

**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA LĄDOWEGO I WODNEGO
INSTYTUT GEOTECHNIKI I HYDROTECHNIKI
Raport ser. PRE nr 2/2002**

Ewa Koszela – Marek

**Analiza danych geologicznych
i środowiskowych na terenie
objętym działalnością górniczą
z zastosowaniem
Systemu Informacji Geograficznej**

Praca doktorska

Promotor pracy: Prof. dr hab. inż. Tomasz Strzelecki

Słowa kluczowe:

GIS
staw osadowy
odpady
geologia inżynierska
środowisko naturalne

Wrocław, maj 2002 r.

Podziękowania

Prof. dr hab. inż. Tomasz Strzelecki był inicjatorem tematyki pracy, poświęcił wiele czasu na dyskusję i ostateczne ukierunkowanie pracy. Za to wszystko i cenne uwagi składam Panu Profesorowi serdeczne podziękowania.

Specjalne podziękowania pragnę złożyć mojemu Ojcu dr Józefowi Koszeli za dużą pomoc i życzliwe uwagi.

Pragnę również bardzo podziękować mojej Koleżance mgr Joannie Stróżyk za pomoc w czasie opracowywania graficznej strony pracy.

Panu dr inż. Kazimierzowi Grabasowi – dyrektorowi Działu Nauki Politechniki Wrocławskiej dziękuję serdecznie za umożliwienie skorzystania z materiałów dotyczących terenu badań.

Autorka pracy

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	3
1. WSTĘP	5
2. CEL I ZAKRES PRACY.....	6
3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ GIS.....	7
3.1. POJĘCIE I FUNKCJE GIS	7
3.2. ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW GIS	11
3.3. ZASTOSOWANIA GIS W GEOLOGII POLSKIEJ	16
4. ETAPY PRACY I STOSOWANA METODYKA.....	22
4.1. STUDIA DANYCH ARCHIWALNYCH	22
4.2. BADANIA TERENOWE	23
4.4. BADANIA LABORATORYJNE PRÓB GRUNTÓW I WODY PODZIEMNEJ	25
4.5. PROJEKT I BUDOWA SYSTEMU INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ	26
5. CHARAKTERYSTYKA TERENU I OBIEKTU BADAŃ.....	29
5.1. WYBÓR TERENU I OBIEKTU BADAŃ	31
5.2. POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE	31
5.3. BUDOWA GEOLOGICZNA.....	32
5.4. WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE	35
5.4.1. Wody powierzchniowe.....	35
5.4.2 Wody podziemne.....	36
5.4.2.1. Wyniki analizy chemicznej wód podziemnych	37
5.5. FLORA I FAUNA.....	38
5.6 . DZIAŁALNOŚĆ GÓRNICZA I ZAGOSPODAROWANIE TERENU	39
5.7. OPIS OBIEKTU	40
5.7.1. Budowa i stan techniczny przed rekultywacją.....	41
5.7.2. Zdeponowany materiał odpadowy.....	43
5.8. ZAGROŻENIA DLA ŚRODOWISKA	44
5.9. PRACE REKULTYWACYJNE.....	45
5.10. PRZEWIDYWANY MONITORING	46
6. BAZA DANYCH	46
6.1. PROJEKT BAZY DANYCH	46
6.1.1. Założenia projektowe	47
6.1.2. Postępowanie projektowe.....	48
6.2. BUDOWA BAZY DANYCH	49
6.3. WPROWADZANIE DANYCH.....	52

7. APLIKACJA GEOLOGIA.....	62
8. NUMERYCZNY MODEL BUDOWY GEOLOGICZNEJ TERENU (NMBGT).....	66
9. ANALIZA DANYCH I EFEKTY ZASTOSOWANIA SYSTEMU GIS	69
9.1. ANALIZA BUDOWY GEOLOGICZNEJ	69
9.1.1. Przekroje geologiczne w klasycznym ujęciu wygenerowane dzięki aplikacji GEOLOGIA.....	70
9.1.2. Wydzielenie warstw geologiczno-inżynierskich.....	72
9.1.3. Generowanie raportów - statystyczna analiza wyników badań laboratoryjnych.....	74
9.1.4. Przestrzenny model budowy geologicznej.....	74
9.1.5 Charakterystyka wybranych elementów środowiska na podstawie stworzonego systemu GIS.....	86
10. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	91
LITERATURA:	94
SPIS RYSUNKÓW:	106
SPIS ZAŁĄCZNIKÓW:	109
SPIS ODBIORCÓW:	110

1. Wstęp

Pracę niniejszą wykonano w Instytucie Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej, ze środków finansowych, przyznanych na realizację projektu badawczego (9T12B 008 18) przez Komitet Badań Naukowych (Umowa Nr 1585/T12/2000/18 z dnia 28.03.2000). Promotorem Pracy i kierownikiem Grantu Promotorkiego jest Prof. dr hab. inż. Tomasz Strzelecki.

Przedmiotem pracy było opracowanie systemu kompleksowej charakterystyki środowiska terenu zdegradowanego w wyniku działalności górniczej, ze szczególnym uwzględnieniem warunków geologicznych. W ostatnich latach wiele kopalń ulega likwidacji z powodu zmian koniunkturalnych lub wyczerpania się złóż. Ważnym czynnikiem są także przeobrażenia systemu polityczno-gospodarczego, wymuszające zmiany w zakresie zagospodarowania złóż kopalin użytecznych, powierzchni oraz środowiska wodno-gruntowego, powodujące ograniczenie wydobycia surowców i konieczność zaprzestania dalszej degradacji środowiska naturalnego [113]. Przedsięwzięcia te są szczególnie ważne w okresie dokonywanych przemian społeczno-gospodarczych i intensyfikacji procesów integracyjnych z Unią Europejską [114].

Likwidacja kopalni jest przedsięwzięciem złożonym i prowadzonym najczęściej niewłaściwie, głównie z powodu niedostatków finansowych oraz niekompletności danych techniczno-górniczych. Po zlikwidowanych kopalniach pozostają zdewastowane tereny i obiekty, nierozwiązane problemy szkód górniczych i problemy rekultywacji. Obecnie, sprawy ochrony środowiska znajdują się na liście priorytetów i w związku z tym pojawiły się możliwości finansowania przedsięwzięć dotyczących tzw. remediacji terenów zdegradowanych. Poważną przeszkodą w realizacji tych przedsięwzięć są trudności z zebraniem danych i oszacowaniem skali problemu. Niezbędne informacje są zwykle rozproszone w różnych instytucjach, biurach, są niejednorodne pod względem treści i formy przedstawienia wyników oraz chronologii, są niepełne i nie aktualizowane. W przypadku zlikwidowanych kopalń, wiele ważnych materiałów uległo bezpowrotnej utracie.

W tej sytuacji zrodziła się pilna potrzeba opracowania systemu gromadzenia i unifikacji danych, które stałyby się podstawą do analizy stanu zagospodarowania określonego obszaru, stanu technicznego obiektów oraz infrastruktury. Taką możliwość stwarza system GIS.

2. Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy jest analiza danych geologicznych i niektórych danych środowiskowych z wykorzystaniem Systemu Informacji Geograficznej (GIS), charakteryzujących „przestrzeń geologiczną” lub obiekt związany z obszarem zlikwidowanej kopalni, na przykładzie osadnika odpadów pouranowych w Kowarach. Założono, że wymiernym efektem pracy będzie ocena przestrzennego zróżnicowania odpadów zdeponowanych w osadniku, ujęcie ich w warstwy (jeżeli to będzie możliwe) i scharakteryzowanie według kryteriów geologiczno-inżynierskich. Przyjęto, że do osiągnięcia zamierzonego celu potrzebne będzie wykonanie odpowiednio zaprojektowanego Systemu Informatycznego typu GIS. Dzięki niemu dane zostaną usystematyzowane i zgromadzone według określonych kryteriów, można je będzie aktualizować, zarządzać nimi i dokonywać analiz. Jednostkami składowymi tworzonego systemu będą: zasadnicza mapa numeryczna terenu, baza danych, aplikacja umożliwiająca analizę danych i generowanie wynikowych dokumentów oraz trójwymiarowy model budowy geologicznej terenu.

Szczegółowy zakres pracy obejmuje:

- Zebranie i studia literatury oraz danych archiwalnych
- Wizje lokalne terenu i własne badania terenowe
- Własne badania laboratoryjne, w tym
 - badania składu mineralnego wyselekcjonowanych próbek gruntu
 - laboratoryjne badania właściwości fizyko-mechanicznych próbek gruntów
 - laboratoryjne badania próbek wody gruntowej
- Wykonanie numerycznej mapy zasadniczej terenu, zwektoryzowanej w nakładkach tematycznych
- Zaprojektowanie i wykonanie bazy danych *GEOLOGIA INŻYNIERSKA*
- Testowanie i weryfikacja bazy danych
- Wprowadzenie do bazy archiwalnych danych i wyników nowych badań
- Przeprowadzenie analiz graficznych i opisowych na podstawie informacji zawartych w bazie, przy użyciu języka zapytań *SQL* oraz zaprojektowanej i wykonanej aplikacji *GEOLOGIA*
- Wykonanie Numerycznego Modelu Terenu (DTM)
- Wykonanie Numerycznego Modelu Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT)

- Generowanie raportów, zestawień tabelarycznych, przekrojów geologicznych, profili, map geologicznych, map wód podziemnych, promieniowania jonizującego, map ukształtowania terenu, itp.
- Przeprowadzenie analizy budowy geologicznej badanego obszaru
- Wskazanie możliwości i perspektyw opracowanego sposobu zarządzania danymi.

3. Charakterystyka Systemu Informacji Geograficznej GIS

3.1. Pojęcie i funkcje GIS

Słowo „GIS” jest skrótem trzech angielskich wyrazów - *Geographic Information System*. W literaturze polskiej spotyka się natomiast dwa podstawowe sposoby tłumaczenia tego terminu:

- geograficzny system informacyjny (P. Werner, 1992) [124]
- system informacji geograficznej (J. Gaździcki, 1990) [33]

Kistowski i Iwańska [48] zwracają uwagę, że pierwszy sposób tłumaczenia, z gramatycznego punktu widzenia, jest bardziej zbliżony do oryginalnego terminu angielskiego, drugi natomiast „jest poprawniejszy semantycznie, oddaje lepiej charakter danych, którymi operuje się w omawianych systemach (informacja geograficzna), nie zatracając jednocześnie pojęcia systemu informacyjnego”.

Znane w literaturze definicje GIS nie są definicjami jednoznacznymi. Różnią się między sobą, w zależności od przyjętej hierarchii elementów składowych budowy systemu lub podstawowych funkcji systemu. Spośród wielu definicji różnych autorów na uwagę zasługują:

- GIS jest to „system gromadzenia, magazynowania, sprawdzania, przetwarzania, analizowania i przedstawiania danych, które mają przestrzenne odniesienie do Ziemi” - Department of the Environment [27];
- GIS jest to „każdy manualny i komputerowy zestaw procedur stosowanych do gromadzenia i przetwarzania danych o charakterze geograficznym” – S. Arnoff [3]
- GIS jest to „technologia informatyczna do przechowywania, analizy i przedstawiania zarówno danych przestrzennych jak i nieprzestrzennych” – H.D. Parker [85]

- GIS jest to „system o zaawansowanych możliwościach geo-modelowania” – A.V. Koshkariov, V.S. Tikunov, A.M. Trofimov [50]
- GIS jest to „jest narzędziem ułatwiającym przygotowanie, prezentację i interpretację faktów odnoszących się do powierzchni ziemi”- C.D. Tomlin [118]
- GIS jest to „zestaw skutecznych narzędzi służących do gromadzenia, magazynowania, udostępniania, przetwarzania i prezentacji danych przestrzennych z otaczającej rzeczywistości” – P.A.Burrough [17].

Godne odnotowania są też takie definicje jak:

- „GIS zajmuje się zbieraniem, modelowaniem, zarządzaniem, analizą i łączeniem danych przestrzennych (lokalizacyjnych) i nieprzestrzennych (atrybutów) wymaganych przez geograficzne aplikacje” [1].
- „GIS umożliwia zapisywanie i integrację danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł oraz operowanie, analizę i prezentację (wizualizację) tych danych” [60].
- GIS „jest to zorganizowany zestaw sprzętu komputerowego, oprogramowania, danych geograficznych (przestrzennych i nieprzestrzennych) oraz osób (wykonawców i użytkowników), stworzony w celu efektywnego gromadzenia, magazynowania, udostępniania, obróbki, analizy i wizualizacji wszystkich danych geograficznych” [48]

W niniejszej pracy przyjęto definicję GIS za P. Wernerem [124]. Według tego autora **GIS jest to „narzędzie zbierania, przechowywania, analizy, przetwarzania i obrazowania danych związanych z określoną lokalizacją w środowisku geograficznym”.**

Gwałtowny rozwój informatyki i metod zarządzania bazami danych - z jednej strony i olbrzymie pole zastosowań – z drugiej strony, są siłami napędowymi rozwoju GIS. Powstało wiele technologii przetwarzania informacji geograficznej. Wśród nich P. Werner [124] wymienia:

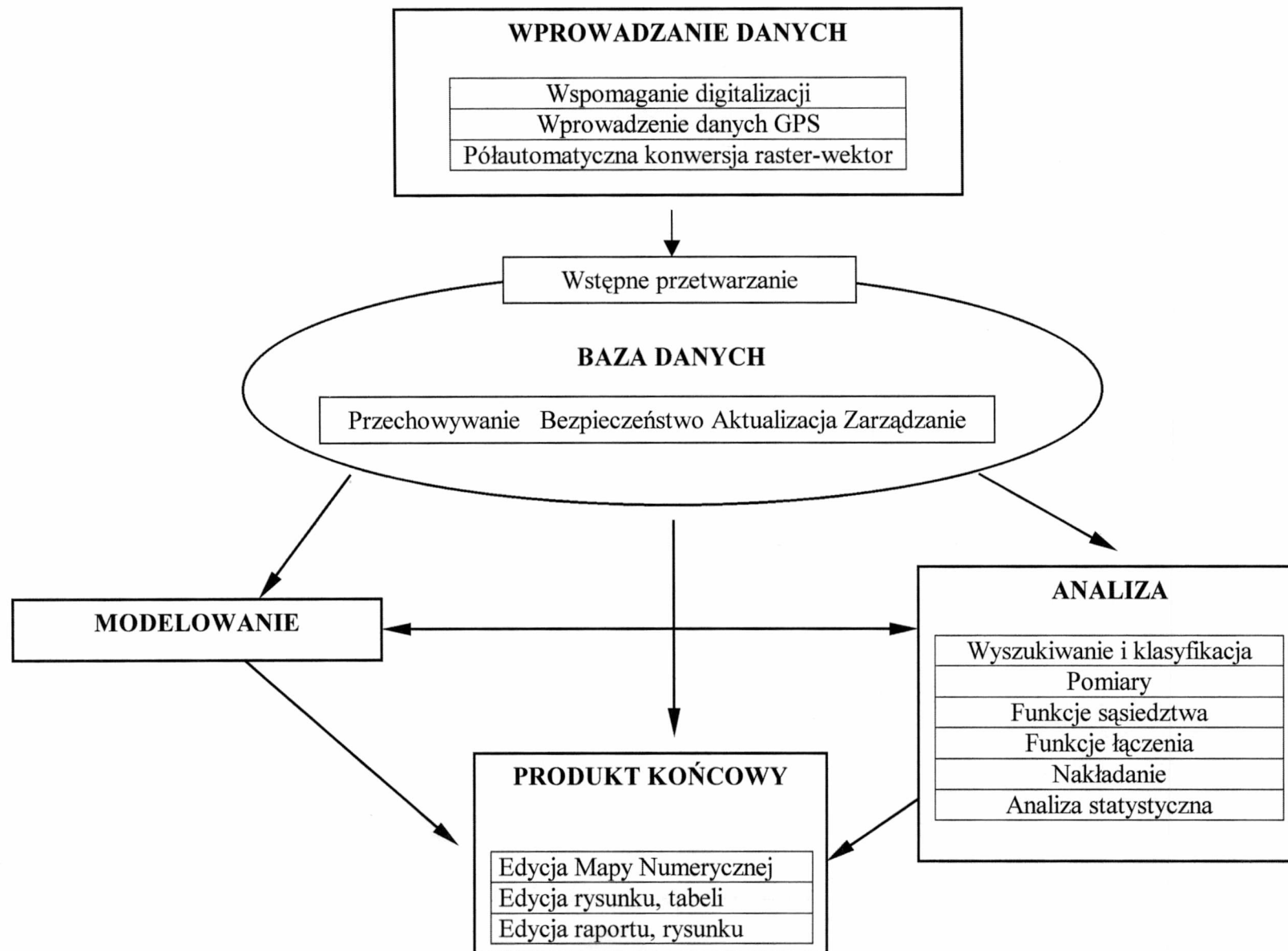
- geobase information system (system informacyjny bazy danych geograficznych)
- geo-data system (system danych geograficznych)
- spatial information system (system informacji przestrzennej)
- geographical data system (geograficzny system danych)
- land information system (system informacyjny użytkowania ziemi)
- natural resource information system (system informacyjny zasobów naturalnych)

- multipurpose cadastral information system (wielozadaniowy katastralny system informacyjny)
- multipurpose land information system (wielozadaniowy system informacyjny użytkowania ziemi).

Dla konkretnych zadań lub w celu przeprowadzenia określonych analiz buduje się indywidualne systemy. Choć mają one charakter indywidualny, to jednak zawierają pewien stały blok funkcji lub operacji typowych dla GIS J.Urbańskiego [120] (rys. 1) i są to:

- wprowadzanie danych - transfer gotowych plików danych, wczytywanie za pomocą digitizera, wprowadzanie danych GPS, konwersja danych rastrowych do wektorowych, polegająca na wykorzystaniu podkładu rastrowego do wczytania pewnych jego elementów w formie wektorowej;
- wstępne przetwarzanie - konwersja formatów, redukcja i generalizacja danych, wykrywanie i poprawianie błędów, zgrywanie krawędzi, integracja, rejestracja, tworzenie topologii danych;
- przechowywanie danych w bazie danych - obsługiwanie bazy danych przez system zarządzania bazą danych DBMS ang. Data Base Management, zarządzanie, bezpieczeństwo, integracja, udostępnianie, aktualizacja danych;
- analiza - wyszukiwanie i klasyfikacja, porządkowanie obiektów na podstawie ich atrybutów, uzyskiwanie odpowiedzi na zadane przez użytkownika pytania, wykonywanie pomiarów (np. pomiar powierzchni, długości, odległości), wykorzystywanie funkcji sąsiedztwa, polegające na wykonywaniu operacji w ograniczonym sąsiedztwie wybranych elementów, wyznaczanie stref buforowych, zastosowanie funkcji topograficznych, pozwalających modelować powierzchnię terenu, wykonywanie operacji nakładania dzięki którym otrzymuje się nowy obraz (np. mapę będącą wynikiem nałożenia kilku map, i rysunków), wykorzystanie funkcji statystycznych;
- modelowanie różnych zjawisk;
- tworzenie produktu końcowego - skalowanie, formatowanie, edycja map, rysunków, edycja raportów, tabel, wykresów.

Rys. 1. Schemat przedstawiający blok funkcji GIS za J. Urbańskim [120] (zmienione).



Z przeglądu powyższego wynika, że System Informacji Geograficznej GIS jest specjalnym przypadkiem systemu informatycznego. Jego specjalność to skupienie się na danych przestrzennych i na modelowaniu oraz analizie takich danych [8]. Znane są trzy aspekty (perspektywy) systemów GIS, ważnych dla współczesnych badań, rozwoju i praktyki: mapa, analiza przestrzenna, baza danych. Perspektywa mapy skupia się na kartograficznych aspektach GIS. Perspektywa analizy przestrzennej skupia się na analizie i modelowaniu danych przestrzennych. Perspektywa bazy danych kładzie nacisk na znaczenie technologii baz danych w tworzonych aplikacjach GIS [8].

Nowe systemy typu GIS dają szersze możliwości analityczne. Możliwość połączenia baz danych zawierających dane graficzne o obiektach z bazami zawierającymi dane opisowe pozwala na powstawanie baz koncepcyjnych oraz daje szanse rozwoju zastosowań GIS w analizie danych przestrzennych, w statystyce, modelowaniu kartograficznym i - jak podaje J. Urbański [120] - „istnienie tej podstawy teoretycznej systemu sprawiło, że GIS jest nie tylko nową technologią, ale i nową dziedziną nauki (ang. Geographic Information Science)”.

3.2. Rozwój i zastosowania systemów GIS

Pierwsze zastosowania technik badawczych typu GIS przypadają na przełom lat pięćdziesiątych i początek sześćdziesiątych ubiegłego stulecia [24], [118]. Wykorzystywano je początkowo dla celów wojskowych w amerykańskich kręgach militarnych [48]. Na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych odnotowano istotne wydarzenia, które miały wpływ na rozwój systemów GIS. W Stanach Zjednoczonych, w Massachusetts Institute of Technology (MIT), wprowadzono technikę kreślenia komputerowego. W Wielkiej Brytanii wynaleziono dygityzer, czyli urządzenie pozwalające sprowadzić rysunek wykonany na papierze do postaci cyfrowej [120]. Pionierskimi latami rozwoju GIS były lata od 1960 do 1975 [24]. Zaczęto wykorzystywać techniki cyfrowe do tworzenia prostych map tematycznych dla potrzeb instytucji cywilnych. Prekursorem zastosowania tego typu technik w kartografii był Howard Fisher, który w 1965 roku stanął na czele Harwardzkiego Laboratorium Grafiki Komputerowej i Analizy Przestrzennej (ang. Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis) [24]. Opracowano tam wiele znanych programów GIS, które umożliwiały już prowadzenie analiz przestrzennych dla potrzeb planowania przestrzennego i badań środowiska przyrodniczego [24], [48]. Przełomowym wydarzeniem było utworzenie w

1966 roku Kanadyjskiego Systemu Informacji Geograficznej (ang. The Canadian Geographic Information System), którego głównym założycielem był Roger Tomlinson. System ten był pierwszym, ogólnokrajowym systemem GIS o zdolnościach analitycznych [48]. Zawierał dane dotyczące rolnictwa, leśnictwa, użytkowania ziemi. Światowy rozwój GIS związany był również z powstaniem w 1969 roku w Kalifornii Instytutu Badań Systemów Środowiskowych (Environmental System Research Institute - ESRI), a w jego powstaniu ogromne zasługi położył Jack Dangermond [24]. W latach siedemdziesiątych instytucje administracji rządowej i samorządowej krajów wysoko rozwiniętych, takich jak Stany Zjednoczone, Kanada, Australia, Japonia, Holandia, Niemcy, Wielka Brytania zaczęły szeroko wprowadzać GIS, głównie dla celów planowania przestrzennego. Duże zasługi w rozwoju GIS położyła Amerykańska Służba Geologiczna USGS (The United States Geological Survey), która zaczęła stosować na wielką skalę techniki komputerowe, numeryczną kartografię, bazy danych przestrzennych w analizie i prezentacji danych przestrzennych w geologii, hydrogeologii, topografii [100]. Duże rządowe projekty GIS, szczególnie dotyczące zasobów informacji terenowej i ewidencji gruntów wprowadzono w krajach takich jak: Szwecja, Japonia, Australia [24], [61], [79], [83]. Od połowy lat osiemdziesiątych notuje się olbrzymi rozwój sprzętu komputerowego i oprogramowania, a wraz z nim kolejny, znaczący etap w rozwoju GIS. Ważnym w tym zakresie wydarzeniem było powstanie programu Windows [48], [38]. W tym też okresie następuje rozwój komercyjnego zastosowania GIS [26]. Coraz więcej tworzone systemów znajdujących zastosowanie w zarządzaniu obiektami przestrzennymi. Powstawały systemy wspomagające zarządzanie obszarami chronionymi, inżynierią komunikacyjną, strukturami badań zmian stanu środowiska naturalnego. W związku z tymi zastosowaniami, w 1988 roku powołano Narodowe Centrum Informacji i Analiz Geograficznych – NCGIA (The US National Center for Geographic Information and Analysis) przy Uniwersytecie Santa Barbara w Kalifornii [26], [48].

