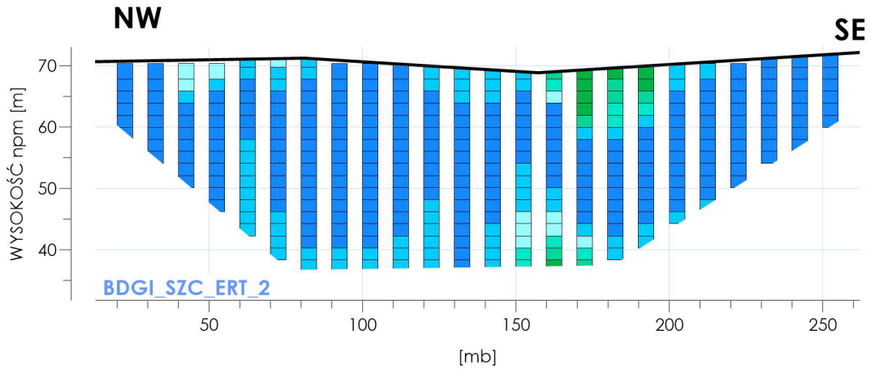
PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)	
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40	UTWORY SPOISTE	
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

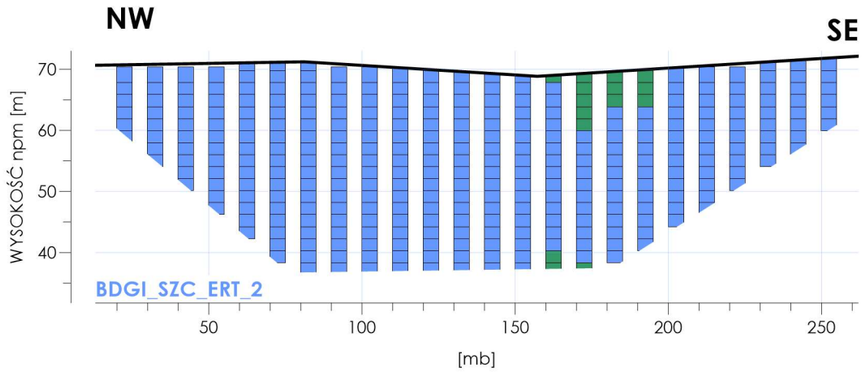
rzut 11 m
I18-005-0272
73.17
- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- NAZWA OTWORU
- RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

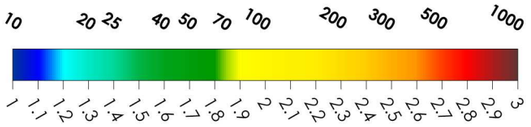
Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 1 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.1**





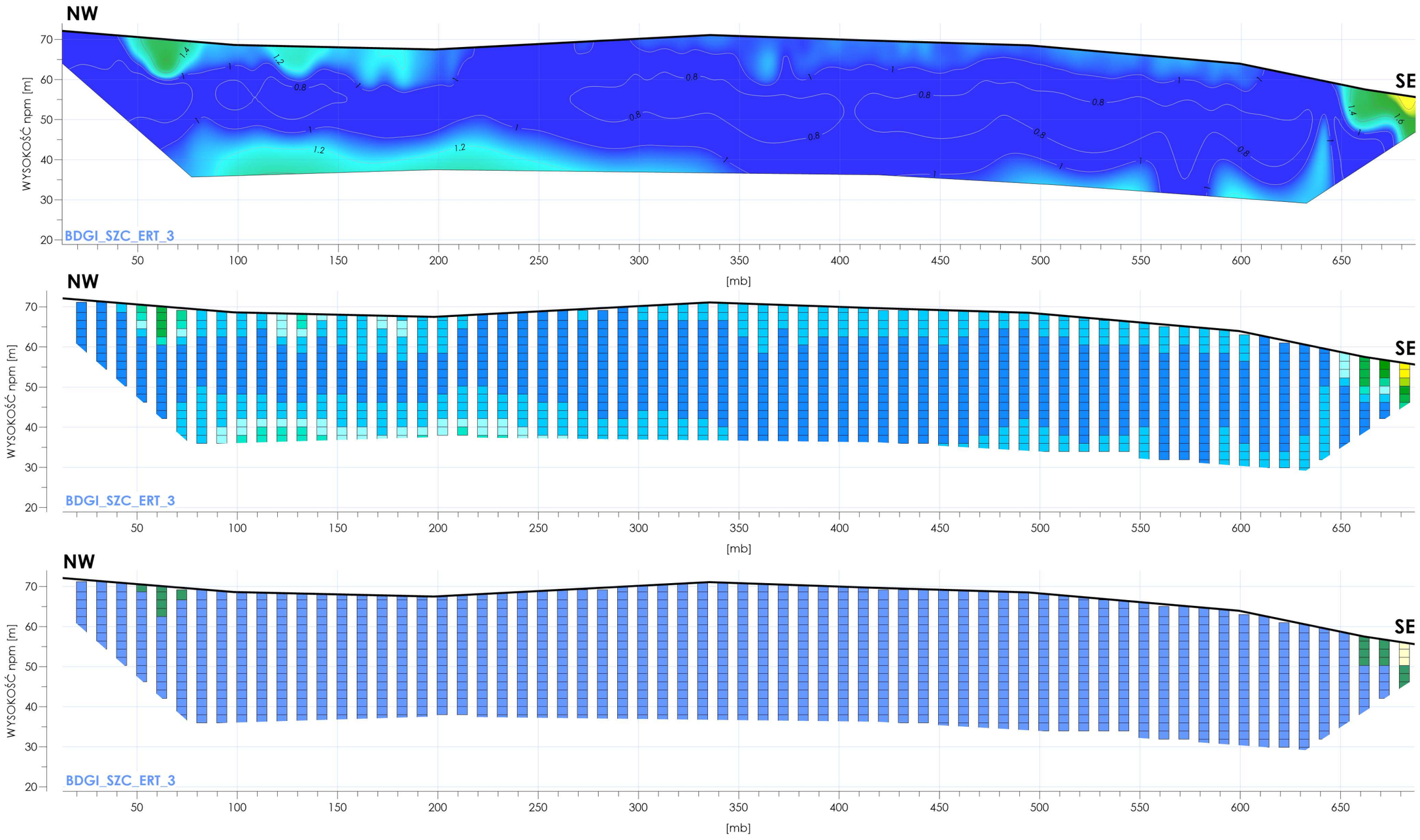


skala oporności [Ωm]



PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)	
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40	UTWORY SPOISTE	
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	UTWORY SUCHE	

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 2 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.2**



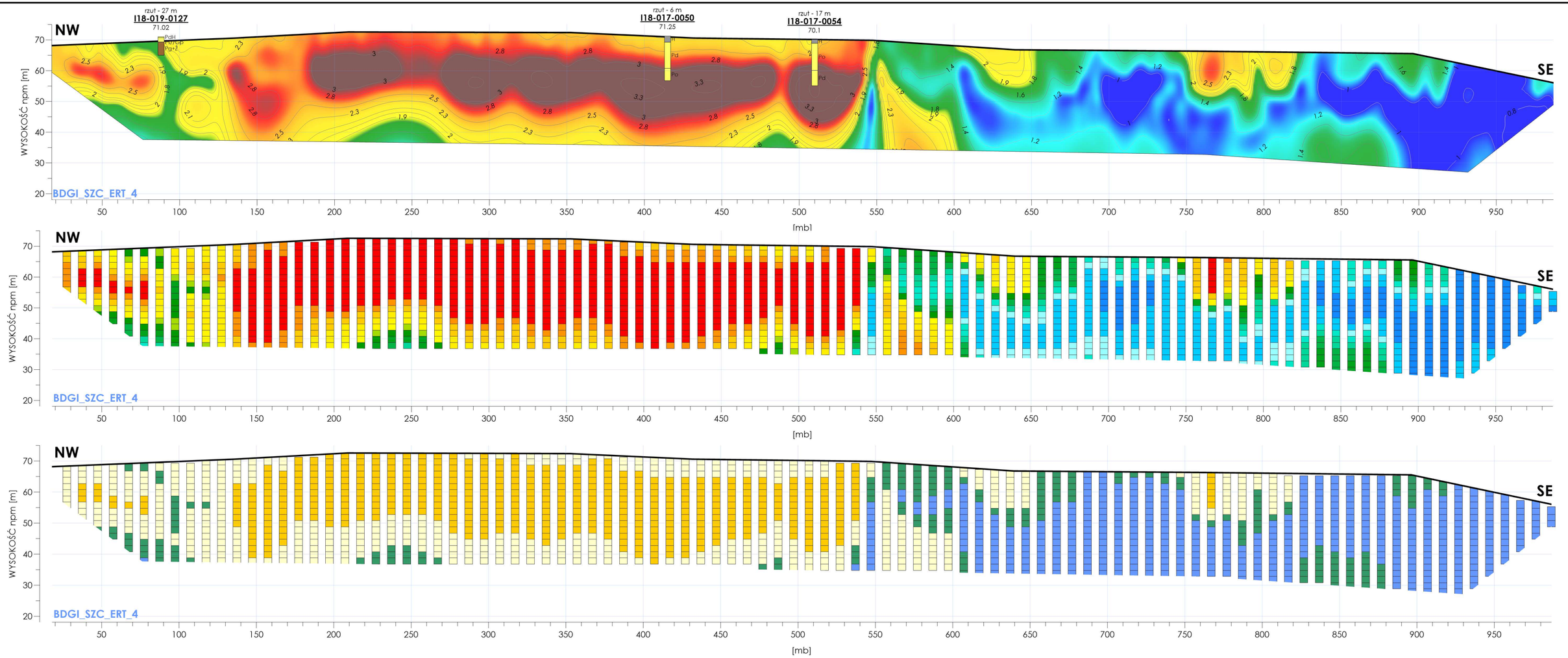
skala oporności [Ω m]

10 20 25 40 50 70 100 200 300 500 1000

1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3

PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ω m]	
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)
10 - 15	
15 - 20	
20 - 25	
25 - 30	
30 - 40	UTWORY SPOISTE
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE
80 - 100	
100 - 150	
150 - 250	
250 - 400	
400 - 1000	UTWORY SUCHE