Pierwsze zastosowania GIS w Polsce miały miejsce na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, czyli około dziesięć lat później niż w krajach zachodnich. W Polsce GIS, oprócz znaczenia komercyjnego, tak jak na świecie, ważne miejsce zajął w nauce. Wykorzystywać zaczęto go w badaniach naukowych prowadzonych przez wyższe uczelnie i instytucje naukowe, m.in. Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Gdański, UAM w Poznaniu, Politechnikę Warszawską, AGH w Krakowie, Politechnikę Wrocławską, Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie, Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie. Odkonferencje naukowych, bądź naukowo-technicznych na temat zastosowań systemów

informacji przestrzennej w różnych dziedzinach nauki i życia. Jedną z najważniejszych, cyklicznych już konferencji, jest naukowo-techniczna konferencja pt.: „Systemy Informacji Przestrzennej”, organizowana przez Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej, na której czele stoi prof. Jerzy Gaździcki. Prezentowane są tam prace badawcze, postępy w budowie nowych systemów, rozwój polskiego oprogramowania, a także osiągnięcia, trudności i poglądy dotyczące systemów informacji przestrzennych, wyrażane przez przedstawicieli środowisk zawodowych z całej Polski. W wydanej monografii w 1990 roku pt.: „Systemy informacji przestrzennej” J. Gaździcki [33], jako pierwszy w Polsce usystematyzował takie pojęcia jak: System Informacji Przestrzennej SIP, System Informacji Geograficznej SIG (synonim słowa GIS), system informacji terenowej SIT. Ujął on funkcje SIT i GIS, jako funkcje wchodzące łącznie w zakres SIP.

Wraz z rozwojem komputeryzacji w Polsce na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych coraz szersze zastosowania znalazły techniki GIS. Powstało wiele firm, które zajmowały się projektami GIS i ich wdrażaniem do zarządzania gminami wiejskimi i miejskimi, terenami chronionymi, do monitoringu środowiska, rozwoju infrastruktury komunikacyjnej, planowania przestrzennego, itp. Tworzenie dużych, wieloaspektowych zbiorów jest przedsięwzięciem bardzo pracochłonnym i kosztownym. Większość tworzonych w Polsce dużych zbiorów informacji przestrzennej powstawało dzięki środkom z funduszu PHARE, ONZ lub banku światowego.

W Polsce szczebel lokalny, szczególnie na poziomie gmin, za mało jeszcze korzysta z systemów informacji przestrzennej. Potrzeba wprowadzenia GIS w gminach stała się odczuwalna wraz z rozszerzeniem kompetencji gmin. Dzięki systemowi GIS sprawniejsze stają się działania w zakresie [109], [107], [5]:

- gospodarki przestrzennej (opracowanie i realizacja planów przestrzennego zagospodarowania gminy, wskazania lokalizacyjne, zieleń miejska i gminna)
- katastru wielozadaniowego (ewidencja nieruchomości, ewidencja nieruchomości, ewidencja urządzeń technicznych, kataster fiskalny)
- ochrony środowiska (dokumentacja stanu przyrody, ochrona złóż surowców mineralnych, ochrona przyrody, gospodarka wodna, ochrona przed zanieczyszczeniami)
- gospodarka rolna i leśna
- gospodarka komunalna (utrzymywanie czystości i odpowiedniego stanu sanitarnego gminy, utylizacja odpadów komunalnych, zarządzanie wysypiskami śmieci)

W wielu rejonach Polski dla potrzeb gmin wdraża się Systemy Informacji Geograficznej, które powstawały w oparciu o środowisko graficzne *MicroStation* oraz *SZRBD Oracle*. Przykładem mogą być utworzone i wdrażane na Dolnym Śląsku aplikacje wspomagające tworzenie wielkoskalowych opracowań tematycznych, takich jak *PlanZAG* – system związany z planem zagospodarowania przestrzennego, *Mała Architektura* – system związany z elementami architektonicznymi przestrzeni miasta [30], *Ewidencja Przyrodnicza* – system związany z prowadzeniem ewidencji stanowisk chronionej fauny i flory [54].

Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych powstały nowe możliwości tworzenia baz koncepcyjnych i przeprowadzania analiz naukowych, dzięki połączeniu baz danych zawierających graficzne dane o obiektach z bazami zawierającymi dane opisowe. W zastosowaniach krajowych, najbardziej rozpowszechniły się uznane w świecie za jedne z najlepszych, następujące programy GIS:

- *MicroStation* firmy Bentley - dla celów budowy mapy zasadniczej i ewidencyjnej (Warszawa, Wrocław, Gdańsk, Gdynia, Sopot, Bydgoszcz, Toruń, Suwałki, Białystok, Legnica, Polkowice, Złotoryja, Trzebnica, Oleśnica, Bolesławiec, Świdnica, Kraków, Rzeszów, Tarnów, Brzesko, Dębica, Nowy Sącz, powiaty byłego woj. częstochowskiego, inne),
- *ArcInfo* (między innymi Górny Śląsk, Warszawa, Wrocław),
- Aplikacje GIS firmy Intergraph (Kraków, Rzeszów, Suwałki, Białystok, Warszawa, Jelenia Góra),
- *MapInfo* (Szczecin, Lubin),
- *AutoCad* w zakresie mapy zasadniczej (Poznań, Zielona Góra, Kielce, Częstochowa).

W latach dziewięćdziesiątych nastąpił gwałtowny rozwój technik informatycznych i zastosowań systemów GIS w takich dziedzinach, jak: planowanie przestrzenne, ochrona środowiska, leśnictwo, geologia, górnictwo.

Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie zajął się tworzeniem map cyfrowych użytkowania ziemi w Polsce. W 1991 roku powstała pierwsza mapa, zawierająca 20 klas użytków, którą wykonano na podstawie obrazów satelitarnych Landsat TM, zwizualizowanych w skali 1:250 000. Stała się ona podstawą do wydania „Mapy Lasów w Polsce” skali 1: 500 000 [48].

Nowe zastosowania GIS dostarczyły kolejnych doświadczeń i problemów. W 1998 roku odbyła się konferencja pt.: „Systemy Informacji Geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego”, na której wymieniono doświadczenia na temat stosowanych narzędzi

GIS (m. in. Programy ARC/INFO, Idrisi, ERDAS, MapInfo, MGE Intergraph, MicroStation). Wiele miejsca poświęcono zastosowaniom GIS w tematyce dotyczącej: rzeźby terenu, sieci wodnej, szaty roślinnej, zieleni miejskiej, map numerycznych o różnych elementach środowiska, szukania przyczyn zmian zachodzących w środowisku. Między innymi szerzej przedstawiono:

- zastosowanie technologii GIS do monitorowania i badań ruchu turystycznego na obszarach chronionych, takich jak Tatrzański Park Narodowy [25]
- zastosowanie GIS w ocenie zagrożenia erozją wodną gleb w regionie Wyżyny Lubelskiej [32]
- zastosowanie GIS w lokalizacji źródeł zanieczyszczeń oraz monitoringu wód powierzchniowych na obszarze Biebrzańskiego Parku Narodowego [46]
- zastosowanie GIS w wykonaniu Systemu Informatycznego Lasów Państwowych, służącego tworzeniu informacji kartograficznej do sporządzania planów urządzania lasu i analiz dotyczących zarządzania nadleśnictwem, generowaniu map numerycznych lasów, w monitorowaniu zagrożenia środowiska leśnego, w makroprzestrzennej charakterystyce lasów, w ocenie różnorodności biologicznej lasów itd. [65]
- zastosowanie GIS w budowaniu systemu informacji o terenach zieleni Warszawy dla potrzeb planowania przestrzennego [125]
- zastosowaniu GIS w prowadzeniu analiz zmian środowiska przyrodniczego Wdzydzkiego Parku Krajobrazowego [47].

Pomimo wielu zastosowań, stan wdrożenia technologii informatycznych w instytucjach zarządzających ochroną przyrody w Polsce wciąż jest jeszcze nie wystarczający [25]. Unaoczniała to również powódź w 1997 r i wykazała, że niezbędne jest rejestrowanie aktualnych informacji na nośnikach cyfrowych. Polskie Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, nie posiadając wystarczających własnych materiałów, otrzymało zdjęcia satelitarne ukazujące zasięg powodzi na Odrze w dniu 30 lipca 1997r., pochodzące z wywiadowczych satelitów amerykańskich [41]. Dobrym przykładem do naśladowania są systemy niemieckie, gdzie zastosowania GIS mają duże znaczenie dla tworzenia mapy numerycznej i modelu przestrzennego terenu zagrożonego falą powodziową. W Polsce system pozyskiwania danych nie jest tak doskonały, jak w systemach niemieckich, gdzie punkty pomiarów stanu wód i opadów są zautomatyzowane i działają w sposób ciągły, a dane zbierane są przez system komputerowy, analizowane i przedstawiane w postaci wykresów i map. Obecnie, Państwowy Instytut Geologiczny, przy współpracy ze służbą Geologiczną Niemiec, realizuje projekt dotyczący m.in. obserwacji

stanów wód w dolinie Odry przy pomocy metod teledetekcyjnych [41]. M.Graniczny [41] wskazuje, że dla potrzeb modelowania i prognozowania zjawisk powodziowych, poza materiałami teledetekcyjnymi wykonanymi w różnym czasie, są także niezbędne „długoterminowe prognozy meteorologiczne, najnowsze cyfrowe podkłady topograficzne (GIS), łącznie z cyfrowym modelem terenu, mapy użytkowania terenu, precyzyjne pomiary terenowe z wykorzystaniem satelitarnych lokalizatorów GPS, pomiary urządzeń hydrotechnicznych”.

- Na Dolnym Śląsku jest tworzony Dolnośląskiego Systemu Informacji Przestrzennej DSIP i dlatego ważną drogą na najbliższe lata będzie ujednolicenie stosowanych systemów informatycznych. DSIP powinien - szczególnie w aspekcie integracji Polski z Unią Europejską - spełniać wiele wspólnie przyjętych kryteriów, a jednym z ważniejszych będzie korzystanie z dostępnych narzędzi funkcjonujących w różnych środowiskach programowych i spełniających standardy międzynarodowe (MicroStation, MGE, Arc/Info, MapInfo i in.), dla których wspólną platformą będzie relacyjna baza danych, np. Oracle [108].

3.3. Zastosowania GIS w geologii polskiej

Geologia jest w Polsce tą dziedziną, w której widać intensywny rozwój zastosowań systemów informacji przestrzennej oraz GIS. W latach sześćdziesiątych podjęto pierwsze próby wykorzystania elektronicznych maszyn cyfrowych typu Riad i Odra do celów obliczeniowych, głównie w grawimetrii, magnetometrii, metodach sejsmicznych i geoelektrycznych oraz w geologii złożowej i hydrogeologii. W latach 1960-1970 opracowano wiele systemów informatycznych dla potrzeb geologii, wśród których na wyróżnienie zasługują:

- system GWADIN (geologiczno-wiertnicze archiwum danych Instytutu Naftowego w Krakowie,
- system SAGWIG (archiwum głębokich otworów Instytutu Geologicznego,
- system HYDRO (regionalne banki danych hydrogeologicznych),
- system HYDRYLIB (modelowanie obiektów hydrogeologicznych i wiele innych [86].

Lata dziewięćdziesiąte stały się w polskiej geologii przełomowym okresem pod względem stosowania metod informatycznych, tworzenia systemów informacji przestrzennej, tworzenia systemów relacyjnych baz danych, wykonywania numerycznych map tematycznych, itp.

Ważnym etapem w dążeniu do rozwoju systemów informacji przestrzennej w Polsce jest tworzenie banków baz danych hydrogeologicznych, zwłaszcza w celach racjonalnego gospodarowania zasobami wód podziemnych w skali zbiorników o rozprzestrzenieniu regionalnym (np. GZWP). Do wyspecjalizowanych służb geologicznych powinno należeć ciągle gromadzenie danych hydrogeologicznych w regionie, np. w bazie HYDRO, zwłaszcza w zakresie ustalenia wielkości zasobów dyspozycyjnych, wód podziemnych, bilansowanie potrzeb i możliwości ich zaspokojenia z zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych, kontrola rozdysponowania tych zasobów przez wojewódzkie służby geologiczne oraz organizacja i obsługa monitoringu w sieci regionalnej [115].

Od 1993 roku PAN CPPGSMiE prowadzi prace nad zastosowaniem różnych metod numerycznych do zapisu i przetwarzania map izolinowych, a docelowo stworzenia jednolitego modelu dynamicznego, pozwalającego na odtwarzanie procesów geologicznych odbywających się w przeszłości i prognozowania takich procesów w przyszłości. Zastosowano m.in. pakiet GES, który posłużył do modelowania powierzchni geologicznych i wykonania arkuszy map strukturalnych stropu i spągu triasu w skali 1:200 000 dla Płocka i Warszawy. Program ten umożliwił szybkie i dokładne tworzenie map na podstawie informacji zawartych w bazie danych, równoczesne tworzenie wielu warstw mapy i porównywanie ich ze sobą [86].

Państwowy Instytut Geologiczny (PIG) w Warszawie rozpoczął w 1995 r. organizowanie komputerowej bazy danych grawimetrycznych i magnetycznych, która docelowo powinna stać się częścią Centralnej Bazy Danych Geologicznych, organizowanej przy Centralnym Archiwum Geologicznym. Baza zawiera dane z dostępnych opracowań i dokumentacji, a co za tym idzie umożliwia uzyskanie pełnego przekroju prac grawimetrycznych i magnetycznych wykonanych w ciągu kilkudziesięciu lat. Jest to poważny krok w kierunku planowanego zintegrowania baz danych grawimetrycznych i magnetycznych państw członkowskich Unii Europejskiej [22].

Od roku 1997 realizowany jest również przez PIG program Mapa Geologiczno-Gospodarcza Polski w skali 1:50 000 na zlecenie Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Przyjęty system realizacji umożliwia tworzenie kartograficznej bazy danych dla wybranych jednostek administracyjnych, która wykorzystując możliwości systemu GIS, pozwala dla wybranego obszaru w dowolnej skali sklejać arkusze i przedstawiać wybrane informacje. PIG przewiduje do 2006 r. otrzymać pokrycie całej Polski mapą[59], [95], [96].

Na mapę nanoszone są 132 typy obiektów punktowych, liniowych i powierzchniowych. Elementy graficzne są gromadzone w plikach MicroStation, a informacje opisowe są

przechowywane w bazie danych Oracle. Dane graficzne i opisowe połączone są za pośrednictwem pakietu RIS. Mapa zawiera takie kategorie obiektów jak: administracja, zasoby, górnictwo, przetwórstwo, wody podziemne, wody powierzchniowe, obiekty chronione, obszary chronione, podłoże, wybrzeże. W kategorii podłoże znajdują się typy obiektów takie jak użytkowanie terenu, warunki podłoża budowlanego, osuwiska [64].

Mapa MGGP stanowi podstawowe źródło informacji o środowisku geologicznym, a w szczególności: o złożach i obszarach występowania kopalin, występowaniu zbiorników wód podziemnych, ograniczeniach dla zagospodarowania terenu ze strony wymagań ochrony środowiska i zjawisk geologicznych. Obejmuje przede wszystkim złoża kopalin oraz ich przetwórstwo i górnictwo, pokazane na tle elementów środowiska podlegających ochronie, takich jak: wody powierzchniowe i podziemne, gleby, lasy, obiekty przyrodnicze prawnie chronione, zabytki kultury. W ramach realizacji mapy prowadzona jest inwentaryzacja złóż kopalin użytecznych w systemie arkuszowym oraz tworzona jest komputerowa baza danych o złożach kopalin. Obok lokalizacji udokumentowanych złóż, na mapie są przedstawiane obszary perspektywiczne i prognostyczne złóż kopalin. Mapa zawiera również elementy hydrologii i hydrogeologii. W jednej z warstw tematycznych przedstawiono zagadnienia dotyczące wód powierzchniowych i podziemnych [76], [95], [57], [59]. Na odrębnej warstwie tematycznej tej mapy wyodrębniono elementy waloryzacji terenów dla potrzeb budownictwa. Ze względu na skalę mapy wyodrębniono obszary o warunkach korzystnych i niekorzystnych dla zabudowy. Jako niekorzystne warunki przyjęto: spadki terenu ponad 20% na obszarach wyżynnych i górskich oraz ponad 12 % na Niziu Polskim, podmokłości i bagna, grunty słabonośne, w których zwierciadło wody gruntowej znajduje się na głębokości mniejszej niż 2m, wody agresywne, tereny zalewane w czasie powodzi, powierzchniowe ruchy masowe, zjawiska krasowe i sufozyjne, tereny zmienione w wyniku działalności człowieka (składowiska, wysypiska, grunty antropogeniczne, itp.), obszary objęte szkodami górniczymi. Na mapach terenów górskich nanosi się odrębnie udokumentowane kartograficznie osuwiska. Warunki korzystne przedstawiano na obszarach, na których występują grunty spoiste, zwarte, półzwarte i twar doplastyczne oraz grunty niespoiste średniozagęszczone, na których nie występują zjawiska geodynamiczne, a głębokość zwierciadła wody gruntowej przekracza 2m ppt. [87].

W zakresie tej tematyki, w Polsce coraz częściej stosuje się numeryczne metody analiz przestrzennych w skali lokalnej, np. w projektowaniu budowli ziemnych, przy uwzględnieniu warunków geologiczno-inżynierskich [104], [105], [106]. Zwłaszcza ważnym elementem jest uwzględnianie na etapie projektowania, w przyjętych modelach

obliczeniowych, występowania niekorzystnych warunków geologiczno-inżynierskich (gruntów ściśliwych, zapadowych, pęczniejących, podatnych na deformacje filtracyjne, procesów osuwiskowych, deformacji górniczych). Taki model zastosowano w algorytmach obliczeniowych, oceniających stateczność nasypu odbudowanej drogi po zlikwidowaniu skutków katastrofy budowlanej, spowodowanej gwałtownym obsunięciem się ogromnych mas gruntu (ok. 15 000 m³) przy elektrowni szczytowo-pompowej w Dychowie w 1997 roku [104].

Dużym regionalnym projektem jest realizowany przez PIG we współpracy z firmą *Neokart GIS* program komputeryzacji Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 [37]. Stworzono wielofunkcyjną aplikację narzędziową Arc/Info 7.0.2. wspomagającą tworzenie bazy danych. Planowane jest sporządzenie 1069 arkuszy mapy. Opisowa baza danych opracowana została w systemie Oracle i jest zintegrowana z danymi geometrycznymi przechowywanymi w Arc/Info [37]. Elementy treści konwencjonalnej mapy topograficznej są załadowywane do bazy danych w postaci rastrów, przetransformowanych do współrzędnych układu 1942. Warstwy wektorowe zawierają informacje geologiczne i dodatkowo dane opisowe. Wymienione elementy, takie jak rastry, warstwy wektorowe, dane opisowe tworzą jednolity system informacji przestrzennej [9]. Stworzono system służący gromadzeniu i uzyskiwaniu informacji o mapach geologicznych przechowywanych w postaci cyfrowej [11].

Nowym etapem polskiej kartografii geologicznej jest tworzenie - oprócz MGGP i SMGP- Mapy Hydrogeologicznej Polski (MhP) w skali 1:50 000 [57], [58], [59]. Generalnym wykonawcą mapy jest PIG i wykonuje ją na zlecenie MOŚNiL, a zakończenie prac przewidziane jest na 2004 rok. Mapę przygotowuje się w systemie GIS/INTERGRAPH. Informacje geologiczne zestawione są w relacyjnej bazie danych ORACLE, która powiązana jest z programem GEOMEDIA, umożliwiającym generowanie map dla różnych potrzeb. Głównym zadaniem MhP jest syntetyczne odwzorowanie warunków hydrogeologicznych, wydzielenie głównego piętra wodonośnego, charakterystyka jego zasobności, dynamiki, jakości wody i zagrożeń [84].

Oprócz dużych, ogólnokrajowych systemów informacji geologicznych, tworzone są systemy wykonywane w skalach regionalnych lub lokalnych. Komputerową analizę danych przestrzennych w aspekcie badania zagrożeń osuwiskowych zastosowano na przykład dla części terenu Karpat. Wykorzystano w tym celu komputerową, kompleksową analizę informacji przestrzennych, obejmujących dane geologiczne w formacie GIS, dane teledetekcyjne (zdjęcia satelitarne Landsat TM), cyfrowy model terenu DTM, pomiary wykonane za pomocą lokalizatorów GPS. Przeprowadzone tymi metodami badania

rozszerzają wiedzę o samych osuwiskach, mechanizmach ich powstania, ułatwiają efektywne zaplanowanie prac terenowych [40].

Coraz częściej techniki GIS wprowadzane są również dla potrzeb analiz terenów górniczych. W czasie konferencji pt.: „Optymalizacja wydobycia kopalin przy wykorzystaniu technik informatycznych”, która odbyła się w październiku 1999 r., zaprezentowano wiele ciekawych zastosowań narzędzi i technik informatycznych, wprowadzanych w Polsce dla potrzeb obszarów górniczych. Cyfrowe relacyjne bazy danych geologicznych, geodezyjnych i technologicznych wykorzystywane są przez przedsiębiorstwa wydobywcze, m.in. do racjonalizacji gospodarki złożem, planowania produkcji, opracowywania harmonogramów, itp.

Na terenie kopalni Turów w roku 1998 rozpoczęto program wdrożenia mapy cyfrowej, która staje się podstawowym narzędziem w pracy różnych służb inżynierskich. Mapa cyfrowa KWB „Turów” powstała przy wykorzystaniu istniejących współrzędnych punktów, wybranych informacji zamieszczonych w Geologiczno-Górnictwej Bazie Danych oraz map tradycyjnych. Mapa ta opracowana została w środowisku Mapping Office firmy INTERGRAPH i programu MicroStation. Cyfrowe mapy tego obszaru podzielono na grupy tematyczne: mapy sytuacyjno-wysokościowe, mapy wyrobisk górniczych powierzchniowych, mapy wyrobisk górniczych podziemnych, mapa podłoża zwałowiska wewnętrznego, mapa zwałowiska zewnętrznego. Mapy te są szeroko wykorzystywane w poszczególnych działach kopalni – mierniczym, geologicznym, geotechnicznym, technologii górniczej [18]. Dla kopalni tej wdrożono większą część pakietu *I/Mine 2000* – programy do modelowania powierzchni, prowadzenia analiz statystycznych, do rysowania profili, do liczenia zasobów, które służą do kompleksowej obsługi pionu mierniczego, geologicznego oraz górniczego kopalni. Aplikacje z grupy *I/Mine 2000* są przeznaczone do przechowywania wszystkich niegraficznych informacji o złożu wykorzystując relacyjną bazę danych, natomiast informacje graficzne przechowywane są w plikach projektowych programu MicroStation w odpowiedniej strukturze katalogów. Baza danych zawiera informacje dotyczące geologii złożowej, hydrogeologii, geotechniki, pomiarów geodezyjnych i jest rozbudowywana [122].

Także Dział Ochrony Środowiska KWB Turów podjął decyzję o wykonaniu projektu GIS z zakresu mapy użytkowania powierzchni zwałowiska zewnętrznego. Materiałami wyjściowymi projektu były zgromadzone dane w postaci graficznej, tj. mapy tradycyjne i cyfrowe oraz dane tekstowe, stanowiące zbiór opracowań dotyczących prac rekultywacyjnych i budowli hydrotechnicznych. Dane graficzne zostały przetworzone do postaci wektorowej przy użyciu oprogramowania *MGE SX* w środowisku graficznym

MicroStation. Baza danych tekstowych stworzona została w programie *Microsoft Access* i jest zintegrowana z częścią graficzną w obrębie projektu *MGE (Modular GIS Environment)*. *MGE* jest zestawem modułów, zapewniających pełen ciąg technologiczny procesów powstawania map i Systemów Informacji Geograficznej. Stworzenie projektu GIS i możliwość przeprowadzania analiz z poziomu *GeoMedia* (analizy danych geograficznych, skomplikowane analizy przestrzenne, filtrowanie danych względem atrybutów i zadanych parametrów) pozwala na bardziej optymalne wykorzystanie zgromadzonych danych i jednocześnie ma duży wpływ sposób i czas opracowania metodyki rekultywacji [29].

W kopalni KWB „Konin” wykorzystywane jest oprogramowanie typu CAD i GIS do opracowania systemu zarządzania gruntami i budynkami KWB „KONIN”. Dzięki temu możliwe jest sprawne kontrolowanie oraz optymalizacja zobowiązań podatkowych i opłat za grunty z uwzględnieniem stawki podatkowej, powierzchni, wielkości i klasy użytku, formy władania i należności od każdej indywidualnej działki [16].

W roku 2001 zostały opublikowane „Obecne i przyszłe priorytety polskiej służby geologicznej” [77]. Na najbliższe 10 – 15 lat za priorytety polskiej służby geologicznej uważa się:

- finalizację dużych programów kartografii szczegółowej,
- geologiczno-środowiskowy system informacji przestrzennej (zintegrowana baza danych informacji kartograficznych i wszechstronnych danych geologicznych),
- programy monitorowania geologicznych aspektów środowiska naturalnego, w tym wód podziemnych i osadów wodnych
- monitorowanie naturalnych geozagrożeń (ruchy masowe, erozja, zagrożenia geochemiczne),
- geologiczne aspekty bezpieczeństwa surowcowego i energetycznego kraju (bilansowanie zasobów, prognozy surowcowe).
- Z dokumentu tego wynika, że ciężar prac geologicznych w Polsce przesunąć się będzie w „stronę pełnej digitalizacji danych kartograficznych oraz włączania ich w zintegrowane systemy informatyczne (GIS-owskie), połączone z innymi bazami danych. Znaczenia nabierze też budowa systemów udostępniania danych kartograficznych (przez internet) oraz ich przetwarzania” [77].

4. Etapy pracy i stosowana metodyka

Harmonogram prac obejmował kilka etapów badawczych i był zgodny z zatwierdzonym przez Komitet Badań Naukowych Projektem Badawczym nr 9T12B 008 18.

4.1. *Studia danych archiwalnych*

Studia danych archiwalnych ukierunkowano na rozpoznanie istniejącego zasobu danych archiwalnych i analizę dokumentów, publikacji, raportów dotyczących obszaru Kowar, ze szczególnym uwzględnieniem rejonu stawu osadowego odpadów pouranowych na terenie byłej kopalni uranu „Wolność”. Zgromadzono dane na temat morfologii terenu, hydrografii, a także geologii i hydrogeologii regionu Kowar.

Dane archiwalne, dotyczące nieistniejącej już kopalni rud żelaza i uranu „Wolność” w Kowarach zachowane są tylko fragmentarycznie. Pozyskano je głównie z Biura Obsługi Roszczeń b. Pracowników ZPR-1 Państwowej Agencji Atomistyki w Jeleniej Górze i z przedsiębiorstwa „Hydromet” spółka z o.o. w Kowarach, która przejęła obiekty powierzchniowe i część terenu byłej kopalni [2], [4], [42], [62], [73], [78], [101], [102], [127], [131], [132]. Okręgowy i Centralny Urząd Górniczy nie posiadają danych z okresu funkcjonowania kopalni Dane dotyczące osadnika odpadów pouranowych zaczerpnięto z opracowań wykonanych na potrzeby rekultywacji tego obiektu [14], [15], [19], [20], [21], [39], [42], [44], [49], [51], [52], [53], [56], [66], [69], [81], [82], [89], [98], [103].

Spośród wielu materiałów, opracowaniami o najistotniejszym ładunku informacji w przedmiotowym temacie były:

- „Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb rekultywacji stawu osadowego odpadów z przeróbki rud uranowych w Kowarach – Tom I, II, III” [51]
- Dokumentacja hydrogeologiczna stawu osadowego Kowary” [82].

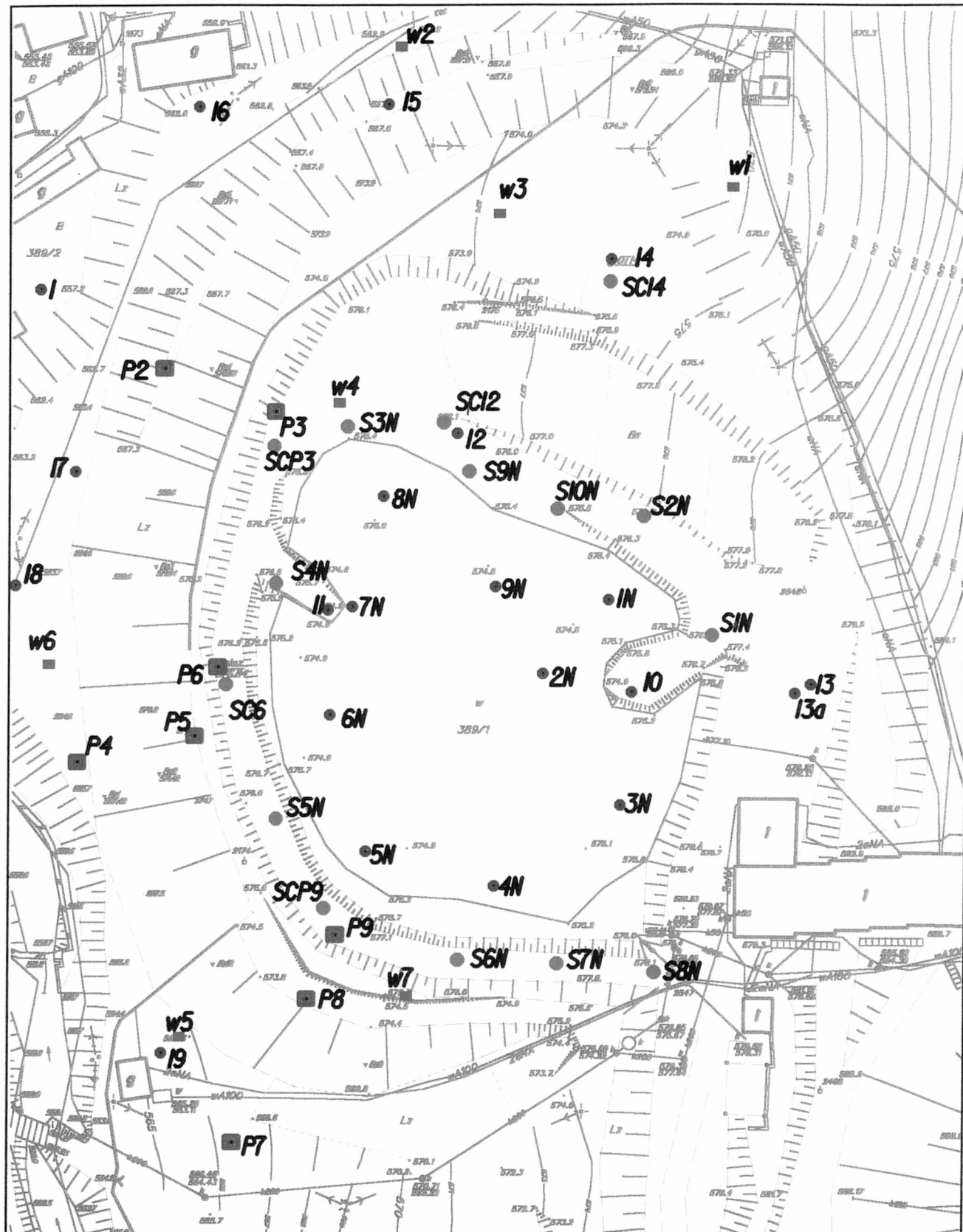
Przestudiowano dane dotyczące warunków geologiczno-inżynierskich osadnika „Kowary”, w szczególności dotyczące rozprzestrzenienia gruntów, właściwości fizyko-mechanicznych gruntów, warunków wodnych w bezpośrednim otoczeniu stawu osadowego. Zgromadzono dane na temat zagospodarowania przestrzennego i stanu środowiska naturalnego. Ważnym elementem było zgromadzenie danych na temat promieniowania jonizującego na tym obszarze, a także na temat zmian jakie zaszły w środowisku na skutek wydobywania i przeróbki rud uranowych.

4.2. Badania terenowe

Po przestudiowaniu wszystkich zebranych danych oraz po przeprowadzeniu wizji lokalnej, uznano, że dla potrzeb przyjętych kryteriów pracy (przyjętego celu pracy) istniejące dane są w niektórych obszarach niepełne i z metodycznego punktu widzenia wskazane było ich uzupełnienie. Dlatego zaprojektowano dodatkowe badania terenowe: wiercenia i sondowania w obrębie stawu osadowego. Ustalono sposób pobierania prób gruntów i wody oraz zakres badań laboratoryjnych.

Badania terenowe przeprowadzono w obrębie stawu osadowego i w jego bezpośrednim otoczeniu. Obejmowały one wizję lokalną, pobór próbek gruntu z osadnika i z obwałowań. Na terenie niszy stawu osadowego wykonano 9 nowych wierceń systemem ręcznym z orurowaniem. W czasie wykonywania otworów część wody nadosadowej była już spompowana i można było wkroczyć ze sprzętem wiertniczym na teren stawu. Jednak z powodu małej nośności podłoża i tiksotropowej podatności gruntu, wiercenia były wykonywane ze specjalnie przygotowanych podestów drewnianych. Z każdego otworu wiertniczego pobierano próbki gruntu (przeciętnie co jeden metr) i niezwłocznie przekazywano je do laboratorium. Pobrano również próbki wody z pierwszego poziomu Rys.2. wody gruntowej. Ponadto, w dziesięciu punktach wykonano sondowania gruntu za pomocą sondy dynamicznej lekkiej. Z tej liczby cztery sondowania zlokalizowane były na zaporze ziemnej, a sześć na tzw. plaży osadnika. Lokalizację miejsc badań przedstawiono na mapie (rys.2.).

Próbki gruntu i wody przekazano do badań w laboratoriach specjalistycznych. Badania zostały wykonane zgodnie z aktualnym stanem wiedzy i z polskimi normami (obecnie, formalnie nie obowiązują). W ramach niniejszej pracy dokonano weryfikacji otrzymanych wyników i wprowadzono je do bazy danych.



LEGENDA

- 18 pkt geologiczny (X-XII.1999)
- IN pkt geologiczny (VII.2000)
- P5 pkt geologiczny zabudowany plezometrem (X-XII.1999)
- W6 wkop badawczy (X-XII.1999)
- S5N sondowanie sondą lekką (XI.2000)
- SCI4 sondowanie sondą ciężką (XII.1999)

MAPA LOKALIZACJI BADAN TERENOWYCH STAW OSADOWY KOWARACH

skala 1:1000

Rys. 2 . Mapa lokalizacji badań terenowych w rejonie stawu osadowego w Kowarach, wygenerowana z bazy danych dzięki aplikacji *Geologia*

4.4. Badania laboratoryjne prób gruntów i wody podziemnej

W laboratorium wykonano następujące badania prób gruntów:

- opis makroskopowy
- gęstość objętościowa
- wilgotność naturalna
- granice konsystencji Atterberga
- skład granulometryczny metodą sitową i pipetową
- zawartość CaCO_3
- skład mineralny metodą rentgenostrukturalną i derywatograficzną dla próbek o pełnym składzie ziarnowym i dla wysegregowanych frakcji ilastych.

Badania właściwości gruntów przeprowadzono zgodnie z polskimi normami. Badaniom mineralogicznym poddano próby gruntu pobrane podczas prac terenowych wykonanych w okresie 1999/2000 dla potrzeb dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [51] oraz z wierceń wykonywanych w niecce osadnika (oznaczonych symbolem N).

Określenie składu mineralnego gruntów przeprowadzono za pomocą rentgenowskiej analizy fazowej. Oznaczenia wykonano dla 43 próbek oznaczonych symbolami: P2/7, P3/6, P3/8, P3/11, P3/14, P5/6, P5/9, P5/10, P5/14, 6/3, 6/9, 6/12, 8/1, P8/12, P8/14, P9/4, P9/7, P9/9, P9/14, P9/15, 10/2, 10/3, 10/5, 11/4, 11/6, 11/8, 15/2, 15/5, 15/8, W5/1, W6/1 – skład jakościowy i ilościowy, a także określono skład jakościowy dla następujących prób pobranych z niecki osadnika: 1N/4, 2N/2, 2N/4, 2N/6, 4N/2, 4N/3, 4N/5, 6N/5, 6N/7, 7N/2, 8N/4, 9N/1.

W celu oznaczenia pełnego składu mineralnego, próbki „surowe” rozdrobniono w młódku agatowym do frakcji pyłowej ($< 60\mu\text{m}$). W próbkach o symbolach P9/15, P8/12, P8/14, P5/14, 15/8, P3/11, 11/8, P9/4, P9/7, P5/10 frakcję ilową oddzielono od pozostałych frakcji metodą sedymentacyjną (w cylindrach o wysokości 25cm). Uzyskaną frakcję ilową poddano glikolowaniu, a następnie metodą dyfrakcji rentgenowskiej zidentyfikowano krzemiany warstwowe, zawierające pakiety pęczniące. Analizowano próbki po 72 godzinach nasycania glikolem. Próbki P8/12, P9/4, P9/7, P5/10 poddano wyprażeniu w temp. 360°C i 500°C w celu potwierdzenia obecności chlorytu i wermikulitu.

Analizę dyfraktometryczną rentgenowską (RTG) próbek wykonano za pomocą dyfraktometru proszkowego SIEMENS D5005 z użyciem promieniowania $\text{CoK}\alpha$.

(analizowano preparaty orientowane). Do rejestracji widma i jego interpretacji zastosowano program *DIFFRACplus*.

Analizę termiczną (derywatograficzną) przeprowadzono za pomocą Derivatograph'u 1500Q z zastosowaniem sterująco-zliczającego programu komputerowego DERYWAT. Derywatogramy opracowano pod programem graficznym Sigma Plot 2.0. (zał1). przykładowy wykres TG derywatogramu). Analizowano preparaty powietrznie suche o masie od 800 do 980 mg, w zakresie temperatur 25 – 950°C.

Stosunki ilościowe składników termicznie aktywnych (gipsu, smektytu, chlorytu, mik, kalcytu i wodorotlenków) oznaczono na podstawie analizy termograwimetrycznej (TG). Zawartość kwarcu i plagioklastu oznaczono szacunkowo na podstawie intensywności głównych refleksów diagnostycznych tych minerałów na dyfraktogramach (zał.2). Uzyskane wyniki wprowadzono do bazy danych.

Próbki wody gruntowej do badań laboratoryjnych pobrano z piezometru nr P3 (z głębokości 5,5 m p.p.t.) oraz z piezometru nr P7 (z głębokości 4,5 m p.p.t.). W celu oznaczenia poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych, zastosowano następujące procedury badawcze:

- pH – metoda pehametryczna,
- przewodnictwo- metoda konduktometryczna
- NH₄ – metoda spektrofotometryczna
- aniony (NO₂, NO₃, SO₄, PO₄, Cl) – metoda ICP – AES
- kationy (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) – metoda ICP – AES.

4.5. Projekt i budowa Systemu Informacji Geograficznej

Głównym elementem zaprojektowanego i stworzonego systemu GIS była baza danych. Strukturę bazy zbudowano w spełniającym standardy międzynarodowe systemie relacyjno-obiektowych baz danych RDBMS Oracle, w powiązaniu z grafiką w programie MicroStation.

Projekt koncepcyjny i struktura bazy danych wykonana została przez autorkę pracy, natomiast kodowanie w języku informatycznym przeprowadził informatyk.

Opracowanie projektu i wykonanie bazy danych składało się z dwóch zasadniczych procedur:

- wykonanie modelu konceptualnego, opisującego logiczną bazę danych
- wykonanie modelu wewnętrznego, opisującego fizyczną bazę danych.

Projektowanie bazy poprzedzono analizą wymagań dotyczących budowy systemu, uwzględniając charakterystykę wycinka rzeczywistości w zakresie danych geologicznych i środowiskowych. Opracowano koncepcję bazy danych, określono obiekty i ich atrybuty.

Baza ta stanowi zbiory tablic o odpowiedniej liczbie wierszy i kolumn, z opisanymi cechami konkretnych obiektów. Zastosowany język SQL umożliwia dokonywanie na nich operacji selekcji, łączenia, itp.

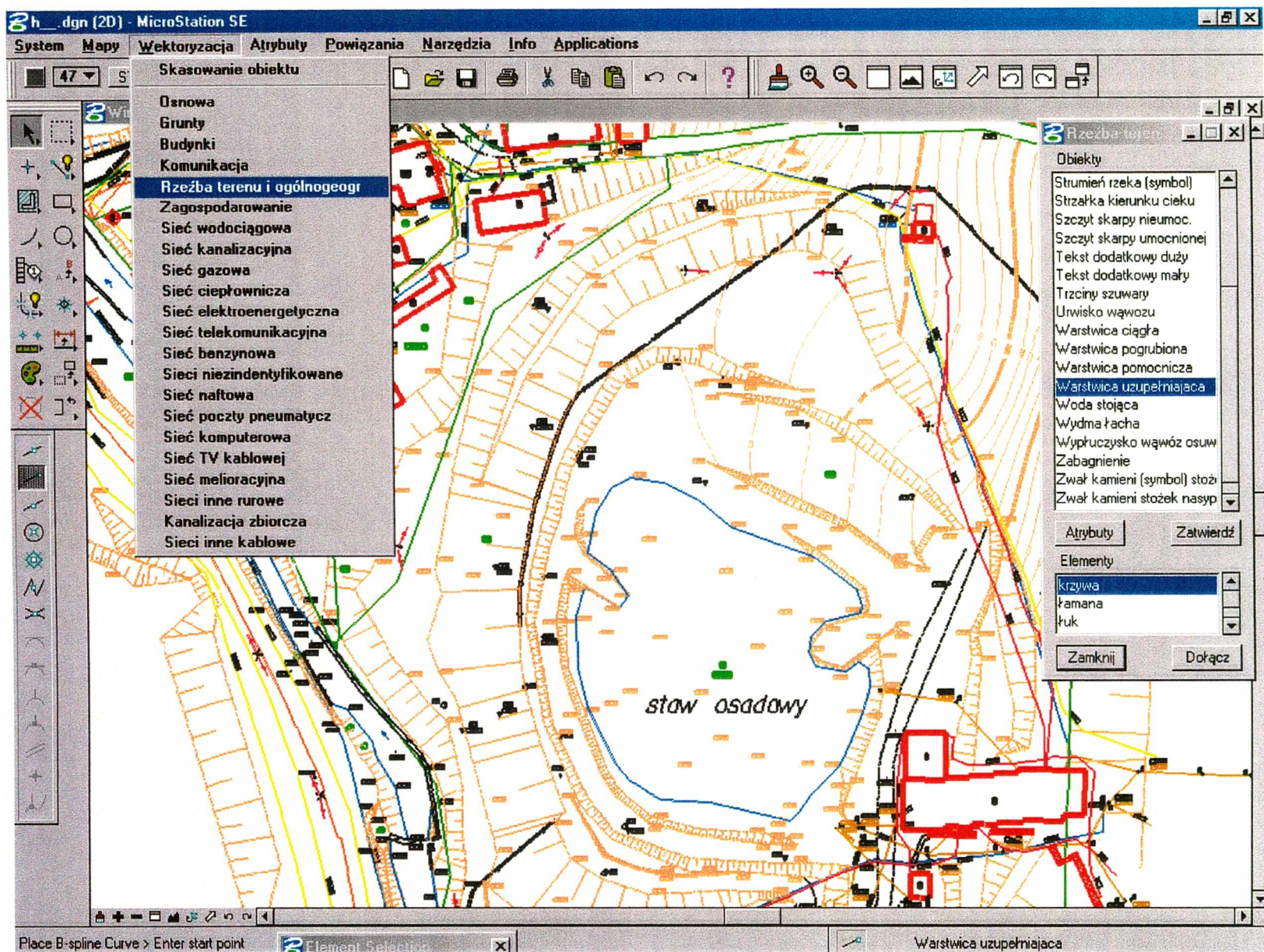
Dane opisowe w bazie danych połączone są z danymi graficznymi. Zaprojektowana baza danych, zgodnie z zasadą budowy takich baz, zawiera model danych zrozumiały dla użytkownika oraz problemowo zorientowany język manipulowania danymi (SQL), posiadający tę cechę, że może się nim posługiwać użytkownik nie będący specjalistą w dziedzinie informatyki.