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 3 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.3**



skala oporności [Ωm]

10 20 25 40 50 70 100 200 300 500 1000

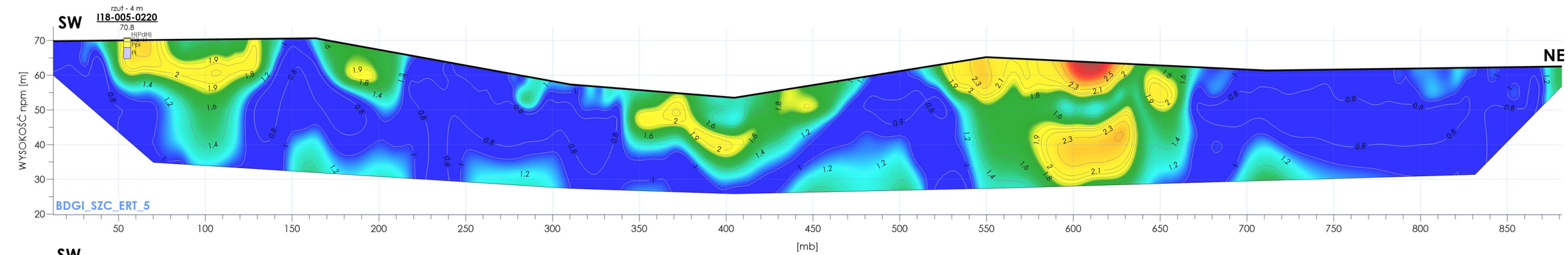
1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3

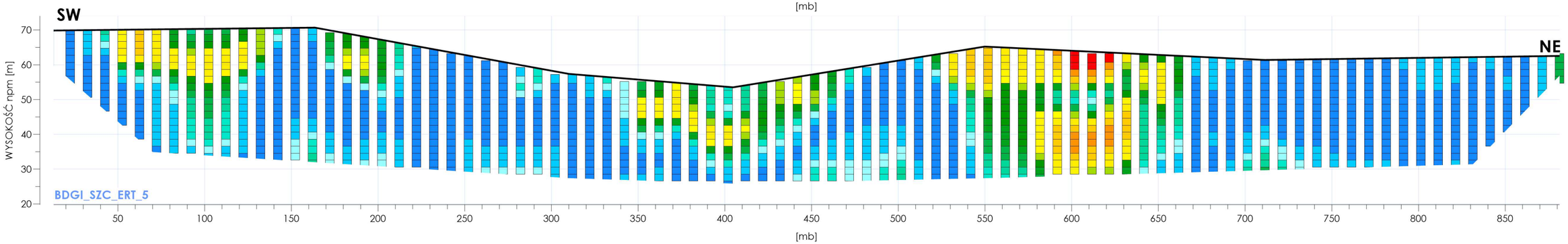
PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)	
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40	UTWORY SPOISTE	
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

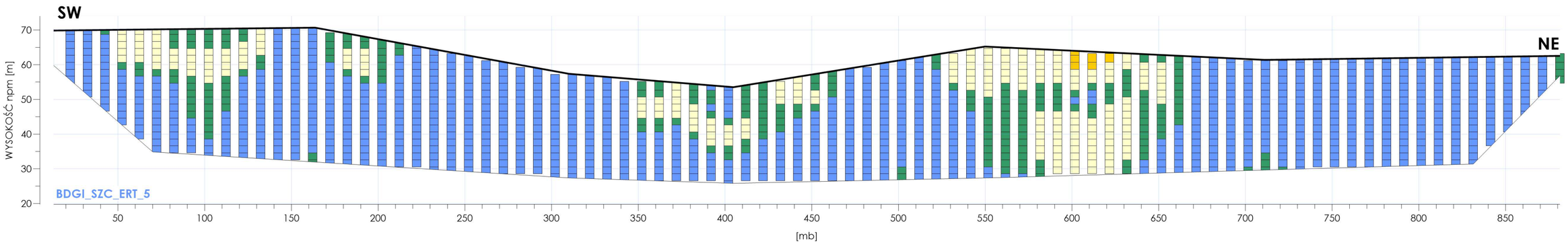
rzut 11 m
I18-005-0272
73.17
- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- NAZWA OTWORU
- RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

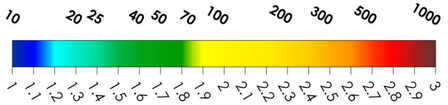
Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 4 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.4**







skala oporności [Ω·m]

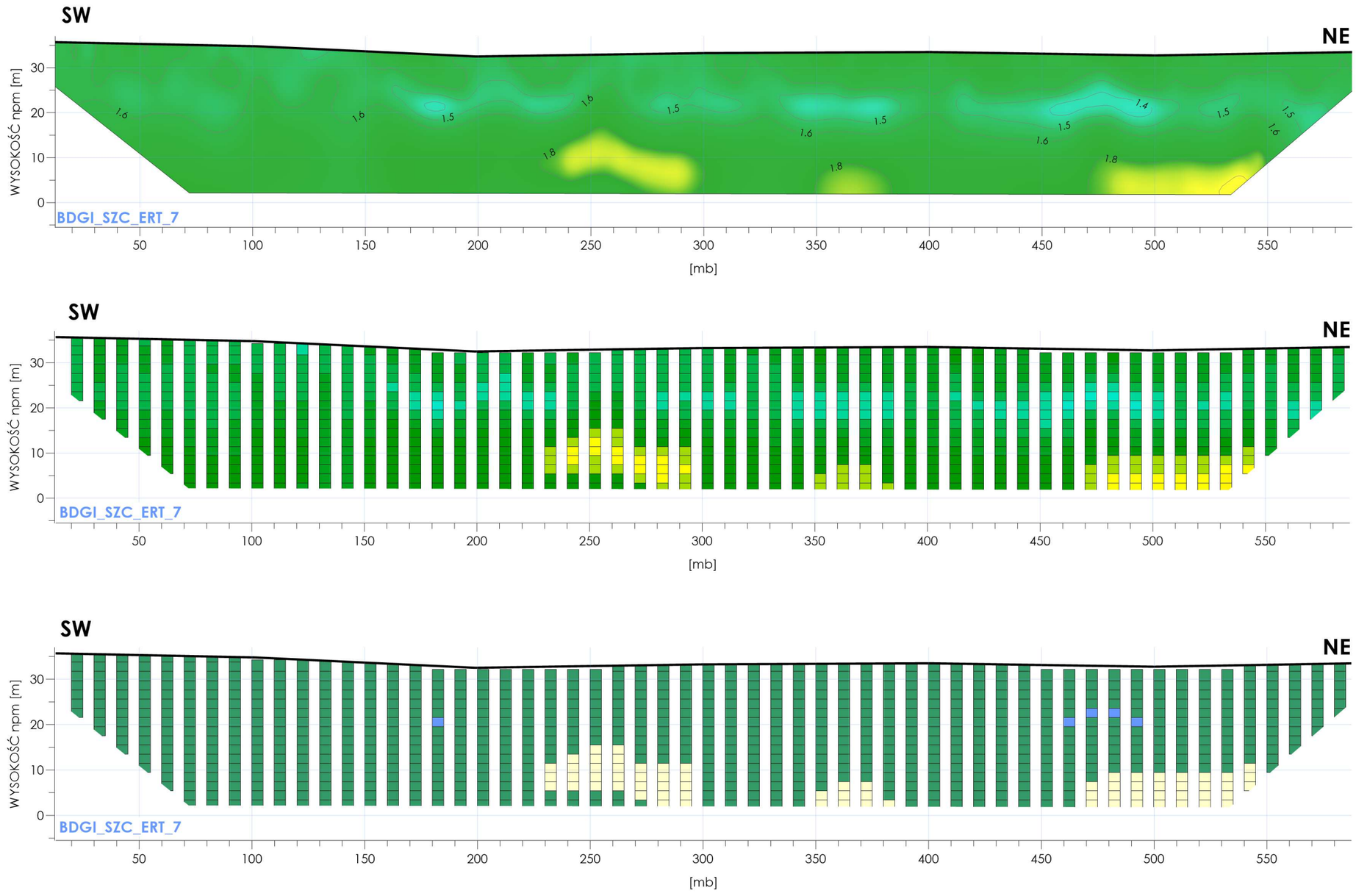


PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ω·m]		
1 - 10		UTWORY SPOISTE (ILASTE)
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40		UTWORY SPOISTE
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80		UTWORY NIESPOISTE
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000		MOŻLIWE ŻWIRY

rzut 11 m
I18-005-0272 - NAZWA OTWORU
73.17 - RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
- ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
- ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

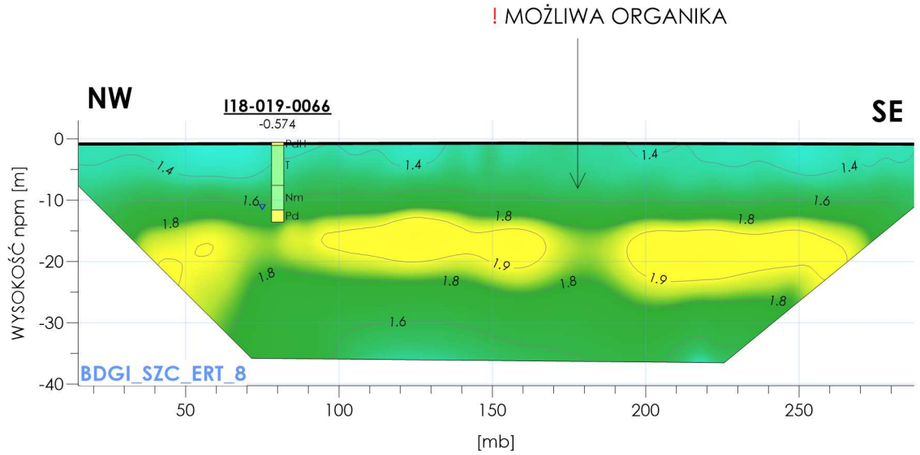
Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 5 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.5**