W projekcie przyjęto, że użytkownikami bazy danych mogą być geolodzy, geotechnicy, górnicy zajmujący się oceną stanu górotworu i wzajemnego wpływu kopalni i osadnika, architekci krajobrazu, projektanci rekultywacji, pracownicy administracji, zajmujący się planowaniem zagospodarowania przestrzennego terenu, właściciel i użytkownik terenu z osadnikiem oraz osoby prowadzące monitoring.

Kolejnym etapem było wprowadzenie do bazy danych ogólnych i szczegółowych, dotyczących przeprowadzonych prac terenowych, takich jak otwory wiertnicze, wykopy, sondowania oraz wyniki badań laboratoryjnych prób gruntów, a także danych dotyczących składu mineralnego wyselekcjonowanych prób gruntów. Dane wprowadzono, wpisując kolejne rekordy do konkretnych tablic tematycznych.

Po zaprojektowaniu i wykonaniu bazy danych, stanowiącej główny element budowanego systemu GIS, przystąpiono do wykonania podstawowej bazy graficznej systemu w postaci numerycznych map powierzchniowych, z naniesieniem lokalizacji wykonanych prac terenowych – sondowań, wierceń, wykopów w rejonie stawu osadowego.

Na podstawie istniejących materiałów geodezyjnych wykonano mapę zasadniczą w środowisku MicroStation. Do tego celu wykorzystano oprogramowanie „MAPA 2000”. Mapę zwektoryzowano zgodnie z instrukcją K-1, w poszczególnych nakładkach tematycznych, takich jak: osnowa, grunty, budynki, komunikacja, rzeźba terenu, zagospodarowanie, sieci uzbrojenia terenu, itp. (rys.3). Przy wektoryzacji uwzględniono zasady budowy obiektowej poszczególnych elementów mapy. Mapa jest wpisana w strukturach relacyjnych baz danych z możliwością wizualizacji w MicroStation. Obiekty graficzne połączone są z danymi opisowymi, zawartymi w bazie danych.



Rys. 3. Okno graficzne przedstawiające fragment mapy cyfrowej rejonu stawu osadowego z otwartą nakładką do wektoryzacji rzeźby terenu w programie *Mapa2000*.

W celu wygenerowania mapy z warstwą lokalizacji punktów badawczych w terenie, a także profili i przekrojów geologicznych, opracowano aplikację o nazwie *GEOLOGIA*, wykorzystującą język zapytań SQL do bazy danych ORACLE.

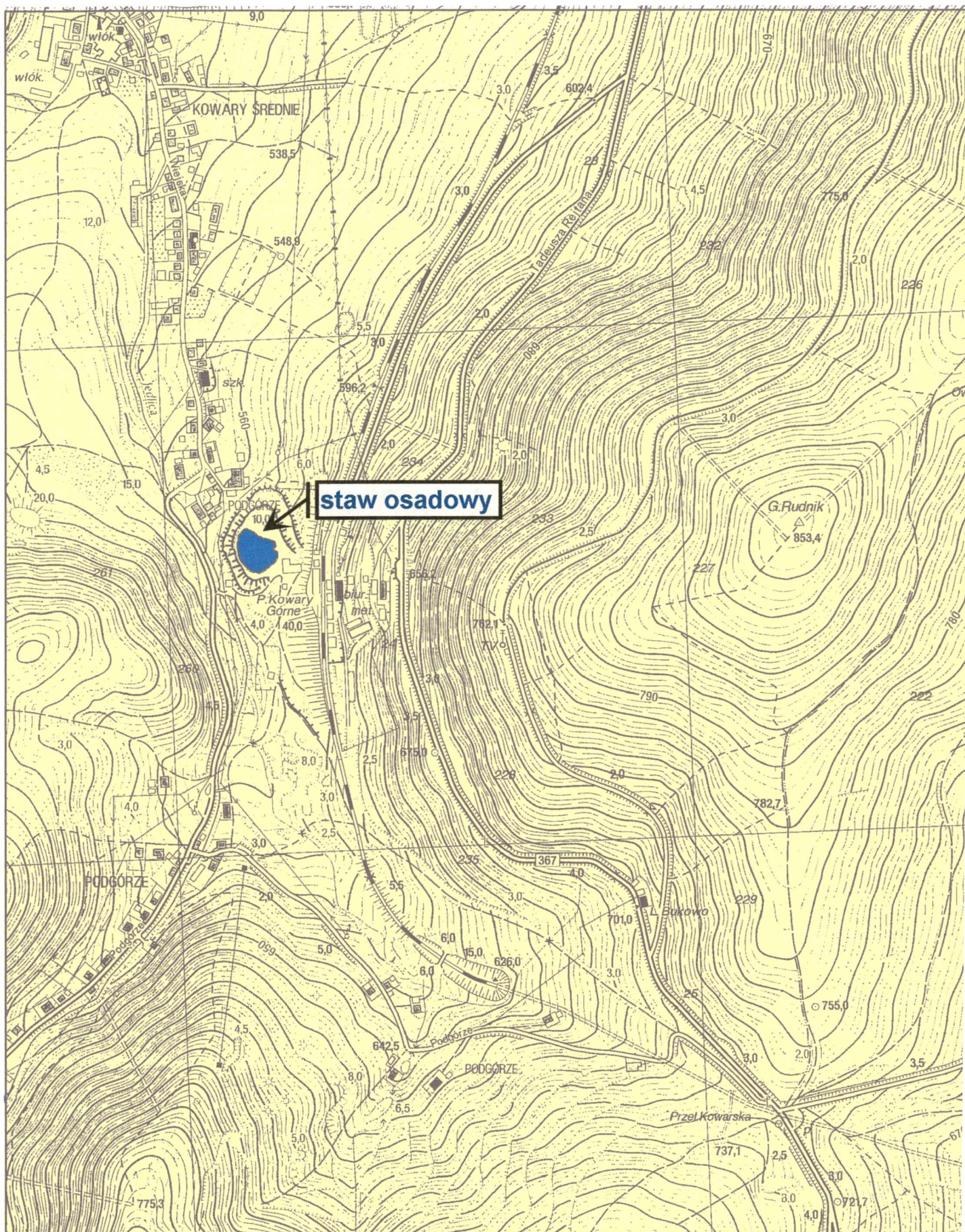
Ważnym zagadnieniem było zbudowanie numerycznego modelu budowy geologicznej terenu osadnika i jego otoczenia. Model zbudowano zgodnie z przyjętymi zasadami tworzenia Numerycznego Modelu Terenu (Digital Terrain Model – DTM), a prace związane z jego budową prowadzono w środowisku MicroStation. Źródłem danych do wykonania modelu morfologii terenu (DTM) były: mapa rastrowa, mapa numeryczna oraz punkty wysokościowe z bezpośredniego pomiaru w terenie. Głównym przedsięwzięciem było wprowadzenie do modelu wartości dotyczących przestrzennego położenia stropów warstw geologiczno-inżynierskich, położenia zwierciadła wody gruntowej oraz wartości natężenia promieniowania jonizującego. Dane te uzyskano z zebranych wyników badań archiwalnych, nowych wyników badań, własnego kartowania geologicznego, oraz wyników otrzymanych z stworzonej bazy danych i wygenerowanych na podstawie niej, przekrojów geologiczno-inżynierskich i zestawień tabelarycznych.

Dzięki właściwościom modelu DTM, z danych tych uzyskuje się przestrzennie wymodelowane powierzchnie graniczne warstw, powierzchnię zwierciadła wody gruntowej i graficzny obraz wartości natężenia promieniowania jonizującego. Otrzymany model daje możliwość analizowania warunków geologiczno-inżynierskich w dowolnym punkcie terenu i wzdłuż zadanej, dowolnej linii przekrojowej

Kolejnym etapem pracy było przeprowadzenie analizy danych geologicznych i niektórych danych środowiskowych, takich jak promieniowanie radioaktywne, mineralogia, elementy przyrodnicze, elementy związane z genezą i budową stawu osadowego i badanego obszaru, na podstawie wyników uzyskanych dzięki zaprojektowanemu i stworzonemu specjalnie w tym celu Systemowi Informacji Geograficznej. Podsumowanie i wnioski stanowią końcowy etap pracy.

5. Charakterystyka terenu i obiektu badań

Terenem badań jest staw osadowy odpadów pouranowych i rejon bezpośrednio do niego przyległy w Kowarach Górnych (rys.4.).



Rys. 4. Mapa lokalizacji stawu osadowego "Kowary"

skala: 1:10 000

5.1. Wybór terenu i obiektu badań

Przy typowaniu i wyborze terenu badań, jako obiektu analizy GIS, kierowano się przede wszystkim założonym celem pracy. Na decyzję o wyborze osadnika odpadów pouranowych w Kowarach składały się następujące czynniki:

- Jest to teren z zaznaczoną działalnością górniczą, który należał do nieczynnej obecnie kopalni rud żelaza i uranu „Wolność”
- Jest terenem stwarzającym zagrożenie dla środowiska
- Jest terenem o stosunkowo małej powierzchni, ale o pełnym spektrum problemów i przez to - reprezentatywny także dla innych terenów z podobnymi problemami
- Lokalizacja w obrębie stromo nachylonego stoku
- Teren zagrożony niszczącymi czynnikami przyrodniczymi (osuwiska, erozja, spływ wód powierzchniowych i podziemnych, podmywanie falą powodziową)
- Bliskość zabudowy mieszkaniowej
- Przeplewająca rzeka u podnóża obwałowań stawu
- Specyficzny (wskaźnikowy) rodzaj skażenia terenu substancjami radioaktywnymi
- Prowadzona rekultywacja

5.2. Położenie geograficzne

Staw osadowy położony jest w Sudetach Zachodnich, w miejscowości Kowary, powiat Jelenia Góra, województwo dolnośląskie.

Znajduje się około 2,8 km od centrum Kowar w kierunku południowym, pomiędzy drogą państwową nr 367 Wałbrzych-Kamienna Góra, a korytem rzeki Jedlica (rys.4).

Morfologia terenu w otoczeniu stawu osadowego jest bardzo urozmaicona, z deniwelacją wynoszącą ok. 60 m (rzędne 550 do 610 m npm). Naturalna rzeźba terenu została silnie zaburzona w wyniku prac związanych z działalnością kopalni "Wolność", z przeróbką rud i skał płonnych oraz w wyniku wybudowania stawu osadowego.

Kowary, a w tym także teren badań, leżą w obrębie „Obszaru chronionego krajobrazu Karkonosze-Góry Izerskie”, który utworzony został uchwałą nr XIV/95/86 WRN w Jeleniej Górze z dnia 27 listopada 1986 roku [88]. Podstawowymi wartościami środowiska przyrodniczego tego obszaru są:

- główne elementy rzeźby terenu,

- system głównych cieków wodnych i obszarów źródliskowych oraz zbiorników z wodami I klasy czystości stanowiący odnawialny układ zasilania w wodę położonych niżej układów osadniczych, oraz podstawę do kształtowania warunków ekologicznych w poszczególnych rejonach obszaru,
- zasoby wód podziemnych o dużych wartościach balneologicznych,
- kompleksy leśne pełniące funkcje ekologiczne i ochronne dla innych zasobów przyrodniczych oraz klimatotwórcze,
- kompleksy użytków zielonych o dużych wartościach przyrodniczych.

5.3. Budowa geologiczna

Obszar badań leży w obrębie dużej jednostki geologicznej, tzw. krystaliniku karkonosko-izerskiego. Jest on również nazywany krystalinikiem karkonoskim i należy do struktur starszego paleozoicznego piętra strukturalnego [28]. W budowie krystaliniku karkonosko – izerskiego zdecydowanie przeważają skały metamorficzne, ale ważną rolę odgrywa także rozciągający się w kierunku W-E karkonoski masyw granitoidowy. Intruzja karkonoska uważana jest za górnokarbońską [110]. We wschodniej części krystaliniku wyróżniono serię mezometamorficzną Kowar [111]. W skład tej serii wchodzi gnejsy, amfibolity, łupki mikowe i chlorytowe, które tworzą grzbiet Rudaw Janowickich. [110].

Staw osadowy „Kowary” jest zlokalizowany w miejscu graniczących ze sobą dwóch opisanych wyżej jednostek geologicznych: granitoidowego masywu Karkonoszy i metamorfiku Kowar wraz z formacją rudonośną z Podgórze.

Granity karkonoskie składają się z dwóch głównych odmian: o strukturze równoziarnistej i porfirowatej. Podrzędnie występują granity drobnokrystaliczne oraz aplitowe [10].

Granity, jak i ich metamorficzna osłona na tym obszarze, poprzecinane są licznymi żyłami pegmatytów, aplitów, kwarcu.

Metamorficzna osłona granitu – to ordowickie skały o wysokim i średnim stopniu przeobrażenia, zaliczane ogólnie do grupy gnejsów z Kowar [74]. W ich skład wchodzi głównie gnejsy oczkowe oraz gnejsy grubolaminowane i smużyste. Ponadto, występują gnejsy drobnowarstewkowe i łupki łyszczkowe [7], [117], [112], [74]. W

okolice szczytu góry Rudnik występują w mniejszych ilościach hornfelsy, łupki, granitognejsy o słabo zaznaczonych teksturach kierunkowych [7], [117].

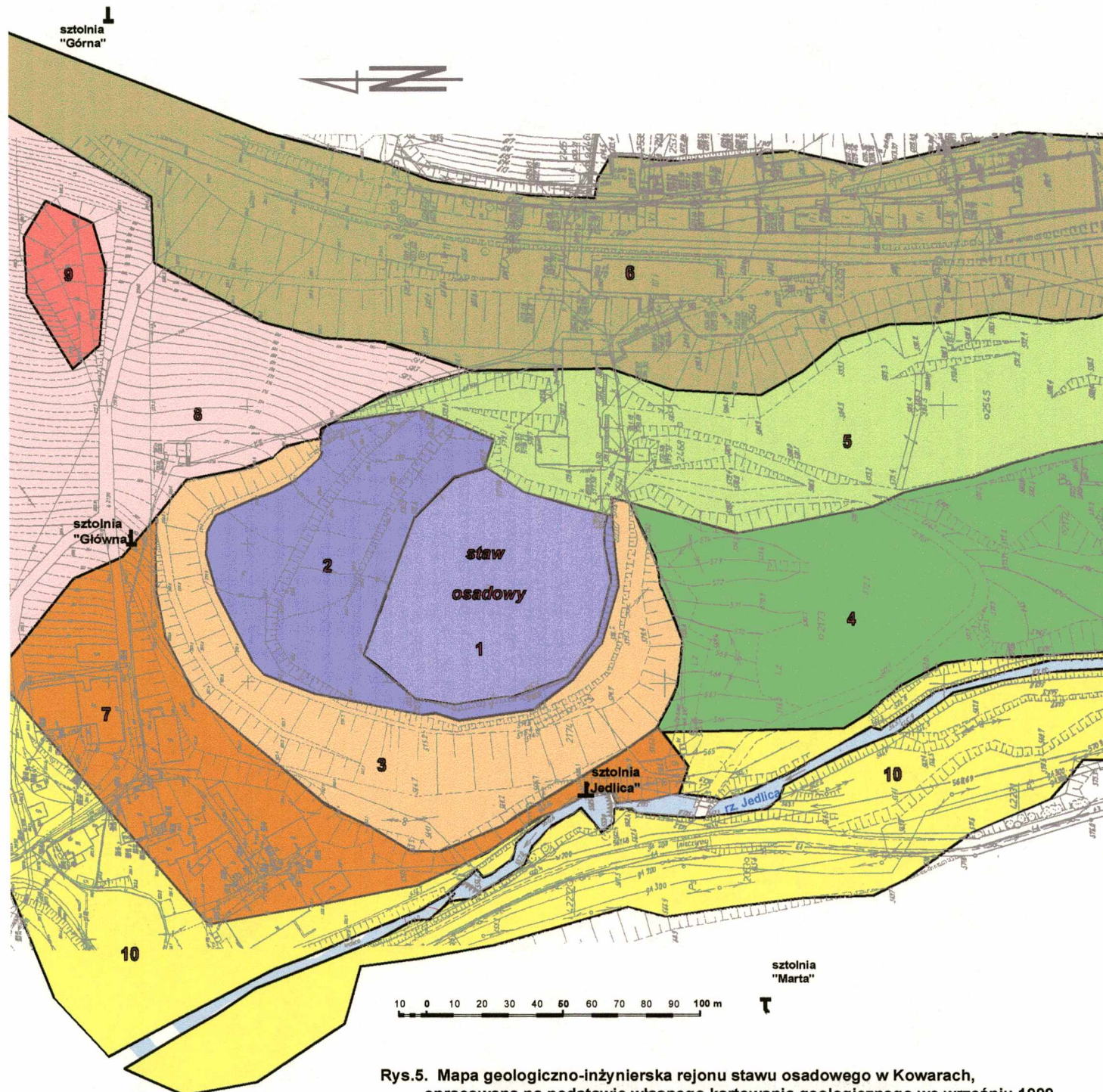
Skały formacji rudonośnej występują na kontakcie granitów i gnejsów, w formie łukowato wygiętej, wyklinowującej się warstwy o długości około 1600 m i szerokości wychodni od 50 do 300m [112]. Skałami budującymi tę formację są hornfelsy i amfibolity, a także marmury, skarny, łupki metamorficzne oraz ciała rudne (głównie żyły magnetytowe) [112], [117], [75], [129]. Skały tej właśnie formacji były przedmiotem działalności górniczej i eksploatacji rud żelaza i uranu.

Utwory czwartorzędowe są najmłodszymi, rodzimymi skałami na tym obszarze. Reprezentowane są przez zwietrzeliny gliniaste i rumosz gliniasty oraz holocenijskie osady rzeczne: rumosz, żwiry, piaski różnoziarniste, często zaglinione. Z osadów tych zbudowane są dwie terasy rzeczne: nadzalewowa i zalewowa [51].

W bezpośrednim podłożu osadnika występują czwartorzędowe zwietrzeliny gliniaste gnejsu i granitu. Zawierają one rumosz skalny, minerały ilaste i zalegają na krystalicznym podłożu.

Grunty antropogeniczne są reprezentowane przez przemieszczony materiał zwietrzelinowy i odpady poprodukcyjne. Stanowią one materiał konstrukcyjny obwałowań stawu, częściowo wypełniają staw i występują w wierzchniej warstwie terenu.

W celu określenia występowania poszczególnych gruntów na powierzchni terenu, rejon stawu osadowego objęto własnym kartowaniem geologiczno-inżynierskim, a wyniki tego kartowania zilustrowano na odrębnej mapie (rys.5)



Objaśnienia:

- 1 osad z dekantacji ścieków przemysłowych (namuł), miąższość 2-20 cm
- 2 odpad mineralny z przeróbki skał (namyty osad "plażowy"), miąższość do 12 m
- 3 nasyp budowlany zapory ziemnej (gruz kamienny z gliną), miąższość do 12 m
- 4 nasyp niebudowlany - pozostałość zlikwidowanych hałd kopalnianych (gruz skalny), miąższość do 3m
- 5 mineralny nasyp niekontrolowany (gruz skalny, glina, cz. antropogeniczne), miąższość do 5m
- 6 nasyp budowlany -pokopalniany teren zabudowany (gruz skalny, glina , kruszywo), miąższość do 15m
- 7 nasyp niebudowlany przedpola zapory (zwietrzelina gliniasta granitu i gnejsu), miąższość do 6m
- 8 zwietrzelina granitu (gruz kamienny, glina), miąższość do 4m
- 9 wychodnia granitu
- 10 aluwia terasy zalewowej i nadzalewowej, miąższość do 5m

Mapa geologiczno-inżynierska rejonu stawu osadowego "Kowary"

Opracowanie: Ewa Koszela-Marek

Rys.5. Mapa geologiczno-inżynierska rejonu stawu osadowego w Kowarach, opracowana na podstawie własnego kartowania geologicznego w skali 1:1000

5.4. Wody powierzchniowe i podziemne

5.4.1. Wody powierzchniowe

W hydrografii rozpatrywanego obszaru dominujące znaczenie ma dolina rzeki Jedlicy. Teren stawu należy do zlewni rzeki Jedlicy, prawobrzeżnego dopływu Łomnicy.

Rzeka Jedlica jest rzeką górską, o średnich przepływach około $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Wielkości niskiego przepływu wynoszą około $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$. Podczas powodzi w 1997 r. przepływ wynosił $71,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Jedlica na badanym obszarze jest częściowo uregulowana. Koryto rzeki jest kamieniste. Brzegi są umocnione murem oporowym, a bezpośrednio na granicy ze stawem osadowym - murem oporowym z gabionów. W dnie rzeki Jedlica, na wysokości osadnika, znajduje się lokalne ujęcie wody dla celów przemysłowych zakładu "Hydromet". Ponadto, u podnóża zapory stawu osadowego, na wschodnim brzegu rzeki, znajduje się zamknięty tamą wylot sztolni "Jedlica". Od tego miejsca, przez gabionowy mur oporowy poprowadzona jest rura o średnicy 500 mm, którą odpływa do rzeki woda przesączająca się przez tamę. Wypływ z rury ma charakter ciągły (w sierpniu 1999 r. $Q=36 \text{ dm}^3/\text{min}$). Wypływająca woda ma zapach siarkowodoru [53], [103].