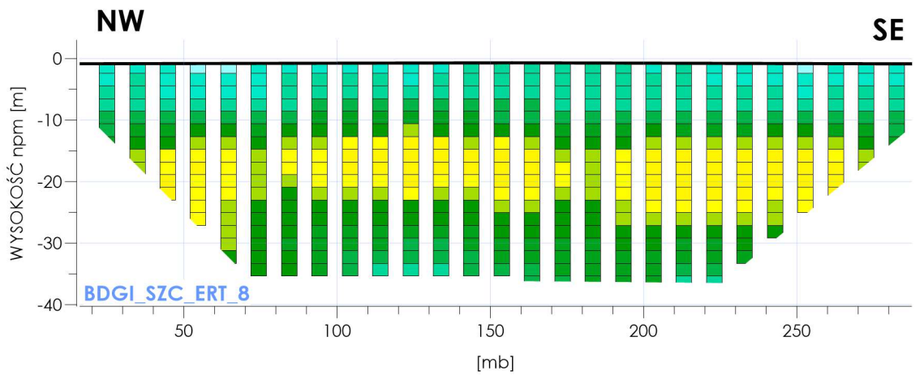


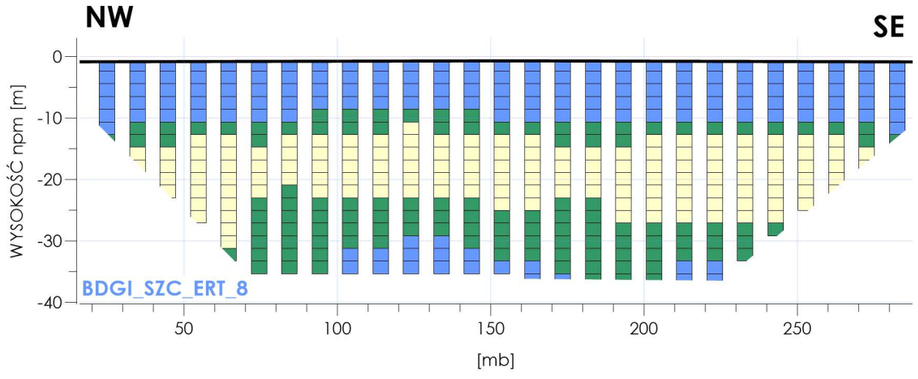
skala oporności [Ωm]

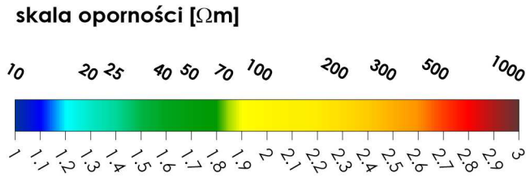
PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]	
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)
10 - 15	
15 - 20	
20 - 25	
25 - 30	
30 - 40	UTWORY SPOISTE
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE
80 - 100	
100 - 150	
150 - 250	
250 - 400	
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 7 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.6**







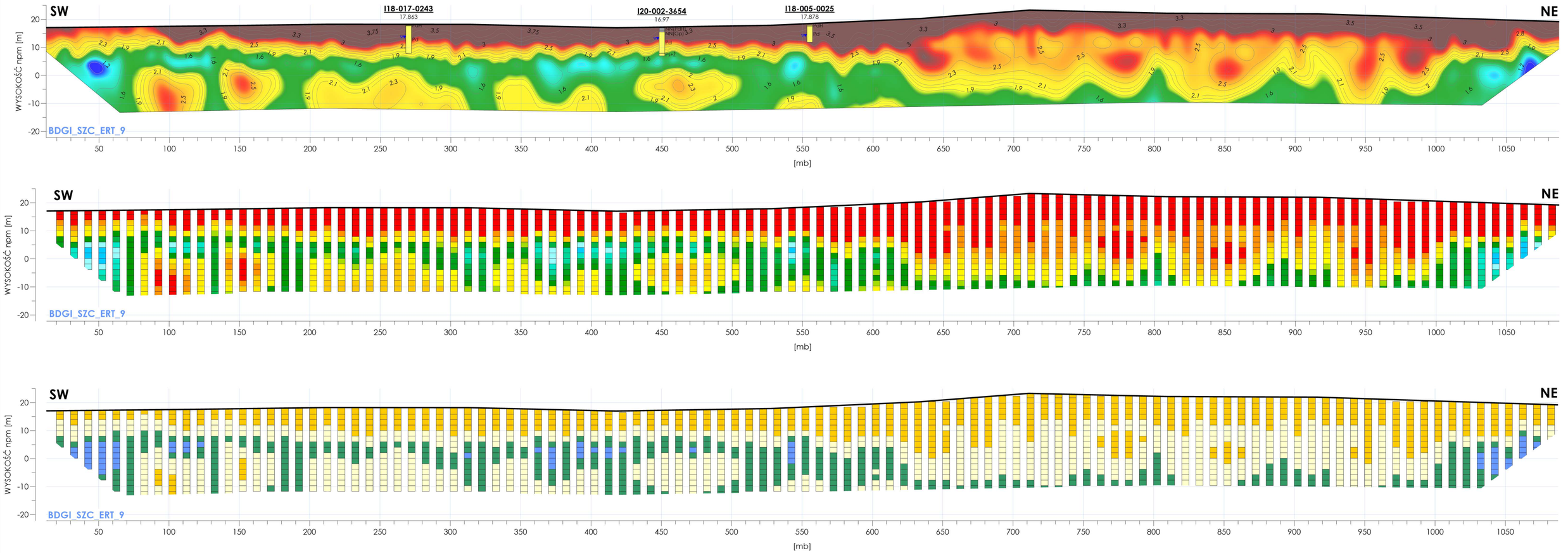


PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10	UTWORY ORGANICZNE	ILASTE W SPĄGU PRZEKROJU
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40		
40 - 50	UTWORY SPOISTE	
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

rzut 11 m
I18-005-0272
73.17
- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- NAZWA OTWORU
- RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 8 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.7**



skala oporności [Ωm]

10 20 25 40 50 70 100 200 300 500 1000

1 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7 2,8 2,9 3

PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10		UTWORY SPOISTE (ILASTE)
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40		UTWORY SPOISTE
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80		UTWORY NIESPOISTE
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000		MOŻLIWE ŻWIRY

rzut 11 m - INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU

I18-005-0272 - NAZWA OTWORU

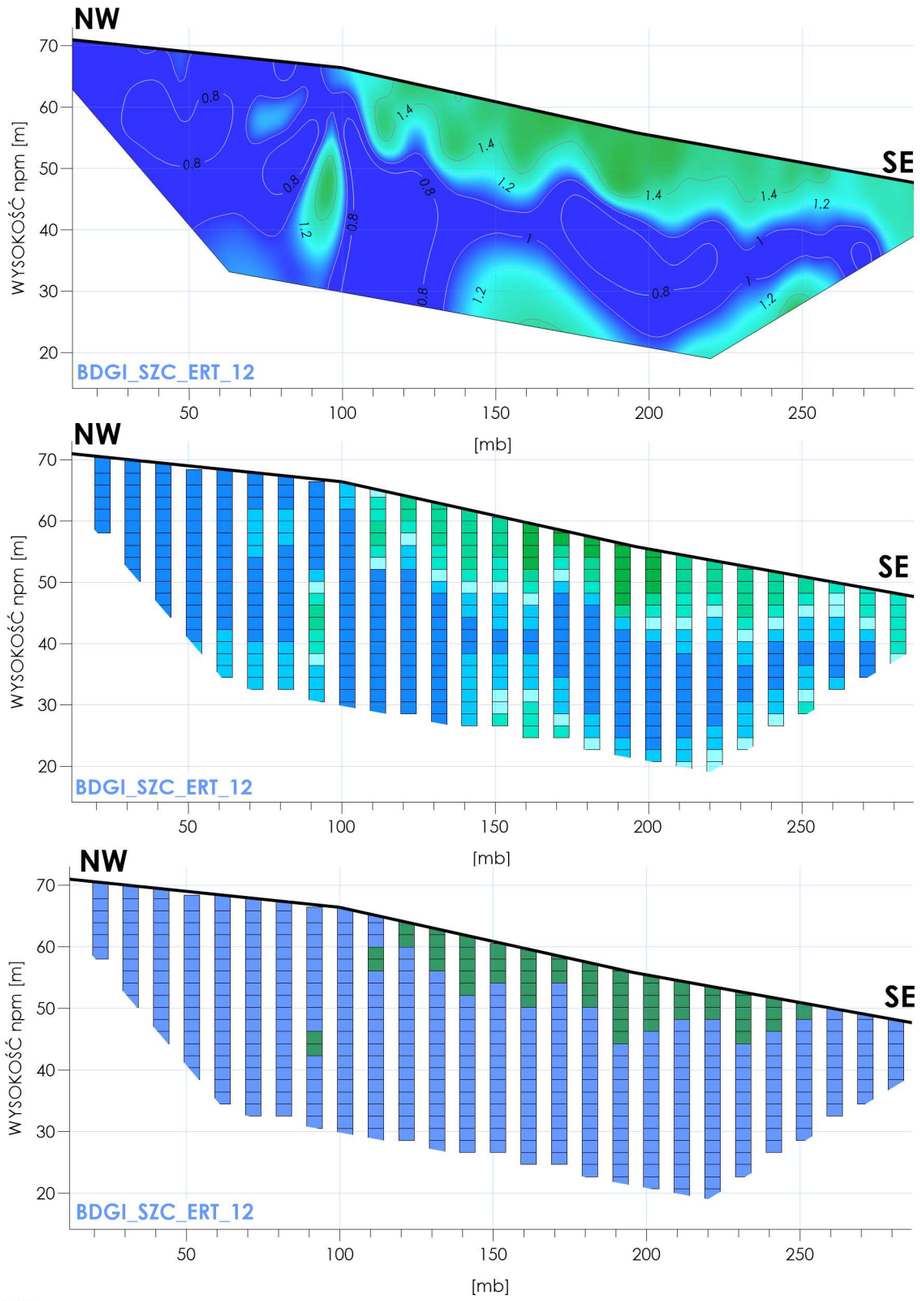
73.17 - RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE

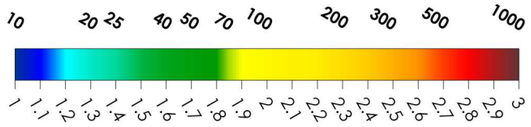
▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE

▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 9 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.8**



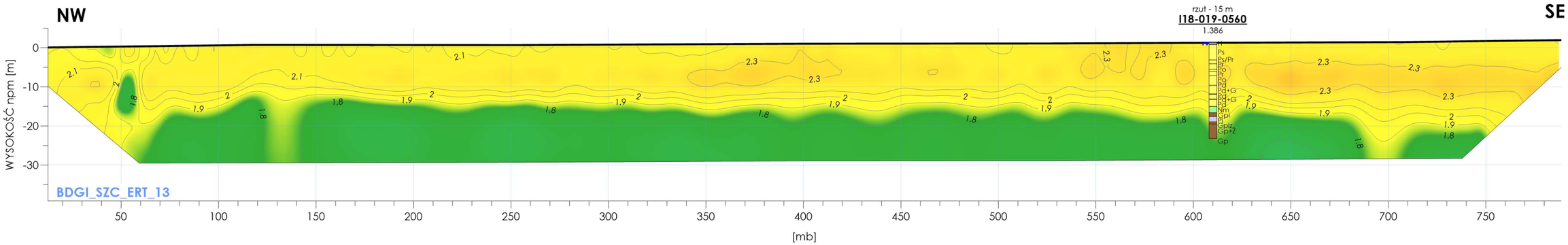
skala oporności [Ω m]

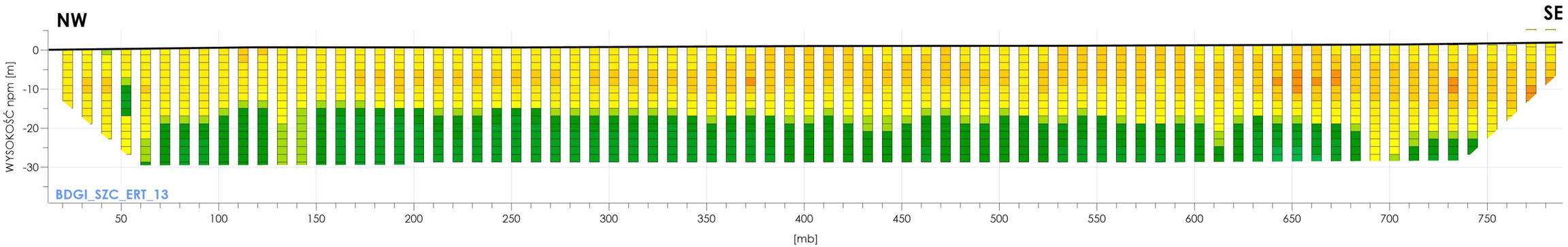


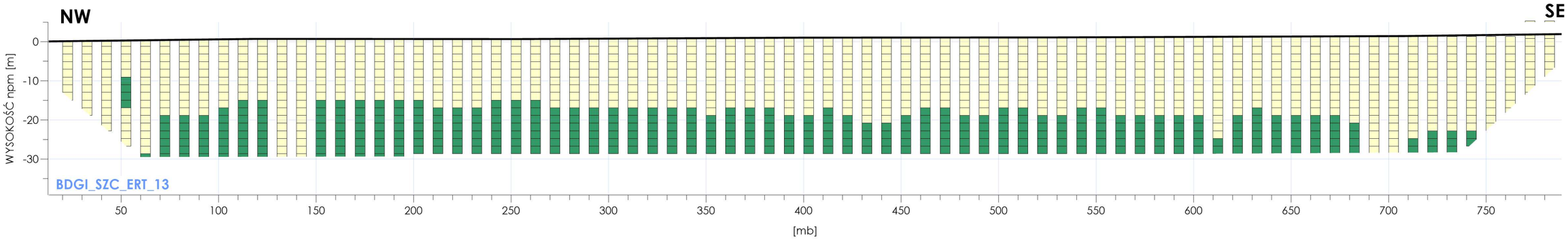
PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ω m]		
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)	
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40	UTWORY SPOISTE	
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 12 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.9**

PROFIL TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ (ERT)







skala oporności [Ω m]

10 20 25 40 50 70 100 200 300 500 1000

1 1:1 1:2 1:3 1:4 1:5 1:6 1:7 1:8 1:9 2 2:1 2:2 2:3 2:4 2:5 2:6 2:7 2:8 2:9 3

PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)	
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40	UTWORY SPOISTE	
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

rzut 11 m
I18-005-0272
73.17
- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- NAZWA OTWORU
- RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 13 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	**2.10**

skala oporności [Ωm]

10 20 25 40 50 70 100 200 300 500 1000

1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3

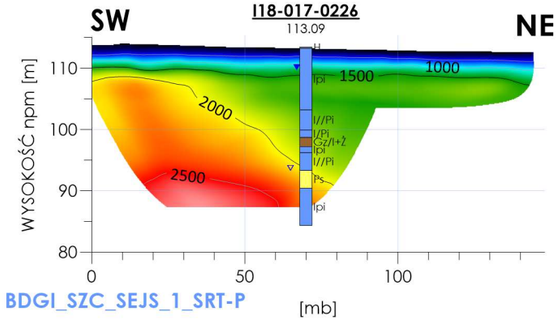
PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10		
10 - 15		
15 - 20	UTWORY SPOISTE (IŁASTE)	
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40		
40 - 50		
50 - 60	UTWORY SPOISTE	
60 - 70		
70 - 80		
80 - 100		
100 - 150	UTWORY NIESPOISTE	
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

rzut 11 m
I18-004-0272 - NAZWA OTWORU
78.17 - RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
- ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
- ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

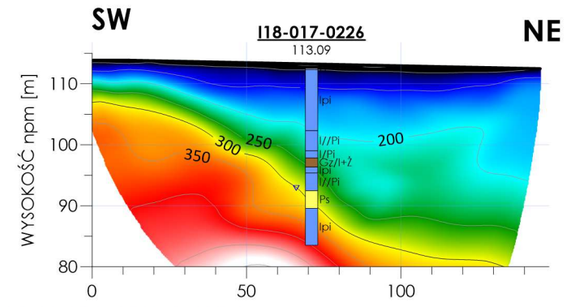
Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKRÓJ GEOELEKTRYCZNY NR 15 Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika: **2.11**
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, P. Wilkołazki	

PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI P (SRT-P)



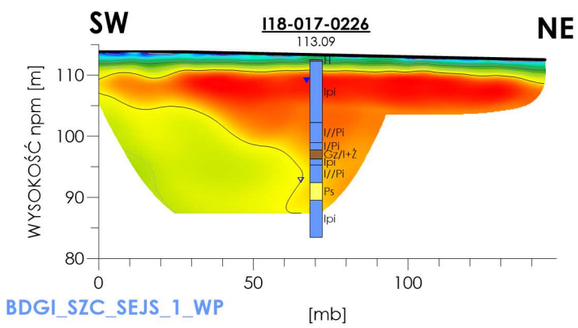
BDGI_SZC_SEJS_1_SRT-P

PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI S (SRT-S)



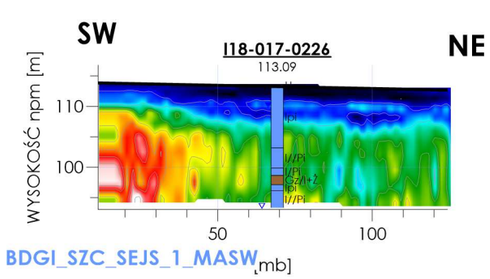
BDGI_SZC_SEJS_1_SRT-S

ROZKŁAD WSPÓŁCZYNNIKA POISSONA



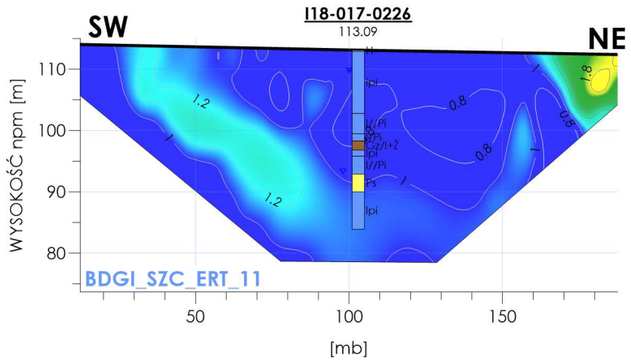
BDGI_SZC_SEJS_1_WP

MASW

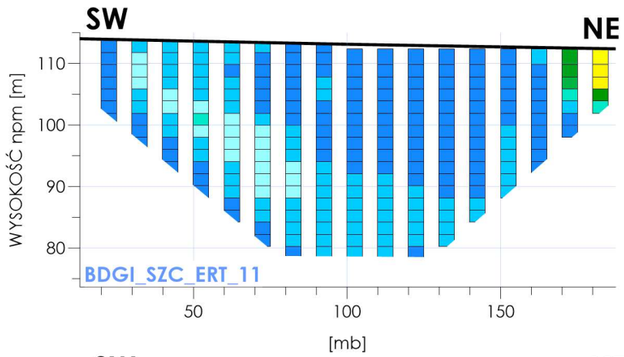


BDGI_SZC_SEJS_1_MASW

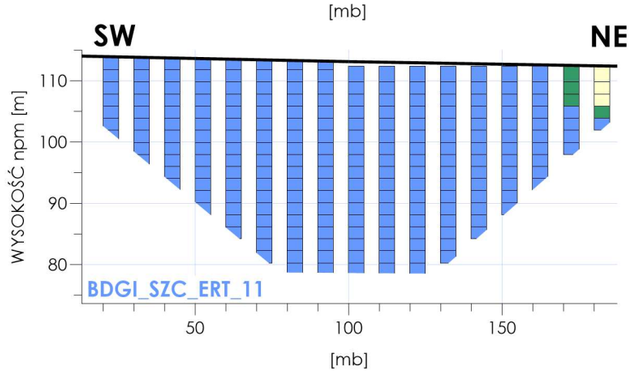
PRZEKRÓJ TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ (ERT)



BDGI_SZC_ERT_11

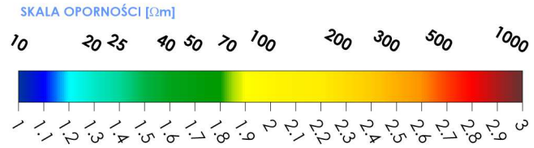


BDGI_SZC_ERT_11

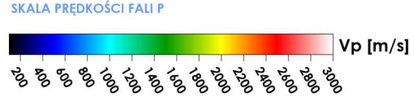


BDGI_SZC_ERT_11

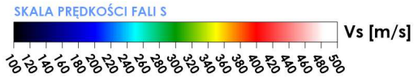
SKALA OPORNOŚCI [Ωm]



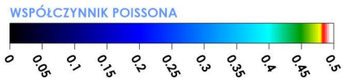
SKALA PRĘDKOŚCI FALI P



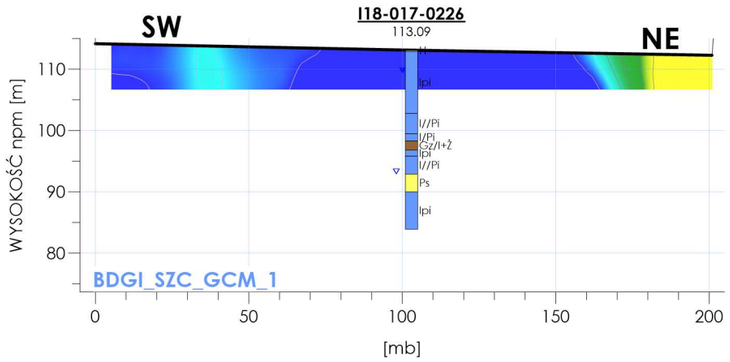
SKALA PRĘDKOŚCI FALI S



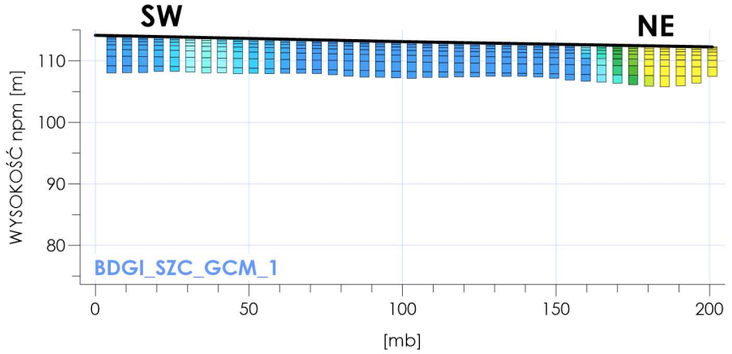
WSPÓŁCZYNNIK POISSONA



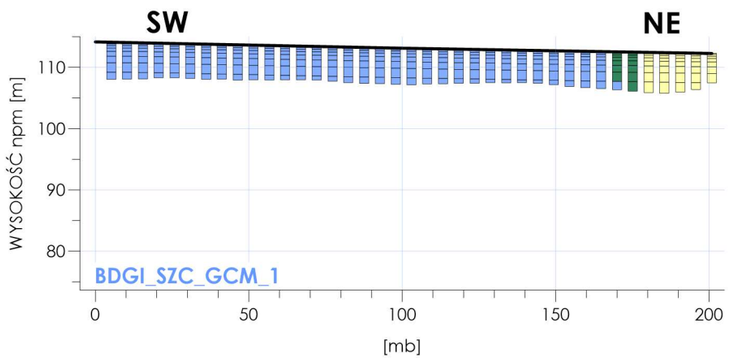
PRZEKRÓJ KONDUKTOMETRYCZY (GCM)



BDGI_SZC_GCM_1



BDGI_SZC_GCM_1



BDGI_SZC_GCM_1

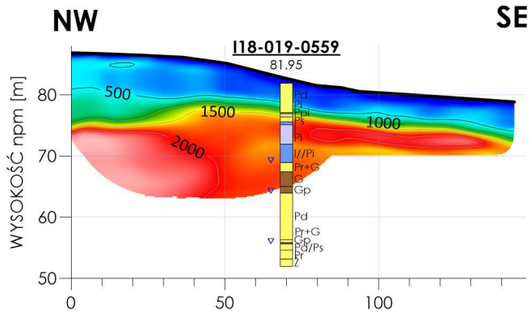
PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)	
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40	UTWORY SPOISTE	
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

I18-017-0226 - NAZWA OTWORU
113,09 - RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

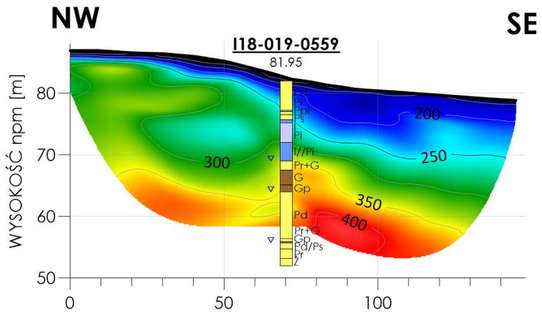
Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKROJE GEOFIZYCZNE Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ NA POLIGONIE BADAWCZYM S-1**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, S. Ostrowski	**3.1**

PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI P (SRT-P)



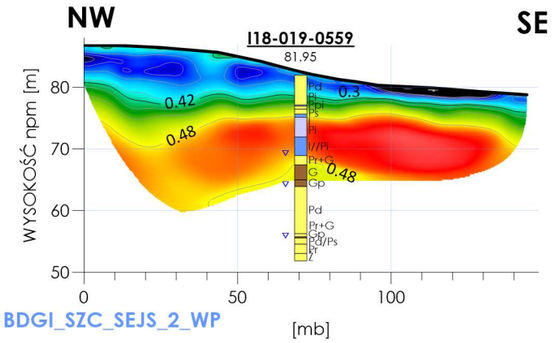
BDGI_SZC_SEJS_2_SRT-P

PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI S (SRT-S)



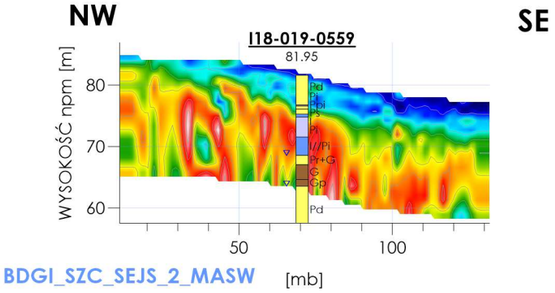
BDGI_SZC_SEJS_2_SRT-S

ROZKŁAD WSPÓŁCZYNNIKA POISSONA



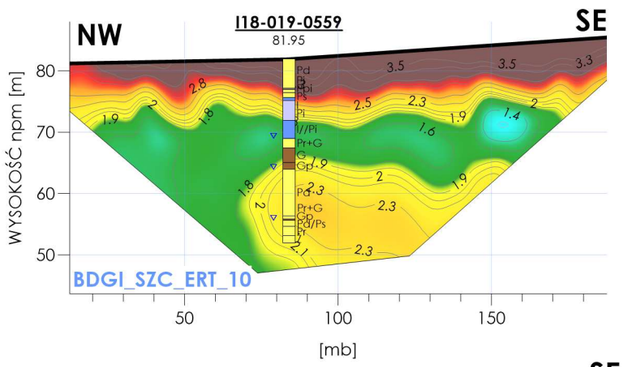
BDGI_SZC_SEJS_2_WP

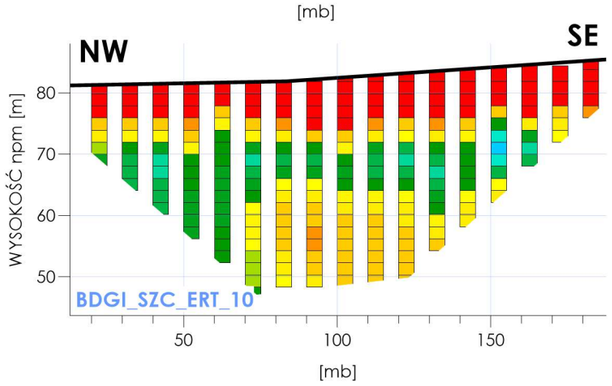
MASW

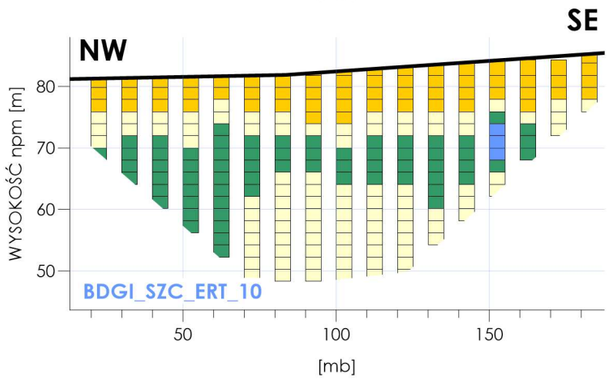


BDGI_SZC_SEJS_2_MASW

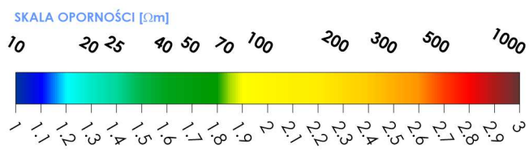
PRZEKRÓJ TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ (ERT)



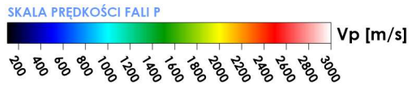




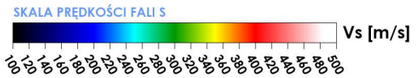
SKALA OPORNOŚCI [Ωm]