Badania wskaźników zanieczyszczeń w rzece, wykonane w ramach I etapu monitoringu wód rejonu stawu [103] wykazały, że zapotrzebowanie tlenu ($\text{ChZTcr} = 73,2 \text{ g/m}^3$, zawartość siarczków ($0,0572 \text{ g/m}^3$) oraz tlen rozpuszczony ($10,2 \text{ g/m}^3$) kwalifikują wody rzeki Jedlicy do III klasy czystości wód powierzchniowych [92]. Pozostałe wskaźniki mieszczą się w zakresie I/II klasy czystości [51].

Do czasu rekultywacji, **staw osadowy** był lokalnym odbiornikiem wód powierzchniowych w tym rejonie i stanowił lokalną zlewnię.

Z charakterystyki hydrologicznej rejonu stawu wynika [56], że całkowity opad roczny na powierzchnię stawu ($11\,000 \text{ m}^2$) wynosił $11\,770 \text{ m}^3/\text{rok}$.

Analizy chemiczne wody powierzchniowej ze stawu, wykonane w sierpniu i listopadzie 1999 [103] wykazały, że wg kwalifikacji wód powierzchniowych, jest to woda pozaklasowa, ze względu na mętność, barwę, zapach, odczyn ($\text{pH} = 10,18\text{-}10,27$), biologiczne i chemiczne zapotrzebowanie tlenu, utlenialność, zawiesinę, substancje rozpuszczone, związki azotu, fosforu, chlorki, siarczany, siarczki, sól, potas, żelazo, cynk, kobalt, nikiel, miedź, ołów. Jedynie stężenie amoniaku, manganu, chromu i kadmu

odpowiada II/III klasie czystości wód powierzchniowych. Woda ze stawu potraktowana jako ściek nie może być odprowadzana bezpośrednio do wód i do ziemi ze względu na przekroczenie najwyższych dopuszczalnych wartości: odczynu, chemicznego zapotrzebowania na tlen ($\text{ChZTcr} = 585,6\text{--}700 \text{ g/m}^3$), zawiesiny ($121\text{--}444 \text{ g/m}^3$), fosforu ogólnego ($4,6\text{--}6,3 \text{ g/m}^3$, norma 5 g/m^3), węgla organicznego (75 g/m^3), cynku ($3,48\text{--}4,8 \text{ g/m}^3$) i miedzi ($2,16\text{--}5,0 \text{ g/m}^3$). Zawartość niklu i kobaltu jest na granicy dopuszczalnej polskiej normy (Dz. U., z 1991 r, nr 116, poz.503) [92].

W 2001 roku, w wyniku prac rekultywacyjnych, wodę nadosadową spompowano, a staw zlikwidowano, wypełniając go odpowiednio dobranym materiałem.

5.4.2 Wody podziemne

Teren badań, w szerszej perspektywie, zaliczyć można do hydrogeologicznego regionu sudeckiego, subregionu izersko-karkonoskiego. Reprezentuje on obszar wychodni krystalicznego podłoża, w którym nie ma wyraźnych poziomów wodonośnych. Jest to system wodonośców szczelinowych, w różnym stopniu powiązanych hydraulicznie. W warstwach przypowierzchniowych terenu występuje nieregularny poziom wodonośny, związany ze strefą rumoszu zwietrzelinowego (o miąższości 2-5 m). Na znacznych obszarach – poza strefami drenażu – ma on charakter poziomu zawieszonego, istniejącego okresowo - w czasie opadów i w okresach bezpośrednio po nich [68].

Wody rejonu Kowar, pod względem chemicznym można zaliczyć do wód bardzo słabo zmineralizowanych, o ogólnej mineralizacji poniżej 1 g/dm^3 , często kwaśnych (pH śr. 5,5), wapniowo-magnezowych. Średnia koncentracja radonu w wodach wynosi 27 emanów ($2,7 \times 10^{-9} \text{ C/dm}^3$) [2].

Przed rekultywacją, w rejonie stawu osadowego występowały dwa horyzonty wodonośne. Zwierciadło pierwszego poziomu występowało na głębokości średnio 2,5 do 8,5 m ppt. Był to poziom sztucznie ukształtowany w wyniku przesiąkania wód ze stawu osadowego poprzez materiał obwałowania. Poziom ten związany był z gruntami okrucowymi – głównie o granulacji piasków różnoziarnistych. Zwierciadło wód stwierdzone w otworach wiertniczych występowało na rzędnych od 573,1 m npm do 558,5 m npm. Najczęściej miało charakter swobodny lub lokalnie napięty, co związane jest z występowaniem nieregularnych warstw izolujących. Główny kierunek przesączania wody przez obwałowanie zbiornika był zgodny z kierunkiem zbocza, czyli ku zachodowi.

Drugi poziom wodonośny występuje lokalnie w zwietrzelinie gnejsów oraz w szczelinach skał krystalicznych. Zwierciadło tego poziomu kształtuje się na głębokości średnio 10 – 15 m ppt i ma charakter napięty.

Spływ wód podziemnych odbywa się głównie w kierunku rzeki Jedlicy.

Dane dotyczące wód podziemnych wprowadzono do utworzonej bazy danych *GEOLOGIA INŻYNIERSKA* oraz do Numerycznego Modelu Budowy Geologicznej Terenu (*NMBGT*).

5.4.2.1. Wyniki analizy chemicznej wód podziemnych

W marcu 2000 r. w rejonie stawu osadowego pobrano próbki wody z pierwszego poziomu wodonośnego, w celu oznaczenia podstawowych wskaźników zanieczyszczeń (Tab. 1.).

Nr Piez.	Wskaźniki zanieczyszczeń wód podziemnych [mg/dm ³]													
	pH	NH ₄	NO ₂	NO ₃	SO ₄	HPO ₄	Cl	F	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
P3	6,95	12	<0,003	15,8	1889	2,0	169	5,97	0,003	0,005	0,007	0,15	0,05	0,027
P7	7,27	0,68	0,05	1,25	247	<1,00	5,08	1,5	0,002	0,006	0,005	0,015	0,03	0,015

Tab. 1. Wyniki badań laboratoryjnych próbek wód podziemnych pobranych z piezometrów nr P3 i P7 w rejonie stawu osadowego „Kowary”.

Analizy chemiczne wód płytszego poziomu pobranych z piezometrów (P3, P7), wykazały, że :

- wody w bezpośrednim sąsiedztwie niecki stawu (P3) charakteryzują się zapachem naturalnym, pH = 6,95, a zawartość azotu amonowego wynosi 15,8 mg/dm³, azotynów < 0,03 mg/dm³, azotanów 15,8 mg/dm³, siarczanów 1889 mg/dm³, fosforanów <2,0 mg/dm³, chlorków 169 mg/dm³, fluoru 5,0 mg/dm³. Dane te wskazują, że wody te klasyfikowane dla potrzeb monitoringu wód podziemnych mają przekroczone najwyższe dopuszczalne wartości siarczanów, fluoru i niklu, a ich stężenia czynią je wodami pozaklasowymi [99]. Pozostałe oznaczone wskaźniki zanieczyszczeń klasyfikują te wody do najwyższej (Ia) i wysokiej klasy jakości wód [99]. Jedynie zawartość siarczanów klasyfikuje je do średniej klasy jakości. Gdyby je potraktować

jako ściek wprowadzany do wód i ziemi, to najwyższe dopuszczalne wartości są przekroczone tylko dla azotu amonowego i siarczanów [92].

- wody z piezometru P7 w pobliżu rz. Jedlicy, wykazywały $\text{pH} = 7,27$, stężenie amoniaku $0,68 \text{ mg/dm}^3$, azotanów $1,25 \text{ mg/dm}^3$, siarczanów 247 mg/dm^3 , fluoru $1,5 \text{ mg/dm}^3$, kadmu $0,003 \text{ mg/dm}^3$, chromu $0,005 \text{ mg/dm}^3$, miedzi $0,007 \text{ mg/dm}^3$, ołowiu $0,05 \text{ mg/dm}^3$, cynku $0,027 \text{ mg/dm}^3$, niklu $0,015 \text{ mg/dm}^3$. Przedstawione wyniki świadczą, że wody te kwalifikują się zasadniczo do najwyższej (Ia) i wysokiej (Ib) jakości wód podziemnych (Ib), z wyjątkiem zawartości azotanów, których stężenie czyni te wody niskiej jakości (III). Natomiast stężenie amoniaku i fosforanów kwalifikuje je do średniej jakości wód dla potrzeb monitoringu [99]. Spełniają one wymogi norm dla ścieków wprowadzanych do wód i ziemi [92].

Podwyższone zawartości NH_4 i NO_3 , należy wiązać ze ściekami komunalnymi z Zakładu Hydromet, zrzucanymi do stawu osadowego. Duża zawartość SO_4 związana być mogła z wytrawianiem kwasem siarkowym przerabianej rudy uranowej, następnie deponowaniem tego materiału w stawie osadowym, a także z zrzucanymi ściekami socjalno-bytowymi. Przekroczone zawartości niklu powiązać należy ze ściekami z galwanizerni.

5.5. Flora i fauna

Faunę i florę w rejonie stawu osadowego scharakteryzowano na podstawie kartowania sozologicznego, przeprowadzonego w 1999 roku przez B. Kołwzan wraz z zespołem [49]. Prace te objęły inwentaryzację flory i fauny oraz badania hydrobiologiczne.

Z badań tych wynika, że teren wokół stawu porośnięty jest roślinami typowymi dla łąk, a ponadto występują gatunki z okolicznych lasów i okolicznych ogródków, rośliny ruderalne oraz gatunki pionierskie na obrzeżu niecki stawu. Wydzielono dwanaście głównych obszarów, różniących się składem gatunkowym roślin. Szczegółowy opis wydzielonych obszarów znajduje się w opracowaniu „Kartowanie sozologiczne” [49]. Na uwagę zasługuje obszar (VIa) pozbawiony roślinności, wokół którego występują jedynie brzozy oraz pojedyncze kępki traw i porosty [49].

Wśród roślin zinwentaryzowano: trawy (trzcina pospolita, perz właściwy, trzcinnik piaskowy, i in.), sity (sit chudy, sit pospolity), rośliny zielne, drzewa (brzoza brodawkowata, jesion wyniosły, klon jawor, olsza szara, topola osika, wiąz, wierzba iwa),

dosadzane drzewa (modrzew, świerk, wierzba), krzewy (bez czarny, bez koralowy, bluszcz pospolity, leszczyna pospolita), mchy (płonnik), porosty (chrobotek, pustułka pęcherzykowata).

W wodzie stawu i w osadach dennych wykonano badania pod kątem obecności mikroorganizmów. Stwierdzono, że mikroorganizmy dość licznie występują do głębokości 6 m. W środowisku tym następowała selekcja mikroflory, co doprowadziło do dominacji bakterii i drożdży, będących względnie beztlenowcami. Nie stwierdzono natomiast obecności grzybów pleśniowych.

Faunę reprezentowały żaby zielone, liczne owady (nartniki, świtezianki, ważki, koniki polne, pasikoniki zielone, i in.), a także zaobserwowano stanowiska mięczaków (ślimak winniczek, ślimak wstężyk). Sezonowo w rejonie stawu pojawiały się ssaki: zające, lisy i sarny.

Autorzy kartowania sozologicznego [49] zwracają uwagę, że chociaż życie biologiczne występuje na całym obszarze, to jednak skład jakościowy i ilościowy poszczególnych biocenoz jest ubogi, charakterystyczny dla obszarów zdegradowanych. Ponadto, na daleko idącą degradację środowiska wskazuje małe zróżnicowanie jakościowe mikroflory.

5.6 . Działalność górnicza i zagospodarowanie terenu

Do roku 1962 omawiany teren wchodził w skład *obszaru górniczego* kopalni „Wolność”. W 1962 roku kopalnia została formalnie zlikwidowana, a *obszar i teren górniczy* wykreślono z rejestru.

Historia górnictwa w rejonie Kowar sięga średniowiecza [133]. Od XIV wieku funkcjonowała tu kopalnia rud żelaza. Obszar eksploatacji podzielono na trzy pola: wschodnie, środkowe i zachodnie, nazwane później “Wolność”, “Marta” i “Wulkan”. Rudę żelaza wydobywano do roku 1947. Następnie, w latach 1948-51 prowadzono eksploatację rud uranu, po czym na kolejne 10 lat powrócono do wydobywania rudy żelaza - magnetytu [116]. Pomimo zaprzestania wydobywania rud uranu Zakład Górniczy R-1 w dalszym ciągu prowadził prace związane z produkcją tzw. koncentratu uranowego. Surowiec do wzbogacania pobierano z hałd oraz dowożono z zewnątrz.

Powierzchnia obszaru górniczego kopalni „Wolność” wynosiła ok. 70 ha. Tereny przykryte hałdami miały powierzchnię 10,2 ha, zaś objętość zwałów szacowano na 635

000 m³ [116]. Aktualnie, w rejonie stawu osadowego istnieją zachowane jeszcze wyrobiska górnicze (rys. 5.):

- szyb „Wolność”, częściowo zlikwidowany przez zasypanie, położony ok. 150 m na SE od stawu osadowego;
- sztolnia „Główna” (odstawczo-odwodnieniowa), z zachowanym wejściem na północnym przedpolu zapory stawu osadowego i przebiegiem w kierunku wschodnim [105], [129], [130];
- sztolnia „Marta”, której otwór wejściowy znajduje się w jednym z kamieniołomów na zboczu góry Krowiniec (poza terenem badań);
- odwadniająca sztolnia „Jedlica”, której zatamowany wylot znajduje się na prawym brzegu rz. Jedlicy, poniżej podstawy obwałowania (obecnie niedostępna do badań).

Do 1972 roku obiekty powierzchniowe i teren pokopalniany wraz ze stawem osadowym należały do Zakładów Przemysłowych R-1. W roku 1972 nieruchomości te decyzją Pełnomocnika Rządu ds. Wykorzystania Energii Jądrowej oraz decyzją Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki przekazano Politechnice Wrocławskiej. Część północno-zachodnia – podnóże zapory – oraz najbliższe budynki mieszkalne, zaliczone zostały do strefy B ochrony konserwatorskiej terenu, przewidzianego do rehabilitacji [39]

5.7. Opis obiektu

Staw osadowy „Kowary” wybudowano w 1967 r., a następnie dwukrotnie go rozbudowywano dla potrzeb kolejnych użytkowników. Konstrukcję stawu osadowego rozpoczęto od zebrania gleby ze stoku, zniwelowania odsłoniętego terenu, a następnie wybudowania zapory ziemno-kamienistej z materiału miejscowego, z uszczelnieniem dna oraz zapory warstwą gliny, dowiezionej z zewnątrz. W południowy odcinek obwałowania wmontowano jedną z istniejących wówczas hałd, usypaną na nieprzygotowanym podłożu. Bezpośrednie podłoże stawu osadowego stanowi glina zboczowa oraz zwietrzelina gnejsu i granitu (rumosz gliniasty).

Dane techniczne o technologii wykonywania prac i o zastosowanych materiałach nie zachowały się.

Po zaprzestaniu produkcji koncentratów uranowych w 1971 roku, dotychczasowy potencjał zakładów R-1 przestawiono na inną działalność, dającą odpady mokre. W

związku z tym, zaistniała potrzeba rozbudowy osadnika. Staw osadowy nadbudowano, używając do tego celu materiału odpadowego z produkcji kruszywa i z hałd kopalnianych. Nadbudowa stała się przyczyną powstania nieszczelności zapór i pojawienia się wycieków wody ze stawu. Etap trzeci, podwyższający zapórę o dwa metry, związany był z koniecznością zrzucania ścieków produkcyjnych, głównie z produkcji galwanicznej. Ostatecznie dopływ wszelkich ścieków do stawu został odcięty w połowie roku 2000 i tym samym staw osadowy wyłączono z eksploatacji.

Podstawowe dane stawu osadowego:

- powierzchnia osadnika – 13 000 m²
- ogólna objętość osadnika – 113 000 m³
- długość obwałowania z trzech stron – 300 m
- całkowita wysokość obwałowań
 - od strony zach. 13-15 m
 - od strony półn. i pd. 8-10 m
 - od strony wsch. 1-2 m
- rzędna korony obwałowań 576-577m n.p.m.
- maksymalne nachylenie zbocza obwałowań od strony odpowietrznej ok.1:2,25 (strona W).

Staw osadowy „Kowary” - jako osadnik nadpoziomowy, gromadzący substancje płynne i półpłynne - jest w myśl § 4. p.1 zarządzenia MOŚZNiL [90] - stałą budowlą hydrotechniczną i zakwalifikowano go jako budowlę hydrotechniczną klasy III [14]. Jednak, gdy budowla taka podlega likwidacji i rekultywacji, to przywołane zarządzenie MOŚZNiL [90] nie ma zastosowania [14].

5.7.1. Budowa i stan techniczny przed rekultywacją

Od czasu wykonania ostatecznej nadbudowy przeglądy stanu technicznego nie były dokonywane. Skarpy zapór i tzw. plażę osadnika porosła samosiejna roślinność. W lipcu 1997 roku, w wyniku powodzi została podmyta podstawa zachodniej skarpy. Po naprawieniu uszkodzeń popowodziowych stan techniczny stawu oceniono jako średni – bez konieczności interwencji [66], [51].

W kilku miejscach od strony rzeki Jedlicy występowały podmokłe miejsca na półkach od strony odpowietrznej, mimo że w najbliższych piezometrach w obwałowaniu poziom lustra wody był dosyć niski. Świadczy to o słabej szczelności gruntów w obwałowaniach. Intensywność tych sączeń podlegała okresowym wahaniom. Kolejne oceny stanu

technicznego osadnika wskazywały na konieczność zdrenowania tych wypływów, czego jednak nie uczyniono.

W okresie popowodziowym (1997) i na etapie projektowania rekultywacji wykonywane były oceny stateczności skarp osadnika [14], [15]. Przeprowadzone obliczenia wykazały duże zróżnicowanie współczynnika bezpieczeństwa, ale w przedziale wartości bezpiecznych. Lokalnie, zapora wymagała napraw i usypania przypór ziemnych w niektórych miejscach.

W celu określenia ewentualnych przemieszczeń związanych z niestatecznością zapór, w lutym 2000 r. wykonany został geodezyjny „pomiar zerowy”. Stał się on bazą wyjściową monitoringu geodezyjnego.

Dane o budowie stawu osadowego

Zapora osadnika zbudowana jest z gruntów nasypowych, głównie z tzw. miejscowego materiału, uzupełnionego osadem z przeróbki rudy i z przemiału skał płonnych z hałdy.

W rejonie stawu osadowego stwierdzono występowanie następujących gruntów rodzimych i antropogenicznych [51] :

Grunty rodzime

W podłożu osadnika i jego obwałowań zalegają:

- **zwietrzelina gliniasta** – stanowiąca bezpośrednie podłoże obwałowania pierwszego etapu budowy osadnika, słaboprzepuszczalna, zróżnicowana pod względem wilgotności i konsystencji; ze względu na stan i konsystencję gruntów (od półzwałowego do miękkoplastycznego) podzielono ją na podwarstwy.
- **zwietrzelina granitu i gnejsu** – o frakcji żwirowej i kamienistej, średniozagęszczona
- **grunt skalisty** – gnejs i granit o różnym stopniu zwietrzenia.

Grunty antropogeniczne

Grupa nI – grunty mineralne, powstałe w wyniku niszczenia pierwotnej struktury, przetransportowane i uformowane w postaci nasypów (obwałowań) w kolejnych etapach rozbudowy osadnika.

Grupa nII- grunty powstałe jako odpady stałe z procesu technologicznego wzbogacania rud uranu i żelaza, transportowane hydraulicznie i składowane w stawie osadowym.

W grupie nI wyodrębniono cztery warstwy geotechniczne ze względu na uziarnienie, stopień zagęszczenia, stan i konsystencję. Warstwy te reprezentowane są przez rumosze, żwiry, piaski różnoziarniste oraz gliny. Specjalnie wydzielono warstwę zawierającą rudę uranu, o znacznym promieniowaniu jonizującym.

W grupie nII wydzielono sześć warstw geotechnicznych na podstawie własności fizyko-mechanicznych oraz podobieństw do cech gruntów mineralnych. Występują tutaj:

- żwiry, pospółki, piaski grube i średnie o zagęszczeniu od luźnego ($I_D = 0,22$) do średniozagęszczonego ($I_D = 0,52$)
- piaski drobne i pylaste, słaboprzepuszczalne, nawodnione, bardzo luźne ($I_D = 0,07$) do średniozagęszczonych
- pyły, występują lokalnie, słaboprzepuszczalne, w stanie półzwarłym powyżej zwierciadła wody nadosadowej, do stanu płynnego ($I_L = 1,77$) poniżej zwierciadła wody nadosadowej
- piaski gliniaste, gliny, gliny piaszczyste, występują w znacznej części niecki osadnika, w stanie często miękkoplastycznym lub płynnym ($I_L = 1,51$)
- gliny pylaste, gliny zwięzłe i iley, występują w znacznej części niecki, w całym profilu pionowym osadów, w stanie plastycznym, miękkoplastycznym i płynnym ($I_L = 1,00$).

Łącznie dla dwóch grup gruntów nI i nII wyodrębniono 10 warstw geotechnicznych.

Charakterystykę przestrzenną warstw geotechnicznych przedstawiono na przekroju (zał.3.), natomiast parametry geotechniczne gruntów w tabeli (zał.4). Charakterystykę warstw geotechnicznych, przekrój geologiczny i parametry geotechniczne gruntów podano na podstawie „Dokumentacji geologiczno-inżynierskiej” [51].

5.7.2. Zdeponowany materiał odpadowy

W stawie zdeponowano rozdrobniony materiał odpadowy pochodzący z procesów wzbogacania rudy uranowej i podrzędnie rudy żelaza, a od roku 1973 do roku 2000 odpady z doświadczalnej produkcji preparatów chemicznych, obróbki elementów konstrukcji metalowych (metale ziem rzadkich, galwanizacja, wytrawianie, itp.), przemiału skał zgromadzonych na hałdach oraz ścieki bytowe. Szacuje się, że w stawie zdeponowano około 300 tys. ton odpadów, w tym około 250 tys. ton odpadów pouranowych [51].

5.8. Zagrożenia dla środowiska

Według „Raportu o stanie środowiska” [88], miasto Kowary zostało zaliczone do obszarów o znacznym stopniu degradacji środowiska, chociaż pod względem walorów krajobrazowych włączono je do „obszaru chronionego krajobrazu Karkonosze – Góry Izerskie”. W dokumencie tym wskazuje się na istnienie konieczności „zastosowania wyjątkowych działań zmierzających do zahamowania dalszej degradacji środowiska, jak również działań na rzecz rekultywacji terenów zniszczonych”.