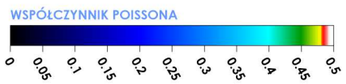
SKALA PRĘDKOŚCI FALI P



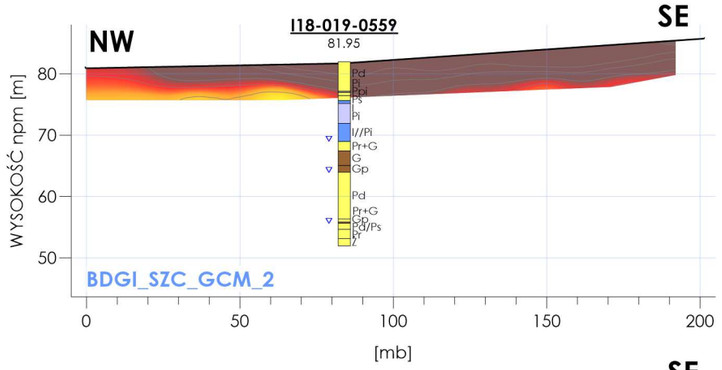
SKALA PRĘDKOŚCI FALI S

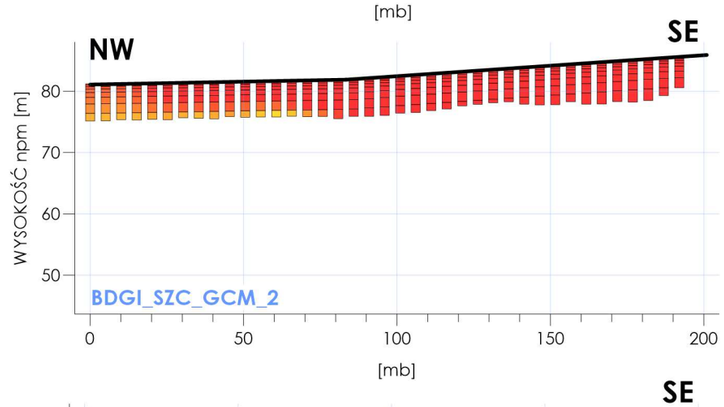


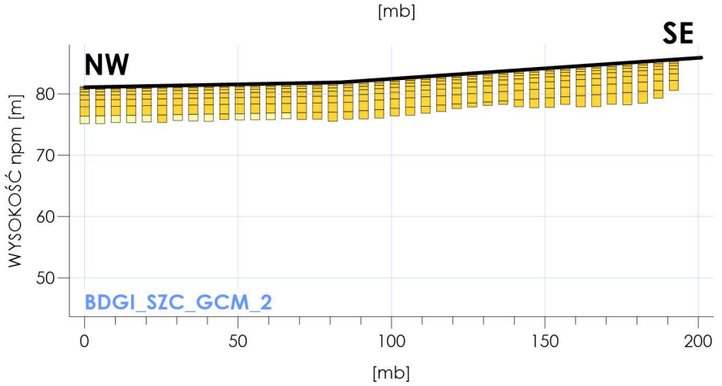
WSPÓŁCZYNNIK POISSONA

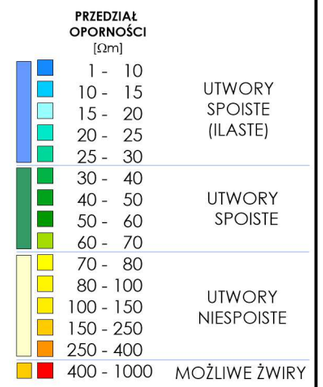


PRZEKRÓJ KONDUKTOMETRYCZY (GCM)







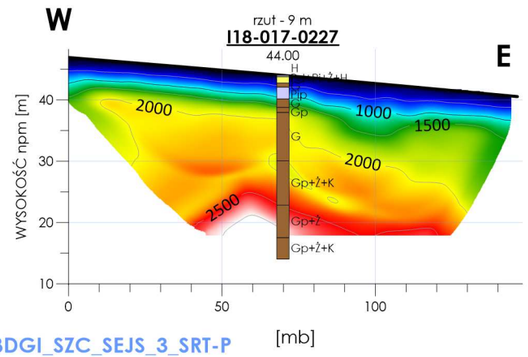


I18-019-0559 - NAZWA OTWORU
81.95 - RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

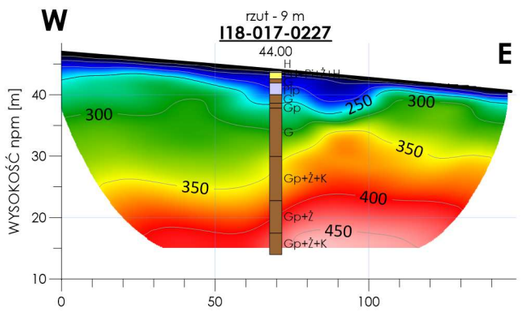
Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKROJE GEOFIZYCZNE Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ NA POLIGONIE BADAWCZYM S-2**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika: **3.2**
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, S. Ostrowski	

PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI P (SRT-P)



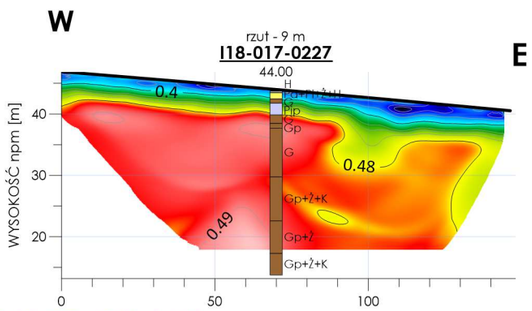
BDGI_SZC_SEJS_3_SRT-P

PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI S (SRT-S)



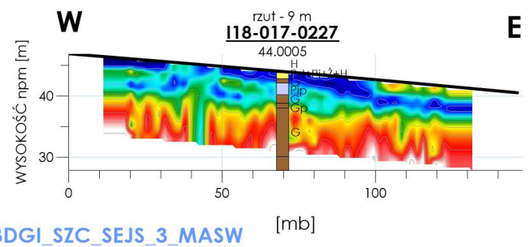
BDGI_SZC_SEJS_3_SRT-S

ROZKŁAD WSPÓŁCZYNNIKA POISSONA



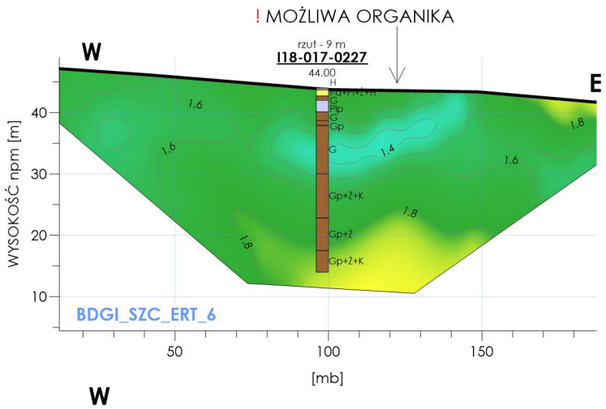
BDGI_SZC_SEJS_3_WP

MASW

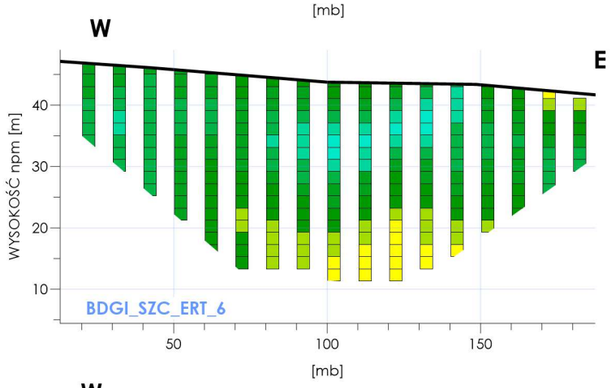


BDGI_SZC_SEJS_3_MASW

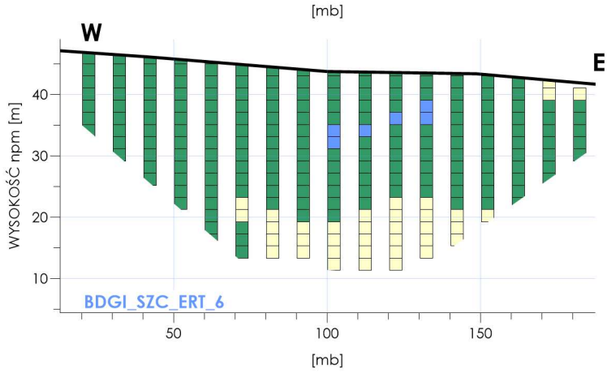
PRZEKRÓJ TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ (ERT)



BDGI_SZC_ERT_6

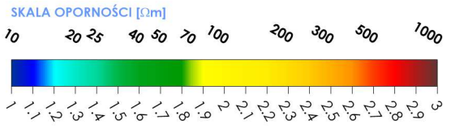


BDGI_SZC_ERT_6

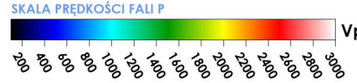


BDGI_SZC_ERT_6

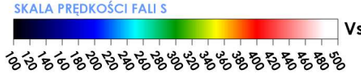
SKALA OPORNOŚCI [Ωm]