Staw osadowy w Kowarach, wyłączony z eksploatacji i pozostawiony w stanie niezrekultywowanym jest źródłem następujących czynników stwarzających zagrożenie dla środowiska:

1. Podwyższone promieniowanie jonizujące odpadów kopalnianych wbudowanych w obwałowania (skała płonna),
2. Podwyższone promieniowanie jonizujące osadów z przeróbki rudy uranu zdeponowanych w osadniku,
3. Zawartość metali ciężkich w wodach nadosadowych oraz możliwość ich migracji,
4. Zawartość metali ciężkich w osadach oraz możliwość ich migracji,
5. Biologiczne skażenie osadów i wód nadosadowych ściekami komunalnymi,
6. Stałe spiętrzenie wód nadosadowych, niekorzystnie wpływające na stateczność obwałowań,
7. Obecność rzeki Jedlicy u podnóża osadnika i możliwość skażenia jej wód,
8. Zły stan techniczny obwałowań i groźba wypłynięcia półpłynnych osadów (zagrożenie nasilające się w okresie powodzi).

Dodatkowe obawy związane były z ewentualnym, negatywnym wpływem wyrobisk górniczych kopalni „Wolność” na stan bezpieczeństwa osadnika.

Powyższe czynniki zagrożeń potencjalnych i rzeczywistych były przyczyną ciągłego niepokoju mieszkańców z sąsiedztwa osadnika i w mieście Kowary. Istnienie osadnika obniża ponadto walory krajobrazowe otaczającego terenu.

W przypadku, gdyby staw osadowy „Kowary” nie był wyłączony z eksploatacji, mógłby być traktowany jako budowla hydrotechniczna III klasy i wówczas wymienione wyżej

zagrożenia można by uznać - zgodnie z wymową §34.ust.1 i 2 zarządzenia MOŚZNiL [90] - za groźbę o charakterze katastrofalnym. Z chwilą likwidacji i rekultywacji stawu osadowego traci on formalnie rangę budowli technicznej III klasy i tym samym zmienia się kwalifikacja zagrożeń.

Osobnym typem zagrożenia jest lokalizacja osadnika na terenie minionej eksploatacji górniczej. Przepisy prawa geologicznego i górniczego nie przewidują ochrony terenów, na których eksploatacja górnicza została zlikwidowana. Obecność wyrobisk podziemnych jest jednak czynnikiem, który może mieć wpływ na wzrost zagrożenia utratą stateczności. W tym przypadku wytyczne [119] zalecają zwiększenie wymaganych, minimalnych wartości współczynników bezpieczeństwa skarp o 0,10.

5.9. *Prace rekultywacyjne*

Mając na uwadze istniejące zagrożenia, Politechnika Wrocławska, jako właściciel terenu przystąpiła w roku 2000 wraz z instytucjami wspierającymi (Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska, KBN, Komisja Europejska w Brukseli) do opracowania projektu rekultywacji, a następnie do fizycznej rekultywacji stawu osadowego „Kowary”. Prace te poprzedzono szeroko zakrojonymi badaniami, które dostarczyły danych do projektowania. Badania obejmowały geodezję, radiologię, chemię, biologię, mikrobiologię, dendrologię, hydrologię, hydrogeologię, geotechnikę, architekturę krajobrazu, a także w szerokim zakresie geologię inżynierską. Na podstawie tych badań określono skalę problemu, kierunek rekultywacji i dostosowano rozwiązania techniczne.

W ramach prac rekultywacyjnych spompowano wodę nadosadową, wybudowano przypory ziemne w miejscach o niskim współczynniku stateczności skarp, wybudowano drenaże powierzchniowe i wgłębne, wewnątrz niszy stawu osadowego wypełniono materiałem mineralnym odpowiednio dobranym i skomponowanym z geosyntetykami. Całość stawu osadowego pokryto wyselekcjonowanym kruszywem dolomitowym, stanowiącym ekran promieniowania jonizującego oraz warstwą gleby. Następnie zasadzono krzewy i posiano trawy. Gatunki roślin i ich rozmieszczenie dostosowano do założonych funkcji ochronnych (działanie przeciwerozyjne, retencja wilgoci, odtworzenie warunków życia flory i fauny) oraz wkomponowania obiektu w krajobraz.

5.10. Przewidywany monitoring

W celu określenia efektów ekologicznych rekultywacji i trwałości tych efektów przewidziano określony program badań, który obejmuje:

- monitoring geodezyjny,
 - monitoring geotechniczny,
 - monitoring radiologiczny,
- monitoring chemiczny.

6. Baza danych

Bazę danych - zaprojektowaną i wykonaną na potrzeby niniejszej pracy - nazwano „*GEOLOGIA INŻYNIERSKA*”. Pierwsze założenia tworzonej bazy danych zostały przedstawione na VIII Krajowej Konferencji „Komputerowe wspomaganie badań naukowych” [55].

6.1. Projekt bazy danych

Zgodnie z założeniami, zbudowano tę aplikację w systemie relacyjno-obiektowych baz danych RDBMS Oracle, pracującą w systemie operacyjnym Windows.

Główną zaletą tej bazy są zintegrowane środowisko, bezpieczeństwo, transakcyjność, wielodostępność. Oprogramowanie to zapewnia integrację danych geometrycznych i opisowych, przy czym dane te tworzą spójną całość.

Aplikacja ta przystosowana jest do pracy w architekturze „klient-serwer” oraz w systemie sieciowym, czyli spełnia warunki wielodostępności oraz transakcyjności. Ochrona danych przed niepożądanym dostępem zapewniona jest przez zdefiniowanie użytkowników o różnych uprawnieniach do danych i funkcji oprogramowania, czyli przez tzw. dostęp wielopoziomowy. Zastosowano przyjazny dla użytkownika interfejs okienkowy, składający się z rozwijalnego menu belkowego (paskowego), ułatwiającego wybór odpowiedniej funkcji oraz formatek ekranowych (elektronicznych formularzy), wypełnianych przez użytkownika, umożliwiających dostęp do danych oraz ich przetwarzanie. Interfejs ten umożliwia również dostęp do pomocy kontekstowej oraz wyświetla komunikaty o błędach.

Stworzona baza danych gwarantuje pewność działania oraz bezpieczeństwo danych zgodnie ze standardami międzynarodowymi. Należy zwrócić uwagę również na to, że obecnie z platformy Oracle korzysta 90% firm znajdujących się na liście 500 największych korporacji na świecie, a także stosowana jest przez większość organizacji rządowych na świecie.

Przy projektowaniu bazy danych „Geologia inżynierska” uwzględniono następujące wymogi, jakim powinny odpowiadać obecne systemy informatyczne :

- realizacja poprzez oprogramowanie wszystkich zadań, określonych odpowiednimi przepisami;
- spełnienie wymogów w zakresie standardów technicznych
- pełna archiwizacja modyfikowanych danych;
- spełnienie wymogów bezpieczeństwa danych;

Projekt bazy danych poprzedzono analizą możliwości pozyskiwania danych i ich analizy pod kątem określonych potrzeb, związanych z zagospodarowaniem lub rekultywacją obiektów analogicznych do stawu osadowego w „Kowarach”.

6.1.1. Założenia projektowe

Założono, że projektowana baza danych spełniać będzie następujące wymagania:

- Zawierać będzie dane opisowe i graficzne;
- Będzie miała charakter bazy relacyjno-obiektowej, zorientowanej problemowo;
- Zapamiętywanie i wyszukiwanie danych dokonywać się będzie za pomocą odpowiednich kluczy, np. numer otworu geologicznego, współrzędne x,y, rodzaj warstwy geologiczno-inżynierskiej;
- Dane będą zapisywane bez nadmiernego, szkodliwego ich powtarzania;
- Będzie umożliwiać dokonywanie wielu operacji, np. selekcji, łączenia, i porządkować dane według własnych założonych kryteriów;
- Będzie umożliwiać przeprowadzanie wielokierunkowych analiz graficznych i opisowych;
- Model danych będzie zrozumiały dla użytkownika, a użyty język manipulowania danymi będzie dobrany problemowo tak, aby mógł się nim posługiwać użytkownik nie będący specjalistą w dziedzinie informatyki;

- Dane będą zabezpieczone przed utratą, np. z powodu wadliwego działania sprzętu, wypadku losowego oraz będą chronione przed dostępem osób nieuprawnionych do korzystania z zasobów bazy danych.

6.1.2. Postępowanie projektowe

Projektowanie bazy poprzedzono analizą wymagań w zakresie budowy systemu, uwzględniając charakterystykę wycinka rzeczywistości w zakresie danych geologicznych i środowiskowych oraz wymagań dotyczących przetwarzania danych. Opracowano koncepcję bazy danych, określono obiekty i ich atrybuty oraz przeprowadzono analizę powiązań części graficznej i opisowej w narzędziach MicroStation.

W początkowej fazie projektowania ustalono dziedziny, w obrębie których będą gromadzone informacje. Są to:

- położenie geograficzne, określone przez współrzędne x,y,z
- rodzaje gruntów
- rozprzestrzenienie gruntów
- położenie zwierciadła wody gruntowej
- badania terenowe
- badania laboratoryjne gruntów
- badania laboratoryjne wody
- badania składu mineralnego gruntów.

Na podstawie zebranych materiałów oraz kierując się założonym, dla jakiego tworzona była aplikacja, opracowano model conceptualny bazy danych.

Następnym krokiem projektowania było określenie transakcji w projektowanej bazie danych, czyli logicznych jednostek pracy, w wyniku których dokonywane są spójne operacje na bazie danych. Transakcjami w tym przypadku było wyszukiwanie i łączenie danych w celu:

- generowania warstw mapy numerycznej z lokalizacją przeprowadzonych badań terenowych
- wykonania przekroju geologiczno-inżynierskiego wzdłuż zadanej linii przekrojowej na mapie,
- generowania profili otworów,
- wykonywania zadanych raportów,

- wykonywania zestawień tabelarycznych,
- obliczenia statystyk zadanych parametrów.

Proces modelowania logicznego związane z określeniem zawartości bazy danych, niezależnie od wymogów konkretnej implementacji fizycznej. W tym celu wzięto model konceptualny za punkt początkowy i przetworzono go na model danych, związany z docelowym systemem zarządzania bazą danych (SZBD). Modelowanie fizyczne polegało na przetworzeniu modelu logicznego na definicję modelu fizycznego, odpowiedniego dla określonej konfiguracji oprogramowania. Jest to schemat wyrażony w języku definiowania SQL (Structured Query Language – strukturalny język zapytań), uważanym obecnie za standardowy interfejs dla relacyjnych SZBD. Dostęp do danych zaprojektowano w ten sposób, że odbywa się on za pośrednictwem strukturalnego języka zapytań SQL. Język ten realizuje również m.in. zasadnicze operacje na zbiorach, takie jak iloczyn, dodawanie, odejmowanie, negacja logiczna.

Strukturę bazy zbudowano w systemie RDBMS Oracle, w powiązaniu z grafiką w programie MicroStation. Dane opisowe w bazie danych połączone są z danymi graficznymi.

6.2. Budowa bazy danych

Bazę danych wykonano z zachowaniem zasad budowy relacyjno-obiektowych baz danych. Jest ona zbiorem tablic o odpowiedniej liczbie wierszy i kolumn, z opisanymi cechami konkretnych obiektów. Za pomocą języka SQL dokonuje się na nich operacji selekcji, łączenia, itp.

Baza danych zawiera dane opisowe (ogólne i szczegółowe), dotyczące przeprowadzonych prac terenowych, takich jak otwory wiertnicze, wykopy, sondowania oraz wyniki laboratoryjnych badań prób gruntów, t.j. wilgotność naturalna, granice Atterberga, uziarnienie, gęstość właściwa, gęstość objętościowa, kąt tarcia wewnętrznego, kohezja, współczynnik filtracji. W bazie znajdują się także dane dotyczące składu mineralnego wybranych prób gruntów. Schemat zakresu bazy danych przedstawiono na rysunku nr 6.

Dane opisowe, zawarte w bazie danych, połączone są z danymi graficznymi zamieszczonymi na mapie numerycznej takimi, jak miejsca lokalizacji otworów wiertniczych, wykopów, sondowań.

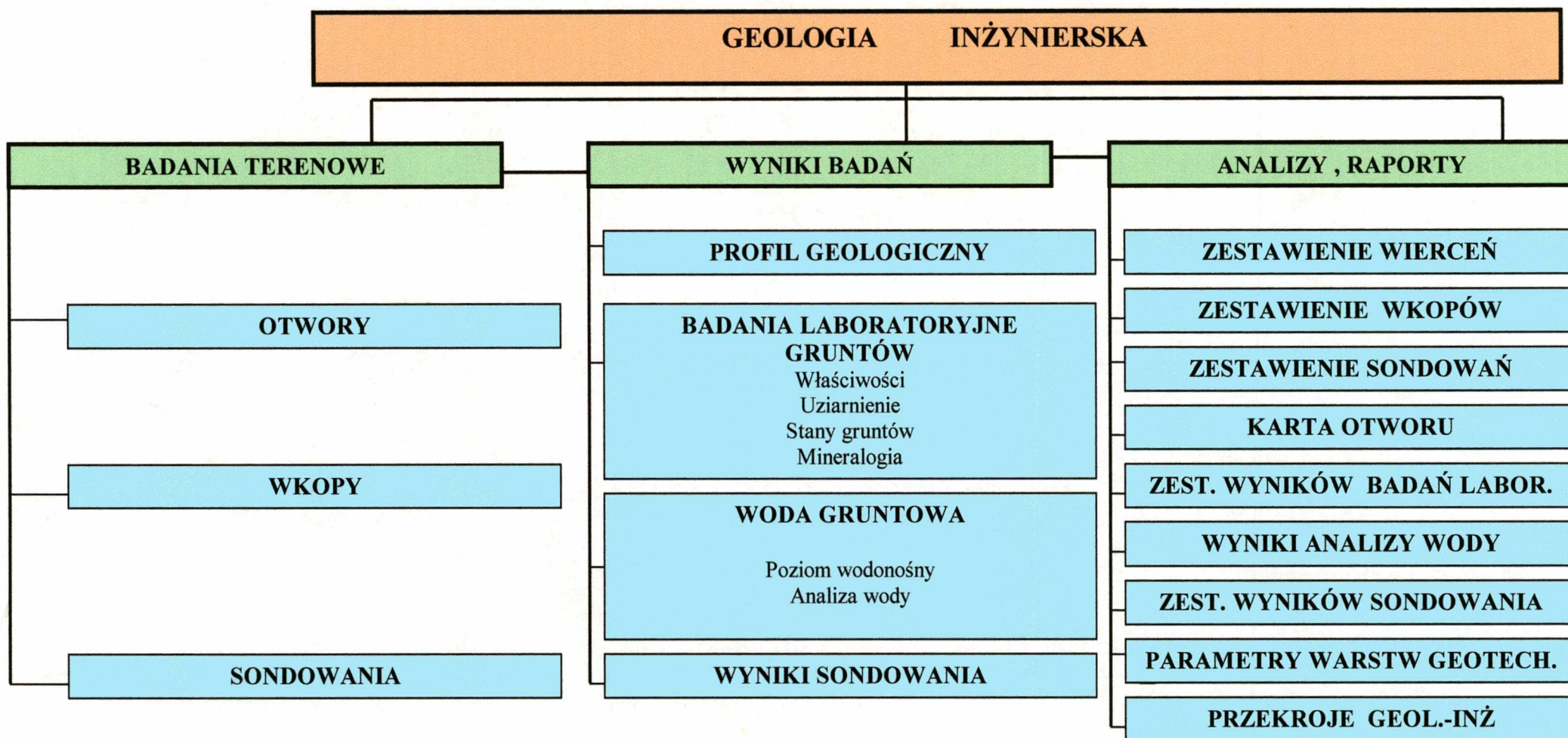
Grafika opracowana została na platformie MicroStation.

Zbudowana baza danych jest tzw. elastycznym typem bazy i dzięki temu cechuje się dużą użytecznością, również w sytuacjach, gdy zakres i kryteria analizowanej informacji stale się zmieniają lub zwiększają się w toku prowadzonych badań i nie można ich z góry przewidzieć w trakcie definiowania struktury danych.

Zbudowana baza danych umożliwia wykonanie wielu operacji, scharakteryzowanych przez Wernera [124] jako:

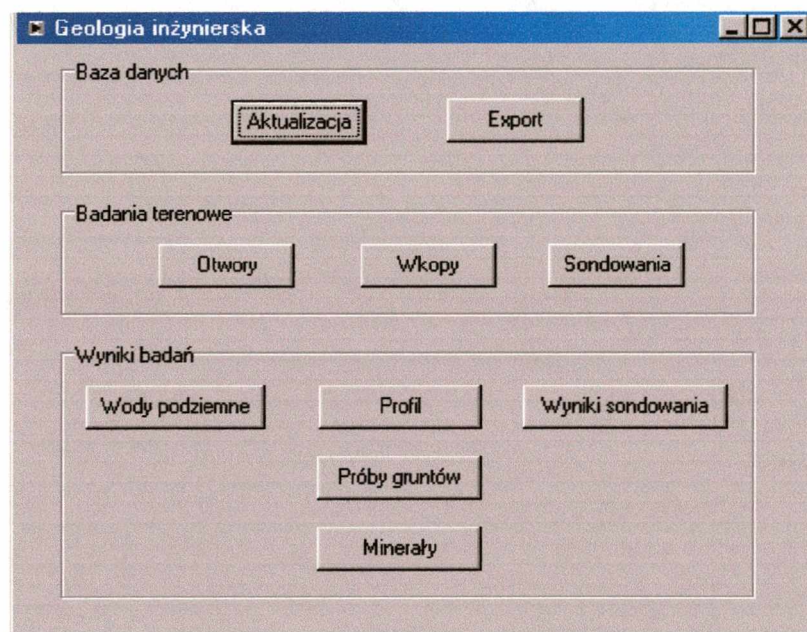
- 1) wprowadzanie i aktualizacja informacji w polach rekordów,
- 2) sortowanie i porządkowanie danych według określonych kluczy,
- 3) wyszukiwanie rekordów lub pól, których dane spełniają określone warunki,
- 4) wyszukiwanie i zmianę informacji w polach spełniających określone warunki,
- 5) przeglądanie tablic,
- 6) łączenie pól w rekordach jednej lub więcej relacji i tworzenie nowych, jak również łączenie całych relacji.

Rys. 6. Schemat przedstawiający zakres bazy danych „Geologia inżynierska”

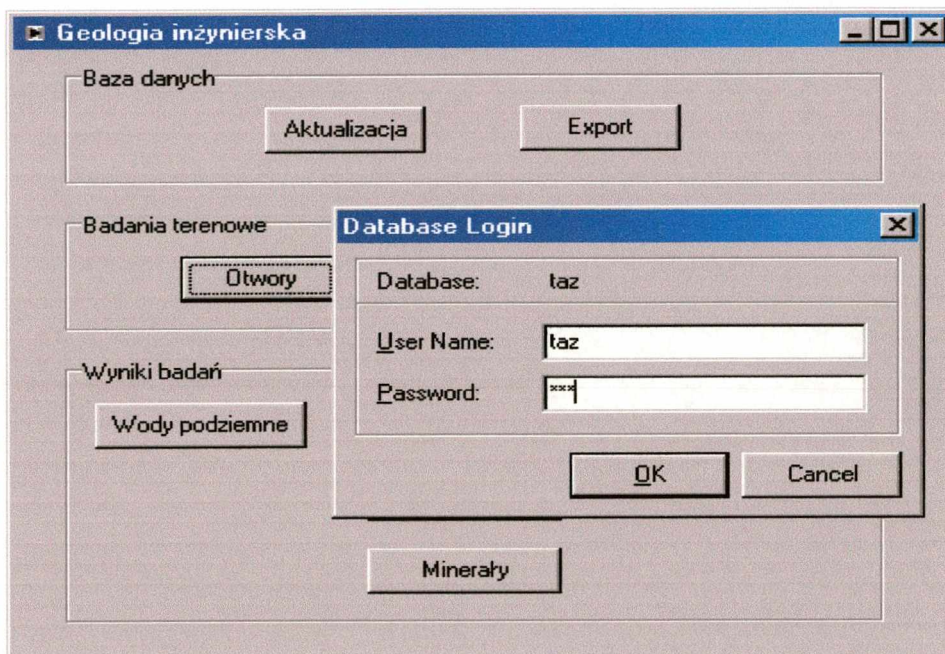


6.3. Wprowadzanie danych

Baza danych *GEOLOGIA INŻYNIERSKA* umożliwia wprowadzanie, aktualizację, eksportowanie danych, dotyczących przeprowadzonych badań terenowych oraz wyników badań makroskopowych i laboratoryjnych gruntów i wody oraz generowanie raportów i analiz (rys 7). Wprowadzenie danych wymaga połączenia się z bazą danych i z poszczególnymi tablicami tematycznymi. Ponieważ dane zostały w bazie danych zabezpieczone, dlatego wejście do niej poprzedzone musi być wprowadzeniem hasła (rys.8).



Rys. 7. Okno graficzne przedstawiające główne menu bazy danych *Geologia inżynierska*.



Rys. 8. Okno graficzne przedstawiające ukazującą się formatkę do wpisania hasła - zabezpieczenia bazy danych.

Rys. 9. Okno graficzne umożliwiające wpisywanie ogólnych danych, dotyczących otworów geologicznych.

Pracę z danymi rozpoczyna się od wprowadzenia informacji ogólnych do kolejnych tematycznych tablic, dotyczących przeprowadzonych badań terenowych, tj. wiercen geologicznych, wkopów i sondowań (rys. 10). Informacje te dotyczą:

- numeru wiercenia, sondowania, wkopu
- współrzędnych lokalizacji wiercenia, sondowania, wkopu
- głębokości badania
- daty badania
- zleceniodawcy
- wykonawcy
- lokalizacji i rodzaju badanego obiektu
- systemu i rodzaju wiercenia
- rodzaju i typu sondowania
- typu pobranych prób gruntów i wody
- rodzaju wykonanych badań.