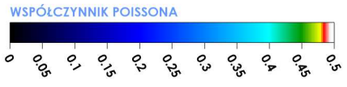
SKALA PRĘDKOŚCI FALI P



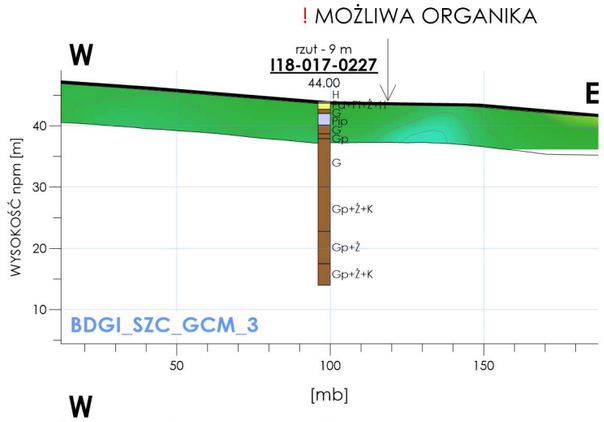
SKALA PRĘDKOŚCI FALI S



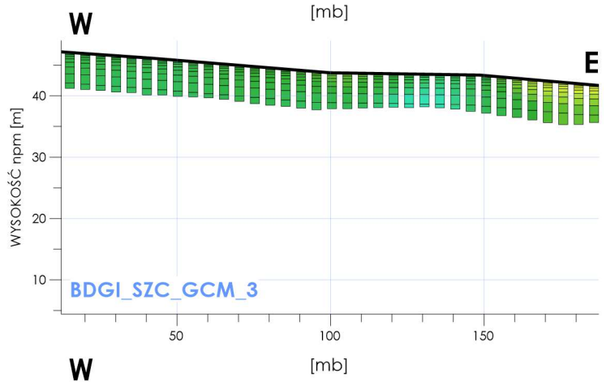
WSPÓŁCZYNNIK POISSONA



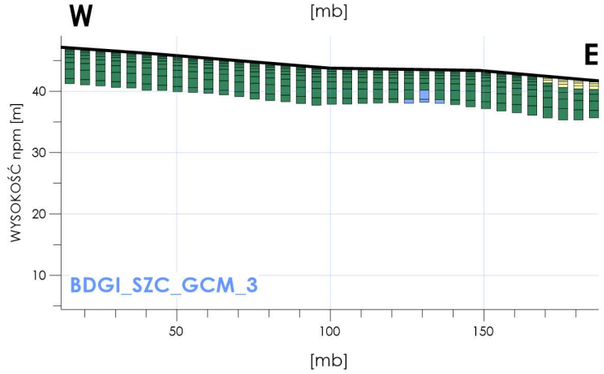
PRZEKRÓJ KONDUKTOMETRYCZY (GCM)



BDGI_SZC_GCM_3



BDGI_SZC_GCM_3



BDGI_SZC_GCM_3

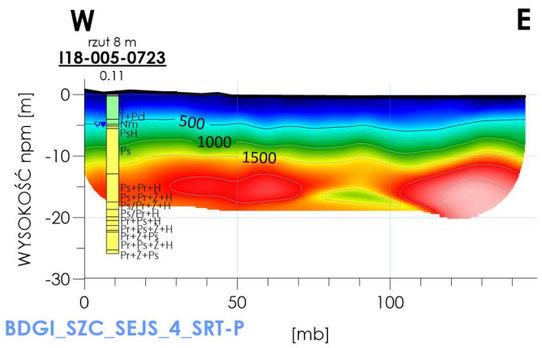
PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)	
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40	UTWORY SPOISTE	
40 - 50		
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

rzut - 9 m
I18-017-0227
44.00
- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- NAZWA OTWORU
- RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE
▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE
▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

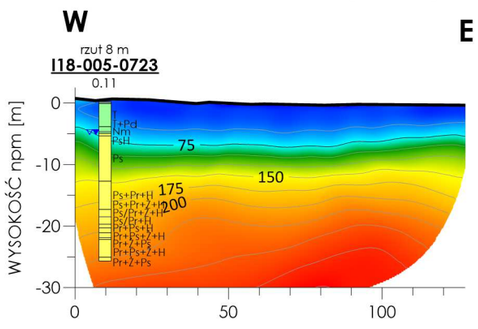
Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKROJE GEOFIZYCZNE Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ NA POLIGONIE BADAWCZYM S-3**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika: **3.3**
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, S. Ostrowski	

PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI P (SRT-P)



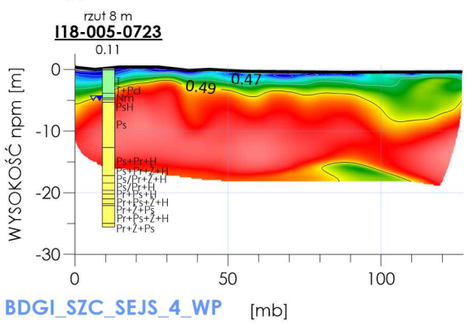
BDGI_SZC_SEJS_4_SRT-P

PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI S (SRT-S)



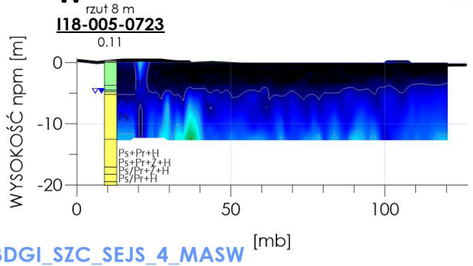
BDGI_SZC_SEJS_4_SRT-S

ROZKŁAD WSPÓŁCZYNNIKA POISSONA



BDGI_SZC_SEJS_4_WP

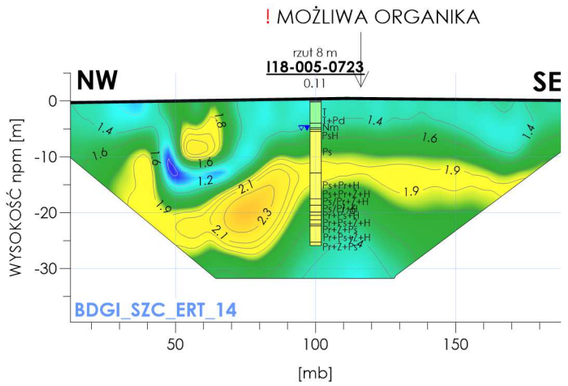
MASW



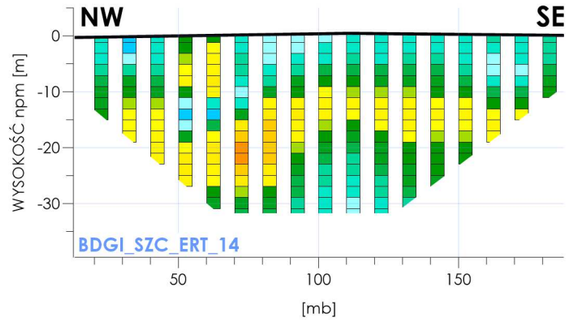
BDGI_SZC_SEJS_4_MASW

PRZEKRÓJ TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ (ERT)

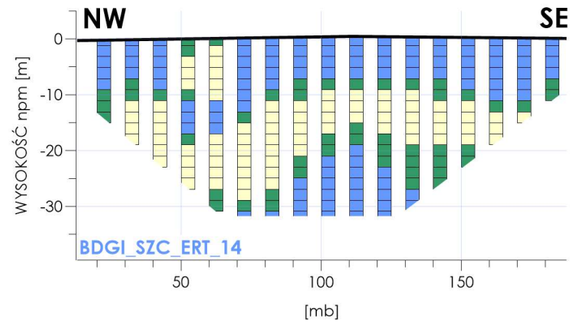
! MOŻLIWA ORGANIKA



BDGI_SZC_ERT_14

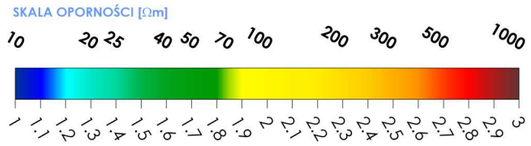


BDGI_SZC_ERT_14

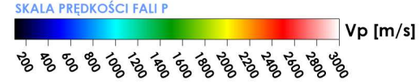


BDGI_SZC_ERT_14

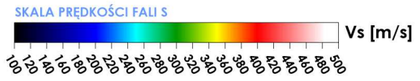
SKALA OPORNOŚCI [Ωm]



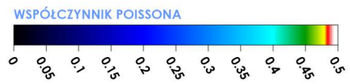
SKALA PRĘDKOŚCI FALI P



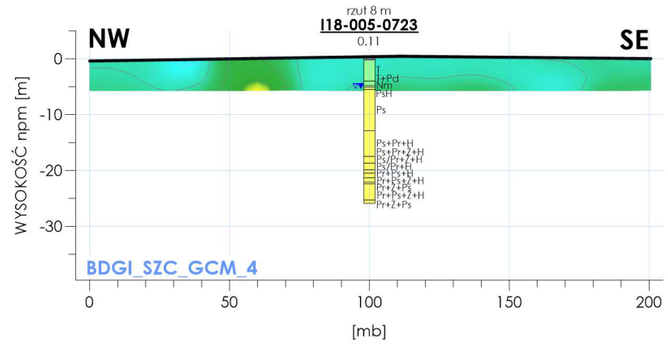
SKALA PRĘDKOŚCI FALI S



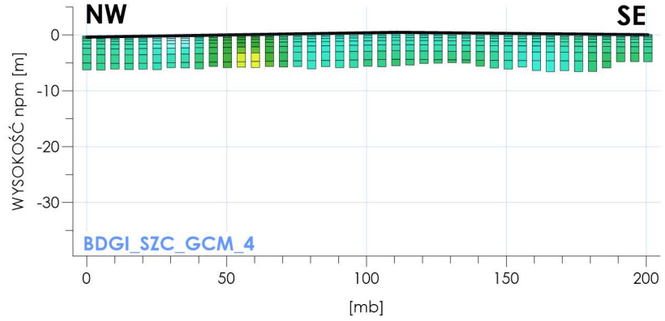
WSPÓŁCZYNNIK POISSONA



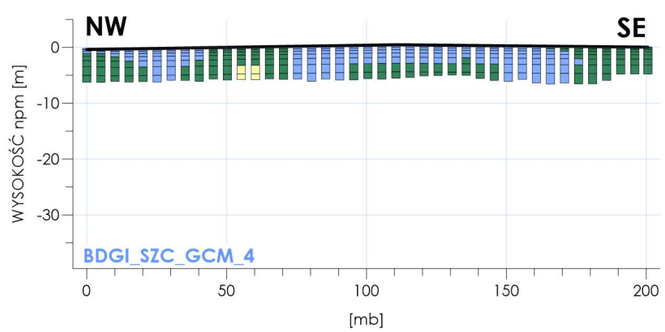
PRZEKRÓJ KONDUKTOMETRYCZY (GCM)



BDGI_SZC_GCM_4



BDGI_SZC_GCM_4



BDGI_SZC_GCM_4

PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]		
1 - 10	UTWORY ORGANICZNE	ILASTE W SPĄGU PRZEKROJU
10 - 15		
15 - 20		
20 - 25		
25 - 30		
30 - 40		
40 - 50	UTWORY SPOISTE	
50 - 60		
60 - 70		
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE	
80 - 100		
100 - 150		
150 - 250		
250 - 400		
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY	

rzut 8 m
I18-005-0723
0.11

- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- NAZWA OTWORU
- RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

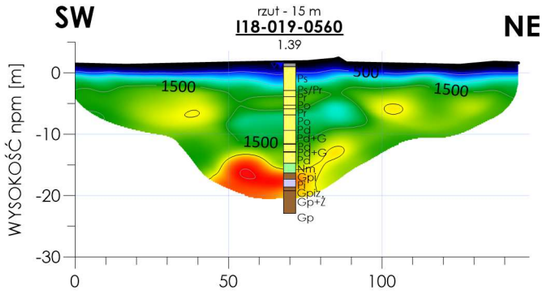
▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE

▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE

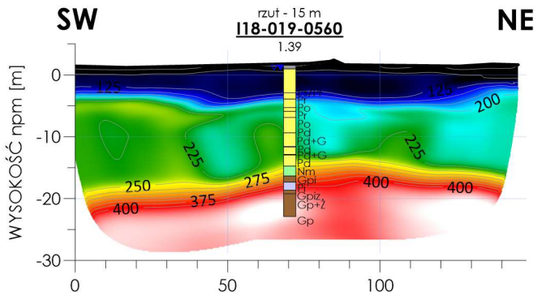
▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKROJE GEOFIZYCZNE Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ NA POLIGONIE BADAWCZYM S-4**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika:
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, S. Ostrowski	**3.4**

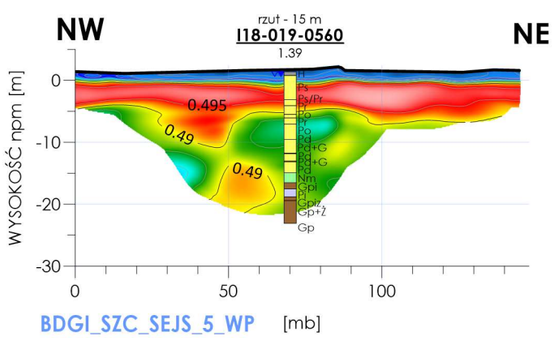
PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI P (SRT-P)



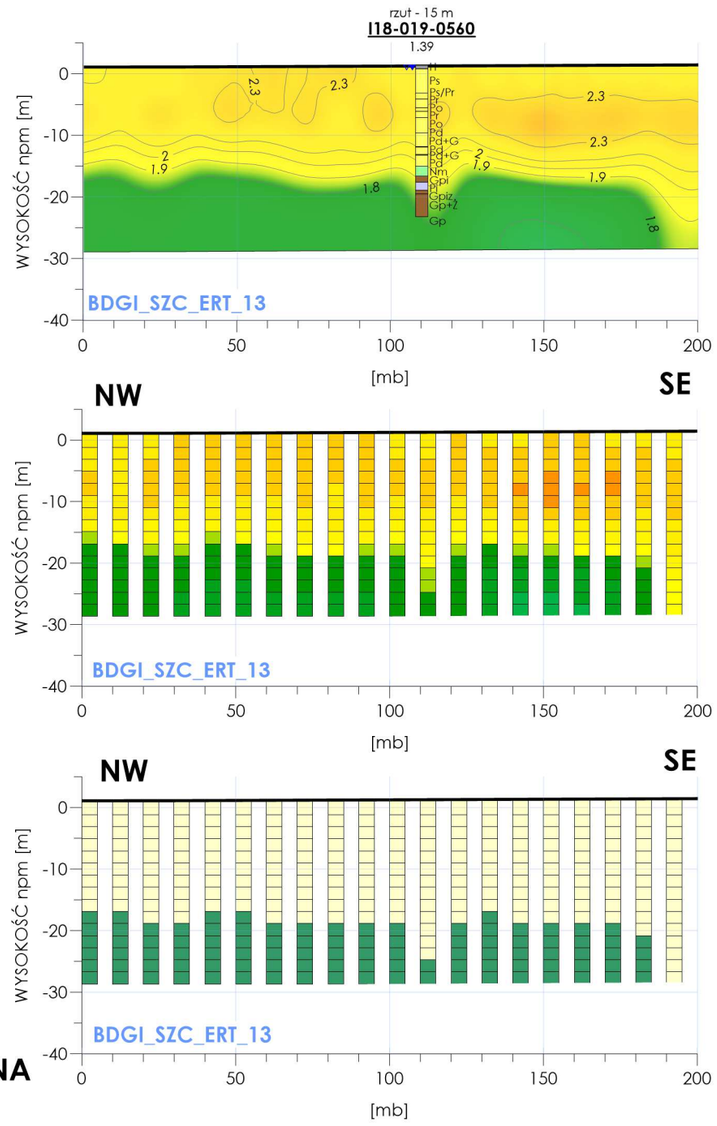
PRZEKRÓJ SEJSMICZNY TOMOGRAFII REFRAKCYJNEJ FALI S (SRT-S)



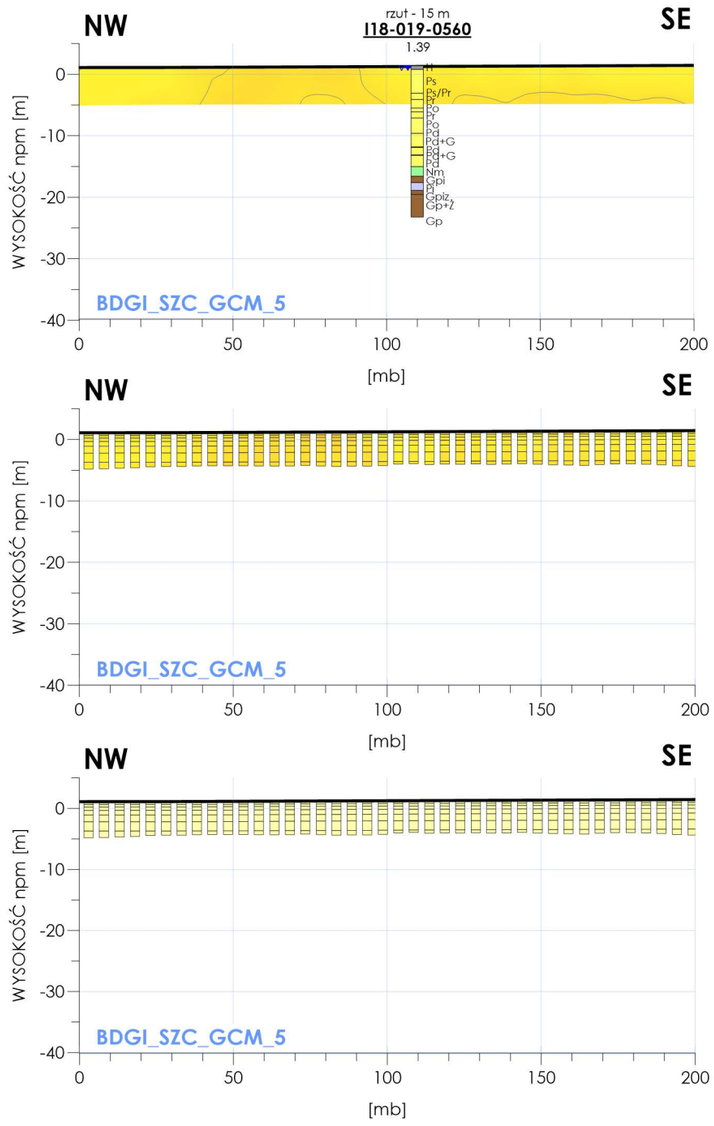
ROZKŁAD WSPÓŁCZYNNIKA POISSONA



PRZEKRÓJ TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ (ERT)



PRZEKRÓJ KONDUKTOMETRYCZY (GCM)



PRZEDZIAŁ OPORNOŚCI [Ωm]

1 - 10	UTWORY SPOISTE (ILASTE)
10 - 15	
15 - 20	
20 - 25	
25 - 30	
30 - 40	UTWORY SPOISTE
40 - 50	
50 - 60	
60 - 70	
70 - 80	UTWORY NIESPOISTE
80 - 100	
100 - 150	
150 - 250	
250 - 400	
400 - 1000	MOŻLIWE ŻWIRY

SKALA OPORNOŚCI [Ωm]

10 20 25 40 50 70 100 200 300 500 1000

1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3

SKALA PRĘDKOŚCI FALI P — Vp [m/s]

200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 2600 2800 3000

SKALA PRĘDKOŚCI FALI S — Vs [m/s]

100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500

WSPÓŁCZYNNIK POISSONA

0 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5

rzut - 15 m
I18-019-0560
1.39
- INFORMACJA O POŁOŻENIU WZGLĘDEM LINII PRZEKROJU
- NAZWA OTWORU
- RZĘDNA OTWORU (m n.p.m.)

▼▽ - ZWIERCIADŁO WODY SWOBODNE NAWIERCONE I USTABILIZOWANE

▼ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE USTABILIZOWANE

▽ - ZWIERCIADŁO WODY NAPOROWE NAWIERCONE

Finansujący:	**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ** ul. Konstruktorska 3a 02-673 Warszawa,	Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Wykonawca:	**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY** ul. Rakowiecka 4 00-975 Warszawa	
Temat:	**DOKUMENTACJA Z BADAŃ GEOFIZYCZNYCH SPORZĄDZONA NA POTRZEBY ATLASU GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO SZCZECINA**	
Tytuł załącznika:	**PRZEKROJE GEOFIZYCZNE Z ELEMENTAMI INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ NA POLIGONIE BADAWCZYM S-5**	
Data: **8.2022**	Skala przekrojów **2000/1000**	Numer załącznika: **3.5**
Autor załącznika	G. Pacanowski, P. Czarniak, S. Ostrowski	