The screenshot shows a software window titled "Wyniki badań - profil". At the top, there is a table with columns: "Otwór", "Numer", "X", "Y", and "typ". The first row contains the values: "10", "27608,1869", "45219,1149", and "OTWORY". Below the table, there are two tabs: "Profil geologiczny" (selected) and "Próby gruntów". The "Profil geologiczny" tab contains several input fields: "Numer warstwy geol.-inż." (empty), "Przelot od" (0) and "do" (0.3), "Nazwa gruntu" (piasek średni) with a dropdown arrow, a "+" button, and "Symbol" (Ps) with a dropdown arrow. Below these are fields for "Opis" (empty), "Barwa warstwy" (żółto-czerwona), "Stan gruntu określony makroskopowo" (empty dropdown), and "Zawartość CaCO3" (empty dropdown).

Rys.10. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących profilu geologicznego dla poszczególnych otworów lub wkopów.

Wprowadzanie danych ułatwione jest przez pokazujący się na ekranie monitora gotowy schemat z odpowiednimi polami do zaznaczania „myszą” lub propozycjami wyrażen (odpowiedzi) do wyboru z załączonych słowników.

Po uzupełnieniu informacji ogólnych, przystępuje się do wypełniania zasobów bazy związanych z uzyskanymi wynikami badań. Do każdego wiercenia przyporządkowany jest profil geologiczny (rys. 10). Każdemu przelotowi w otworze przyporządkowuje się: nazwę gruntu (np. piasek gliniasty) wraz z symbolem gruntu (np. Pg), opisem, barwą, makroskopowo określonym stanem gruntu, zawartością CaCO_3 . Dużym ułatwieniem są tutaj załączone słowniki, np. z nazwami normowymi gruntów, pozwalające wpisać odpowiednią nazwę, poprzez zaznaczenie wyrażenia w słowniku (rys. 11.).

Wyniki badań - profil

Otwór Numer X Y typ
10 27608,1869 45219,1149 OTWORY

Profil geologiczny | Próby gruntów

Numer warstwy geol.-inż.

Przelot od do

Nazwa gruntu + Symbol

Opis

Barwa warstwy

Stan gruntu ok

Zawartość CaCO_3

pył piaszczysty
rumosz
rumosz gliniasty
skała miękka

Rys.11. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych z zamieszczonym słownikiem nazw gruntów.

W przypadku, gdy w tym samym przelocie występuje więcej niż jeden rodzaj gruntu, np. występują przewarstwienia piasku gliniastego i gliny (Pg/G), wystarczy wybrać ze słownika nazwę „piasek gliniasty”, następnie symbol „+” i nazwę „glina”. Stan gruntu i zawartość CaCO_3 oznaczone makroskopowo również zaznacza się poprzez wybór ze słowników, co jest bardzo dużym ułatwieniem i oszczędnością czasu. Tablica „Profil geologiczny” umożliwia również przeglądanie numerów pobranych prób gruntów oraz głębokości i sposobu ich pobrania w każdej wydzielonej w otworze warstwie gruntu (rys.10). Kolejna tablica „Wyniki badań laboratoryjnych - próby gruntu” umożliwia wpisanie do bazy danych informacji na temat właściwości prób gruntów pobranych w otworze. Tablica ta podzielona jest na trzy części :

- 1) „właściwości” (rys.12.) – możliwość wpisania nazwy gruntu, wilgotności naturalnej, gęstości objętościowej, gęstości właściwej, kohezji, kąta tarcia wewnętrznego, zawartości CaCO_3 , współczynnika filtracji, zawartości części organicznych, innych właściwości,
- 2) „uziarnienie” (rys. 13) – możliwość wpisania zawartości udziału poszczególnych frakcji w procentach wagowych w próbie,
- 3) „stany gruntów” (rys.14) – możliwość wpisania W_L i W_P , I_D ; program automatycznie oblicza, na podstawie podanych w bazie danych kryteriów i wzorów (norm polskich) I_P i I_L , a także wykazuje opisowo spoistość, stan gruntów spoistych oraz stan gruntów sypkich.

Wyniki badań - próby gruntów

Otwór: Numer 10, X 27608,1869, Y 45219,1149, typ OTWORZY

Warstwa: Od 0 do 0,3

Właściwości | Uziarnienie | Stany gruntów

Numer otworu 10, Numer próby, Głębokość pobrania próby

Rodzaj próby, Nr warstwy geol. inż.

Nazwa gruntu w próbie: nasyp niekontrolowan, Symbol

Wilgotność naturalna W_n %, Współczynnik filtracji k 10 cm/s

Gęstość objętościowa ρ g/cm³, Gęstość właściwa ρ_s g/cm³

Kąt tarcia wewn. ϕ °, Kohezja c kPa

Zawartość CaCO₃

Zawartość części organicznych

Inne

Rys.12. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących właściwości geotechnicznych prób gruntów.

Wyniki badań - próby gruntów

Otwór: Numer 10, X 27608,1869, Y 45219,1149, typ OTWORZY

Warstwa: Od 0 do 0,3

Właściwości | Uziarnienie | Stany gruntów

Numer otworu 10, Numer próby, Głębokość pobrania próby

Rodzaj próby, Nr warstwy geol. inż.

Nazwa gruntu w próbie: nasyp niekontrolowan, Symbol

fr. ilowa <0.002 % wag. fr. pyłowa 0.002-0.05 % wag.
fr. ilowa i pyłowa łącznie <0.05 % wag.

fr. piaszkowa 0.05-0.25 % wag. 0.25-0.5 % wag. 0.5-2.0 % wag.

fr. żwirowa 2.0-8.0 % wag. 8.0-20 % wag. 20-40 % wag.

fr. kamienista 40-100 % wag. >100 % wag.
fr. żwirowa i kamienista łącznie >2.0 % wag.

Rys.13. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących uziarnienia gruntów.

Wyniki badań - próby gruntów

Otwór: Numer X Y typ

Warstwa: Od do

Właściwości | Uziarnienie | **Stany gruntów**

Numer otworu Numer próby Głębokość pobrania próby

Rodzaj próby Nr warstwy geol.inż.

Nazwa gruntu w próbce + Symbol

Wilgotność naturalna W_n % W_L % W_p %

I_p % Spoistość

I_L Stan gruntów spoistych

I_d Stan gruntów sypkich

Rys. 14. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących konsystencji gruntów spoistych i zagęszczenia gruntów sypkich.

Wyniki badań - wody podziemne

Otwór: Numer X Y typ

Poziom wodonośny | **Analiza wody - I poziom** | Analiza wody - II poziom

Data badania

I poziom wodonośny

Głębokość wody - zwierciadło
nawiercone m ustalone m sączenie m

Próba wody
głębokość m numer

II poziom wodonośny

Głębokość wody - zwierciadło
nawiercone m ustalone m sączenie m

Próba wody
głębokość m numer

Rys.15. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących poziomów wodonośnych.

Rys.16. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących wyników laboratoryjnych wody dla próby niefiltrowanej.

Informacje dotyczące wód podziemnych wpisuje się w tablicy „Wyniki badań – wody gruntowe” (rys.15). Każdemu otworowi geologicznemu przyporządkowane są informacje podzielone w tej tablicy na trzy główne części:

- 1) „Poziom wodonośny”- odpowiedniemu poziomowi wodonośnemu (w otworze może być więcej niż jeden poziom) przypisuje się głębokość p.p.t. zwierciadła nawierconego, ustalonego, a także sączenia, wpisuje się również numer próby wody pobranej do badań i głębokość, z której próba została pobrana.
- 2) „Analiza wody – I poziom” (rys.15) – oprócz ogólnych wiadomości (wykonawca badań, temperatura wody), każdemu numerowi próby przyporządkowane są wyniki badań, które podzielono na cztery grupy : „próba niefiltrowana” (rys.16), „próba filtrowana” (rys.17), „kationy” (rys. 18), „aniony” (rys 19);
- 3) „Analiza wody – II poziom” – jeżeli w otworze występuje kolejny (głębszy) poziom wodonośny - wyniki badań wpisywane są analogicznie, jak dla poziomu pierwszego.

Wyniki badań - wody podziemne

Otwór Numer X Y typ
P1 27502,7531 45291,2405 OTWÓRY

Poziom wodonośny Analiza wody - I poziom Analiza wody - II poziom

Numer próby wody Głębokość pobrania m
Wykonawca Temperatura wody °C

Próba niefiltrowana Próba filtrowana Kationy Aniony

Odczyn pH

Zasadowość mval/l Twardość całkowita °n
a) wobec fenoltakienu "p" mval/l Twardość węglanowa °n
b) wobec metyloranżu "n" mval/l Twardość niewęglanowa °n
Zawartość CO₂ wolnego mg/l Utlenialność (zuż. KMnO₄) mg/l
Zawartość CO₂ agresywnego mg/l Zawartość H₂S mg/l
Zawartość CO₂ związanego mg/l Zawartość SiO₂ mg/l

Rys.17. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących wyników laboratoryjnych wody dla próby filtrowanej.

Wyniki badań - wody podziemne

Otwór Numer X Y typ
P1 27502,7531 45291,2405 OTWÓRY

Poziom wodonośny Analiza wody - I poziom Analiza wody - II poziom

Numer próby wody Głębokość pobrania m
Wykonawca Temperatura wody °C

Próba niefiltrowana Próba filtrowana Kationy Aniony

Wapń (Ca²⁺) mg/l
Magnez (Mg²⁺) mg/l
Żelazo (Fe³⁺) mg/l
Mangan (Mn²⁺) mg/l
Sód i Potas (Na + K) mg/l

Rys.18. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących wyników laboratoryjnych wody - kationy.

Wyniki badań - wody podziemne

Otwór: Numer X Y typ

Poziom wodonośny:

Numer próby wody Głębokość pobrania m

Wykonawca Temperatura wody °C

Próba niefiltrowana | Próba filtrowana | Kationy | **Aniony**

Kwaśne węglany (HCO_3^-) mg/l mg/l

Siarczany (SO_4^{2-}) mg/l mg/l

Chlorki (Cl^-) mg/l mg/l

Krzemiany (SiO_2) mg/l mg/l

Pozostałość po odparowaniu mg/l

Pozostałość po prażeniu mg/l

Strata podczas prażenia mg/l

Rys.19. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących wyników laboratoryjnych wody – aniony.

Wyniki badań - minerały

Otwór: Numer X Y

Próba: Numer próby Nazwa gruntu

NUMER	NAZWA	PROCENT_ZAWARTOSCI	UWAGI
249	kwarc	30	
250	plagioklaz	20	

Edycja minerału

Numer

Nazwa minerału

% zawartości

Uwagi

amfibol
chloryt
dolomit
gips
ililit
kalcyt
kaolinit
kwarc

Rys.20. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących składu mineralogicznego gruntów.

Następnym elementem bazy danych jest tablica „wyniki sondowania”. Wpisuje się w niej wartości stopnia zagęszczenia I_D dla poszczególnych sondowań, przyporządkowane kolejnym warstwom sondowanego gruntu. Na podstawie stopnia zagęszczenia wpisywanego do bazy danych, program automatycznie przypisuje poszczególnym warstwom gruntu stan zagęszczenia (stan luźny, średnio zagęszczony, zagęszczony, bardzo zagęszczony).

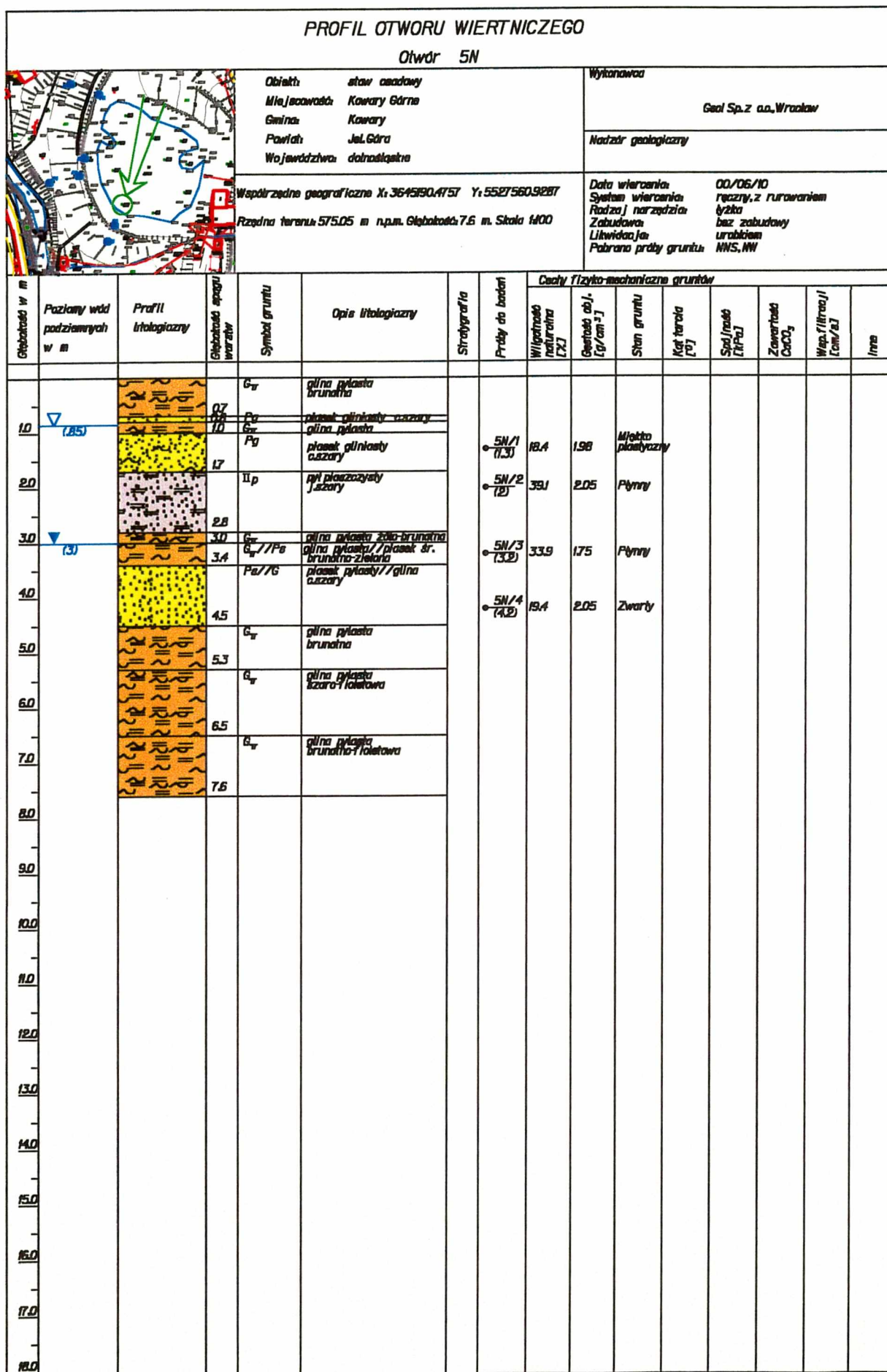
W bazie danych znajduje się też tablica „minerały”. Służy ona do wpisywania wyników badań laboratoryjnych składu mineralnego prób gruntów (rys. 20). Dla rozpatrywanej próby gruntu wybiera się ze słownika nazwy kolejnych minerałów, których obecność stwierdzono w trakcie badań laboratoryjnych oraz wpisuje ich procentową zawartość w próbce.

7. Aplikacja *GEOLOGIA*

Aplikacja *GEOLOGIA* jest narzędziem specjalnie zaprojektowanym i zaimplementowanym w bazie danych, umożliwiającym wykonywanie analiz graficznych i opisowych. Napisana została w języku MDL (MicroStation Development Language). Komunikuje się z bazą Oracle za pomocą wbudowanego (dedykowanego) w MicroStation sterownika. Aplikacja ta wywoływana jest komendą : „mdl_1_geologia” i pozwala na łączenie się z bazą danych, a następnie na podstawie informacji zawartych w bazie, wykonywanie analiz graficznych i generowanie następujących dokumentów:

- a. mapy z miejscami badań terenowych (otworów wiertniczych, wkopów, sondowań), zlokalizowanych według współrzędnych x,y,z (przedstawionej w rozdz.4.2., str.24, rys. 2),
- b. karty otworu wiertniczego, zawierającej informacje ogólne o wierceniu, profil wiercenia (grunty) wraz z zaznaczonymi miejscami i numerami pobranych prób gruntów oraz tabelaryczne zestawienie podstawowych właściwości gruntów (rys. 21, 22),
- c. przekroju geologicznego wzdłuż zadanej linii przekrojowej (rys. 23).

Kartę otworu generuje się poprzez wskazanie myszą na mapie wybranego otworu, a przekrój geologiczny generuje się przez wskazanie myszą na mapie dowolnych otworów wiertniczych, przez które ma przechodzić linia przekrojowa.



Rys.21. Przykład karty otworu geologicznego generowanej z bazy danych dzięki aplikacji *Geologia* wykonanego w okresie VII 2000 r.

PROFIL OTWORU WIERTNICZEGO

Otwór 14



Obiekt: staw osadowy
Miejscowość: Kawary Górne
Gmina: Kawary
Powiat: Jel. Góra
Województwo: dolnośląskie

Wykonawca

Wiertex S.A., Legnica

Nadzór geologiczny

Współrzędne geograficzne X: 3645296.5066 Y: 5527604.244
Rzędna terenu: 574.9 m n.p.m. Głębokość: 17 m. Skala 1:

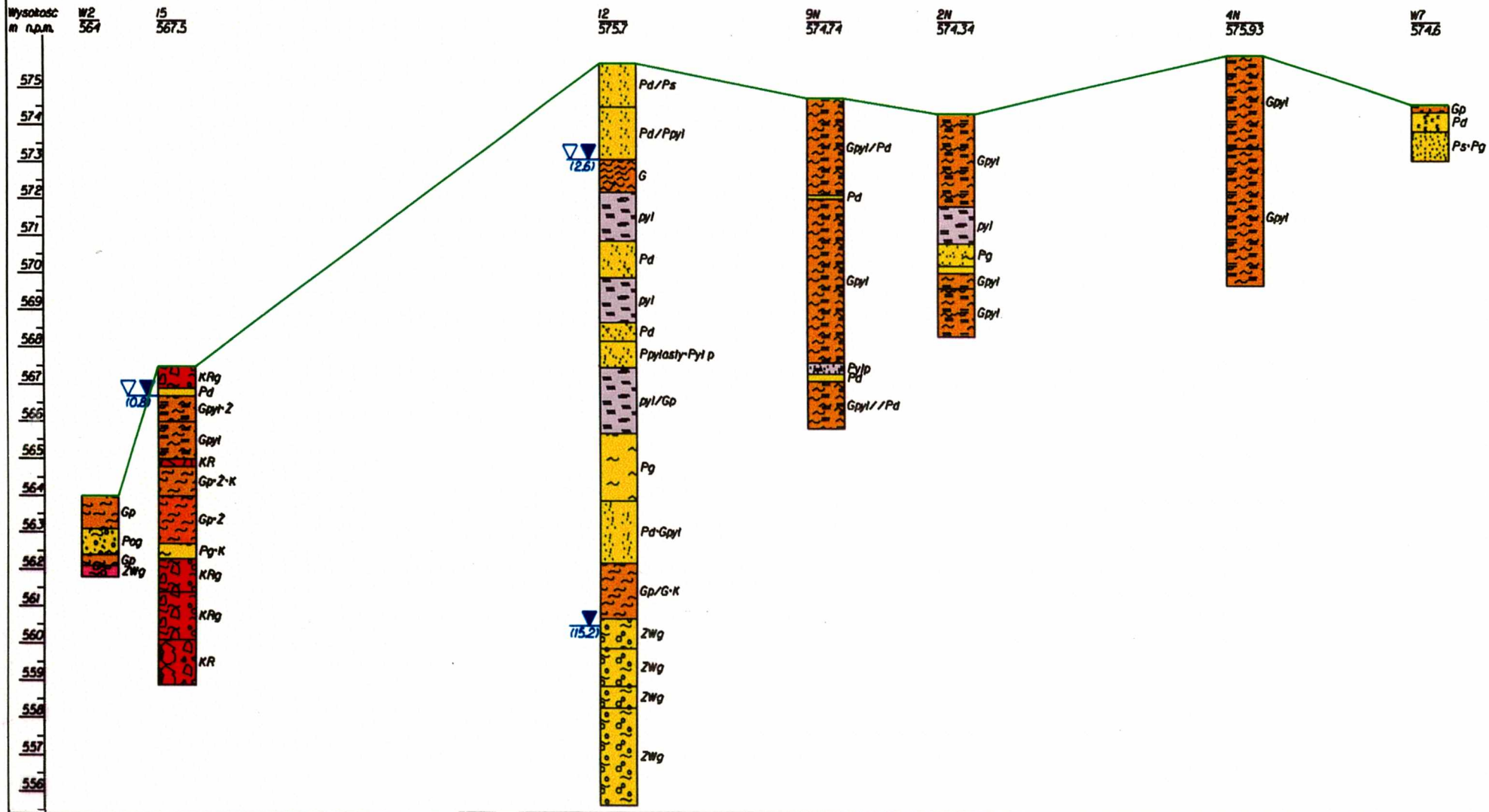
Data wiercenia: 99/10/08
System wiercenia: mechaniczny, z rurawaniem, z płuc2
Rodzaj narzędzia: łyżka, spirala, dłuto
Zabudowa: bez zabudowy urobkiem
Likwidacja:
Pobrano próby gruntu: NW

Głębokość w m	Poziomy wód podziemnych w m	Profil litologiczny	Głębokość spągu warstw	Symbol gruntu	Opis litologiczny	Stratygrafia	Próby do badań	Cechy fizyko-mechaniczne gruntów							
								Wilgotność naturalna [%]	Gęstość obj. [g/cm ³]	Stan gruntu	Kąt tarcia [°]	Spójność [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Wsp. filtracji [cm/s]	Inne
1.0				Pd/Ps	piasek drobny, piasek średni c.żółta		14/1 (1)	16.9	1.42				<1%		
2.0															
3.0			3				14/2 (3)	17.8	1.59		35	0	<1%	3.63	
4.0			3.5	P _π	piasek pylisty c.żółta										
4.0			4.2	Ps	piasek średni c.żółta		14/3 (4)	14.2	1.47		41.5	0	<1%	3.75	
5.0			5	Ps	piasek średni c.żółty										
5.0			5.6	Ps	piasek średni c.brązowy		14/4 (5)	23.5	1.53				<1%		
6.0			5.6	Ps	piasek średni c.brązowy		14/5 (5.4)	23.5	1.53				<1%		
6.0			6.2	Il p / P _π	pył piaszczysty, piasek pylisty żółta-szara		14/6 (5.8)	44.9	1.74				<1%		
7.0			6.8	G _π	głina pylistą c.żółta		14/7 (6.4)	74.7	1.55	Płynny	28	0	<1%	4.87	
8.0			7.6	Z	żwir c.żółty										
8.0			8.6	P _π	piasek pylisty szaro-żółty		14/8 (7.5)	20.8	1.8				<1%		
9.0	(8.5)		9	Pd	piasek drobny szaro-żółty		14/9 (8.4)	23.9	1.81		34	0	<1%	3.35	
10.0	(9.7)			Gp-K	głina piaszczysta, kamienie c.brązowa		14/10 (8.9)	24	1.79				<1%		
11.0	(10.8)		10.6				14/11 (9.5)	22.5	1.94				<1%		
11.0			10.8	Pg	piasek gliniasty		14/12 (10.4)	20.6	1.97				<1%		
12.0			11.6	ZWg	wielżelina gliniasta brązowa		14/13 (11)	18.2	2.05	Miętko plastyczny	25	75	<1%	2.85	
13.0			12.8	ZWg	wielżelina gliniasta c.żółta		14/14 (12.4)	17.9	2.08				<1%		
14.0															
15.0			14.8	ZWg	wielżelina gliniasta brązowa		14/15 (14)	15.5	2.11	Miętko plastyczny	34	0	<1%	4.26	
16.0			15.5	ZW	wielżelina szaro-brązowa		14/16 (14.7)	11.4	2.07				<1%		
17.0			17				14/17 (15)	14.9	2.12				<1%		
18.0							14/18 (16.2)	4.2							
			17.5		skała twarda		14/19 (17)	3.7			31	0			

Rys. 22. Przykład karty otworu geologicznego generowanej z bazy danych dzięki aplikacji *Geologia*

PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY

Skala 1:100/1000



8. Numeryczny Model Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT)

Ważnym elementem analiz w systemie typu GIS jest wykorzystanie transformacji danych punktowych w trójwymiarowy model terenu. Do utworzenia NMBGT wykorzystano dane ciągłe, czyli trójwymiarowe dane opisujące powierzchnię. Charakteryzują się tym, że są określone przez trzy współrzędne – „x, y, z”, gdzie „x, y” określają lokalizację punktu na płaszczyźnie, a „z” – wartość mierzonej zmiennej. Wykorzystując w procesie analizy przestrzennej dane z terenu badań zbudowano najpierw numeryczny model terenu (Digital Terrain Model), zgodnie z przyjętymi zasadami tworzenia DTM. Definiowany on jest jako punktowa reprezentacja powierzchni terenu wraz z algorytmem interpolacyjnym [126]. Prace związane z jego budową oparto o środowisko MicroStation. Następnie, wykorzystując procedury DTM, które służą nie tylko do modelowania ukształtowania powierzchni terenu, ale również do modelowania jakiegokolwiek powierzchni, przystąpiono do modelowania budowy geologicznej terenu.

Źródłem danych do wykonania DTM, przedstawiającego ukształtowanie terenu, były: mapa rastrowa, mapa numeryczna oraz punkty wysokościowe z bezpośredniego pomiaru w terenie. Numeryczny model terenu wykonano strukturze trójkątnej (rys. 24.).

Cyfrowy model terenu wykonany w strukturze trójkątnej zawiera wszystkie charakterystyczne punkty modelowanej powierzchni, dzięki czemu lepsze jest i bardziej wierne odwzorowanie morfologii. Sieć nieregularnych trójkątów opartych wierzchołkami o punkty kontrolne (TIN – Triangulated Irregular Network) utworzona została w wyniku zastosowania *algorytmu triangulacji Delaunaya*. W technice tej, zapewniającej konstrukcję optymalnej sieci trójkątów, przyjmuje się, że trójkąty mają możliwie najkrótsze boki, przy możliwie największych kątach [56]. Sieć TIN stanowi topologiczny wektorowy model danych, w którym każdy z trójkątów stanowi oddzielny obiekt i ma swój numer. Wierzchołki trójkątów pełnią rolę węzłów w tej strukturze, opisanych przez współrzędne x, y oraz wartość z. Model ten daje duże możliwości dzięki tablicy topologicznej trójkątów (każdemu trójkątowi przypisane są jego węzły i numery trójkątów z nim sąsiadujących), a także tablicy atrybutowej z informacjami o każdym trójkącie tej struktury [109]. Najważniejszym krokiem w tworzeniu Numerycznego Modelu Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT) było wprowadzenie do modelu następujących elementów:

- granicznych powierzchni warstw geologiczno-inżynierskich,
- powierzchni zwierciadła wody gruntowej,

- wartości mocy dawki promieniowania gamma, wprowadzonych na podstawie pomiarów z 1999 [127].

Podczas budowy przestrzennego modelu DTM oraz NMBGT i 9. Stwierdzono, że przekroje geologiczno-inżynierskie uzyskiwane na podstawie zasobów bazy danych, przy zastosowaniu aplikacji *GEOLOGIA* są relatywnie dobrym narzędziem analizy budowy geologicznej środowiska nienaruszonego, natomiast dla odtworzenia budowy geologicznej utworów antropogenicznych nie są wystarczające. Są natomiast ważnym i niezbędnym elementem rozpoznania wstępnego. Bez nich dalsze kroki rozpoznania szczegółowego byłyby niemożliwe. Wprowadzania do niego wszystkich modelowanych powierzchni określono warunki brzegowe: tzw. eksterior, czyli granicę zewnętrzną terenu objętego modelowaniem oraz - przy modelowaniu powierzchni promieniowania jonizującego - tzw. interior. Jest on ograniczeniem wewnątrz obszaru modelowania, obejmującym niekiedy stawu osadowego, w której nie były robione pomiary natężenia promieniowania. Uniknięto w ten sposób błędów, wynikających z ekstrapolacji wyników pomiarów na terenie nie objętym badaniami. W rezultacie uzyskano przestrzenny obraz budowy geologicznej, przedstawiający układ warstw geologiczno-inżynierskich i ukształtowanie zwierciadła wody gruntowej oraz skorelowaną z nimi powierzchnię określającą zmienność natężenia promieniowania gamma. Dzięki temu stało się możliwe przeprowadzenie analizy budowy geologicznej w dowolnym punkcie terenu, a także analizy wzdłuż zadanej, dowolnej linii przekrojowej. Tworzenie przestrzennego modelu budowy geologicznej (NMBGT) było przedsięwzięciem dużo bardziej skomplikowanym niż tworzenie tylko modelu powierzchni terenu (DTM). Złożoność procesu tworzenia NMBGT polegała na tym, że:

- Sieć geologicznych punktów badawczych w terenie (wiercenia, wkopy, sondowania) była niewspółmiernie rzadsza od sieci geodezyjnych punktów pomiarowych wysokości powierzchni terenu.
- Poszczególne, wydzielone wcześniej warstwy geologiczno-inżynierskie nie były rozprzestrzenione równomiernie, nie miały jednakowej grubości, nie zalegały na całym terenie w sposób ciągły. Wykształcone były w postaci soczew o zmiennym zasięgu przestrzennym. Niejednorodność tę potęgowało dodatkowo antropogeniczne pochodzenie tych gruntów i specyfika z jaką one były wbudowywane w staw osadowy.
- W trakcie określania przestrzennego położenia stropów poszczególnych warstw, należało uwzględniać występowanie i ukształtowanie wprowadzanej również do modelu powierzchni zwierciadła wody gruntowej.

Stworzony model należało przetestować wzdłuż różnych linii przekrojowych w celu wyeliminowania błędów. Błędami było nakładanie się granic wydzielen lub nieodpowiednie ich przecinanie się w niektórych miejscach, zwłaszcza tam, gdzie otwory geologiczne były zlokalizowane w dużym oddaleniu od siebie. Czynności weryfikacyjne wymagały pewnego doświadczenia geologicznego, a także znajomości technologicznej genezy zdeponowanych gruntów.

9. Analiza danych i efekty zastosowania systemu GIS

Do czasu podjęcia niniejszej pracy, dane dotyczące rejonu kopalni „Wolność”, a w szczególności dotyczące obszaru stawu osadowego „Kowary” znajdowały się w różnych opracowaniach i w różnych miejscach. Dużym nakładem pracy zgromadzono te dane i dzięki opracowanemu systemowi typu GIS usystematyzowano je i stworzono możliwość ich analizy we wzajemnej relacji. Kluczowym rozwiązaniem okazało się zastosowanie wspólnej platformy graficznej MicroStation dla całego systemu, to znaczy dla mapy zasadniczej, aplikacji *GEOLOGIA*, Numerycznego Modelu Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT), map i przekrojów uzyskanych z NMBGT, itp.

9.1. Analiza budowy geologicznej

Na podstawie zebranych materiałów okazało się, że dla stanu środowiska w tym rejonie najistotniejsze znaczenie ma budowa geologiczna stawu osadowego i jego bezpośredniego otoczenia. Z budową geologiczną powiązane są zagrożenia, rozwój świata organicznego i możliwości rekultywacyjne. Dane uzyskane z materiałów archiwalnych i z przeprowadzonych nowych badań terenowych i laboratoryjnych wprowadzono do bazy danych *GEOLOGIA INŻYNIERSKA*.

Dzięki stworzonej bazie i aplikacji *GEOLOGIA* wygenerowano profile i przekroje geologicznych tego obszaru, które w rozumieniu GIS same są analizą, a jednocześnie stanowią materiał do dalszych analiz. Podczas analizy danych geologicznych, stwierdzono, że budowa geologiczna obszaru stawu osadowego odpadów pouranowych jest wyjątkowo skomplikowana. Klasyczne metody odtwarzania budowy geologicznej w oparciu o przekroje geologiczne okazały się interpretacją nie wystarczającą. W celu zobiektywizowania poglądu na temat budowy geologicznej zweryfikowano kryteria

wydziałów geologiczno-inżynierskich i opracowano Numeryczny Model Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT).

9.1.1. Przekroje geologiczne w klasycznym ujęciu wygenerowane dzięki aplikacji *GEOLOGIA*

Dzięki zasobom bazy danych oraz aplikacji *GEOLOGIA* powstała możliwość wygenerowania profili otworów wiertniczych z pełnymi danymi o każdym otworze lub bez tych danych, a także przekrojów geologicznych przechodzących przez zadane otwory wiertnicze, tak, jak to przewidują zasady klasycznej kartografii geologiczno-inżynierskiej. Generowanie przekrojów geologicznych z bazy danych polega na wydruku profili otworów wiertniczych wzdłuż żądanej linii przekrojowej, w zadanej skali pionowej i w odstępach według zadanej skali poziomej, z zachowaniem rzędnych topograficznych. Do przekrojów można także włączać (uwzględniać) wkopy. Łączenie gruntów w tzw. wydzielania geologiczne na przekroju pozostawione jest w gestii interpretatora, który dokonuje połączeń według przyjętych przez siebie kryteriów. Ponadto, interpretator wprowadza korekty przebiegu linii rzeźby terenu, dostosowując ją do sytuacji na mapie. Z tego właśnie powodu generowanie przekrojów ma charakter „półautomatyczny” (rys. 21, 22).

Wykonanie przekrojów geologiczno-inżynierskich wyżej wymienionym sposobem było jednym z ważnych elementów analizy. Dzięki wykonanym przekrojom uzyskano obraz przestrzenny budowy geologicznej, obejmującej podłoże stawu osadowego, obwałowania i osad zdeponowany w stawie osadowym.

Podłoże rodzime osadnika budują gnejsy i granity należące do jednostek geologicznych opisanych w rozdziale 5.3. Na nich zalega zwietrzelina gnejsu i granitu, częściowo kamienista o cechach rumoszu skalnego lub zwietrzelina gliniasta z ostrokrawędzistymi fragmentami granitów i gnejsów. Powyżej występują grunty antropogeniczne. Składają się one z przewarstwiających się nieregularnie gruntów spoistych i sypkich. Wśród gruntów spoistych najczęściej występują grunty, które pod względem uziarnienia i stanu odpowiadają glinie pylastej i glinie piaszczystej, przechodzące w wielu miejscach w piasek gliniasty. Często są one bardzo spoiste, w przeważającej części w stanie miękkoplastycznym, a w dnie niecki stawu osadowego

przechodzące w stan płynny. Grunty sypkie reprezentowane są przez piaski średnie, drobne i pyłaste, a także pospółki i rumosz skalny, z nieregularnymi przewarstwieniami glin i pyłów. Grunty sypkie wypełniające staw osadowy, jak wykazały sondowania, są najczęściej w stanie luźnym lub średnio zagęszczonym (zał.5)

Zasadniczą trudnością klasyfikacji poszczególnych gruntów było podobieństwo cech fizyko-mechanicznych gruntów naturalnych, stanowiących materiał konstrukcyjny stawu i gruntów sztucznych (technologicznych).

Analiza budowy geologicznej odtworzonej na podstawie przekrojów geologiczno-inżynierskich wykazała, że w rozważanym przypadku stawu osadowego, metodę tę można uznać za wystarczająco dokładną jedynie do określania przestrzennego zalegania skał krystalicznych podłoża stawu osadowego. Natomiast, na tej podstawie trudna do wyinterpretowania okazała się budowa geologiczna zapór ziemnych (obwałowań) i budowa geologiczna wypełnienia stawu. Zbyt duża jest dowolność korelacji poszczególnych gruntów. Tylko sporadycznie budowa przedstawiona na przekroju i budowa wynikająca z kartowania geologiczno-inżynierskiego były podobne. Przyczyny tego stanu rzeczy wiążą się z tym, że przekroje geologiczno-inżynierskie powstają w oparciu o dane odpowiadające rzeczywistości tylko punktowo, tzn. w miejscu wiercenia. Wiercenia natomiast oddalone są od siebie o kilkanaście lub kilkadziesiąt metrów.

Z kolei, analiza budowy geologicznej osadu w stawie osadowym dodatkowo utrudniona była obecnością dużej liczby cienkich przewarstwień, wykazujących wzajemne podobieństwo według jednych kryteriów i różnice według innych (uziarnienie, barwa, konsystencja). Właściwości zdeponowanych gruntów są funkcją technologicznego procesu powstawania odpadów, którymi grunty te *de facto* są. Ponadto, wpływ na anizotropię osadu miało ustawienie końcówki rurociągu zrzutowego (lutni) oraz umieszczenie w stawie innych przypadkowych odpadów, itp. Połączenia poszczególnych przewarstwień w warstwy geotechniczne okazywały się przy zastosowaniu jednych kryteriów sensowne (np. uziarnienia), a zupełnie bezsensowne przy zastosowaniu innych (np. stanu gruntów). W konsekwencji pomniejszał się przedział ufności do wyników dalszych analiz geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych, dla których podstawą były przekroje geologiczno-inżynierskie (kierunki migracji wody i zanieczyszczeń, stateczność osadnika, itp.). Przekonali się o tym również autorzy wcześniejszych opracowań [42], [51], [14]. Ostatecznie, należało znaleźć inne kryterium, które miałoby istotniejsze znaczenie z punktu widzenia wydzielenia geologiczno-inżynierskich i dalszych analiz.

Podsumowując, należy stwierdzić, że przekroje geologiczno-inżynierskie uzyskiwane na podstawie zasobów bazy danych, przy zastosowaniu aplikacji *GEOLOGIA* są relatywnie

dobrym narzędziem analizy budowy geologicznej środowiska nienaruszonego, natomiast dla odtworzenia budowy geologicznej utworów antropogenicznych nie są wystarczające. Są natomiast ważnym i niezbędnym elementem rozpoznania wstępnego. Bez nich dalsze kroki rozpoznania szczegółowego byłyby niemożliwe.

9.1.2. Wydzielenie warstw geologiczno-inżynierskich

Wydzielanie warstw geologiczno-inżynierskich jest postępowaniem o charakterze generalizacji (uśrednienia). Klasyczne, rutynowe metody wydzieleni oparte na podobieństwie cech geologicznych i właściwości fizyko-mechanicznych, w przypadku stawu osadowego „Kowary” nie zdały egzaminu. Okazało się, że grunty o podobnym uziarnieniu i podobnych właściwościach fizyko-mechanicznych w profilu pionowym, z bliżej nie określonych powodów, wykazywały zróżnicowanie składu mineralnego. Bywało też odwrotnie – grunty o tym samym składzie mineralnym wykazywały zróżnicowanie innych właściwości. Na podstawie przeprowadzonych analiz wywnioskowano, że do rozdziału gruntów na poszczególne warstwy należy wprowadzić jakieś dodatkowe kryterium. Kluczowym czynnikiem przy wydzieleniu warstw geologiczno-inżynierskich okazała się technologia wbudowywania gruntów w zapory oraz technologia wytwarzania odpadów i sposób ich deponowania w stawie. W związku z tym, jako nadrzędne kryterium podziału gruntów przyjęto etapy budowy i wypełniania osadnika, a w drugiej kolejności dopiero różnice właściwości geotechnicznych gruntów.

Wyróżniono trzy etapy budowy osadnika „Kowary” i cztery etapy wypełniania go. Gruntom, które swoją obecność zawdzięczają poszczególnym etapom przypisano oznaczenia I, II, III, IV, przy czym I jest etapem najstarszym, IV - najmłodszym. Grunty różniące się między sobą, a należące do tego samego etapu oznaczono literami a, b, c, d, e. W ten sposób uzyskano następujące wydzielenia:

I – pierwszy etap budowy i wypełniania osadnika

- I a – zaporą ziemno-kamienistą w przedziale wysokości 560 m npm – 570,5 m npm; zbudowana z rumoszu skalnego z wypełnieniem gliną piaszczystą; po stronie odwodnej (zapora i dno osadnika) zbudowana z gliny pylastej z kamieniami; podrzędnie – piasek pylasty i piasek średni.
- I b – osad pochodzący ze wzbogacania rudy uranowej, złożony głównie z piasków średnich, przechodzących w piaski drobne z wkładkami gliny pylastej.

- I c - osad pochodzący ze wzbogacania rudy uranowej, złożony głównie z pyłów i glin pylastych, z wkładkami piasku średniego i gliniastego.

II – drugi etap budowy i wypełniania osadnika

- ◆ II a – zapora ziemna w przedziale wysokości 570-574 m n.p.m., zbudowana głównie z frakcji odpowiadających piaskowi średniemu (Ps); powstała z przemieszczenia grubszych frakcji osadu I-go etapu i z namywania odpadu po płukaniu produkowanych kruszyw w II-gim etapie (tzw. lutnie ustawione na obwodzie korony zapory).
- ◆ II b – osad z procesu wzbogacania rudy; glina pylasta z małymi soczewkami piasku drobnego i pyłu
- ◆ II c – osad z procesu wzbogacania rudy i częściowo z procesów obróbki metali (np. osad pogalwaniczny); glina pylasta i pył w różnych proporcjach, przewarstwiające się z piaskiem o różnej granulacji - zwykle średnim i pylastym.

III – trzeci etap budowy i wypełnienia zbiornika

- III a – zapora ziemno-kamienista w przedziale wysokości 574 do 576,5 m. n.p.m.; kamienie (gruz skalny) z wypełnieniem gliniasto-piaszczystym i glina piaszczysta.
- III b, III c, III d – osad w przewodzie z procesów wzbogacania rudy i z procesów obróbki metali i osady ze ścieków bytowych; złożony z piasków pylastych i glin piaszczystych.
 - III b – glina pylasta zawierająca fragmenty pokruszonych skał i kamienie
 - III c – glina pylasta przewarstwiająca się z piaskiem gliniastym.
 - III d – piasek drobny przechodzący w piasek pylasty, z soczewkami piasków średnich.
- IIIe – osad z procesów wzbogacania rudy oraz grunty obwałowania z przemieszczenia osadów II etapu i częściowo z namywania; piasek drobny i piasek pylasty.

IV – czwarty etap wypełnienia zbiornika

- gruz skalny gliniasty, stanowiący dwie groble o kształcie półwyspów, zbudowane na obrzeżu niecki osadnika dla potrzeb wykonania wierceń geologicznych.

9.1.3. Generowanie raportów - statystyczna analiza wyników badań laboratoryjnych

Dla celów niniejszej pracy zgromadzono 2151 wyników badań laboratoryjnych gruntów, jak również ponad pięć tysięcy rekordów opisowych. Wszystkie dane wprowadzono do bazy danych *GEOLOGIA INŻYNIERSKA*, gdzie zostały posegregowane i usystematyzowane. Przygotowane w ten sposób dane stały się materiałem gotowym do prowadzenia tematycznych analiz. W niniejszej pracy skupiono się na analizie właściwości gruntów, wyróżniających dany grunt spośród innych i pozwalających przypisać go do określonej warstwy geologiczno-inżynierskiej. Analizę taką przeprowadzono dzięki zastosowanemu językowi zapytań SQL. Wyniki analiz generowane są z bazy danych automatycznie i przedstawiane w postaci następujących, tematycznych raportów:

- Zestawienie wyników badań laboratoryjnych (zał 6)
- Zestawienia badań konsystencji gruntów (zał.7)
- Zestawienia wyników badań składu granulometrycznego (zał.8)
- Zestawienia wyników składu mineralogicznego (zał.9)
- Zestawienia parametrów warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym (zał.10, 11, 12, 13)

Wszystkie wyniki badań laboratoryjnych prób gruntów, a także statystycznie obliczone ich wartości uśrednione, minimalne i maksymalne przyporządkowane zostały poszczególnym warstwom geologiczno-inżynierskim i są kolejnym krokiem szczegółowej charakterystyki budowy geologicznej rejonu stawu osadowego.

9.1.4. Przestrzenny model budowy geologicznej

Po przeprowadzonej wcześniej weryfikacji danych i po dokonaniu wydzielen warstw geologiczno-inżynierskich z uwzględnieniem etapów budowy i wypełnienia stawu

osadowego, przystąpiono do budowy przestrzennego modelu budowy geologicznej, nazwanego Numerycznym Modelem Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT).

Przedstawia on ukształtowanie powierzchni terenu, przestrzenny układ warstw geologiczno-inżynierskich i powierzchnię zwierciadła wód gruntowych. Dzięki właściwościom modelu elementy te można oglądać i analizować przestrzennie, w różnych perspektywach, zdejmować dowolne warstwy, rozpatrywać warstwy indywidualnie, bądź w dowolnych kombinacjach. Wykorzystując zasady tworzenia Numerycznego Modelu Terenu (DTM) wprowadzono dodatkowo powierzchnię przedstawiającą wartości mocy dawki promieniowania gamma. Ponadto, model ma jeszcze inną, cenną zaletę: uzyskać można z niego dowolną liczbę przekrojów geologiczno-inżynierskich, według dowolnie zadanej linii przekrojowej.

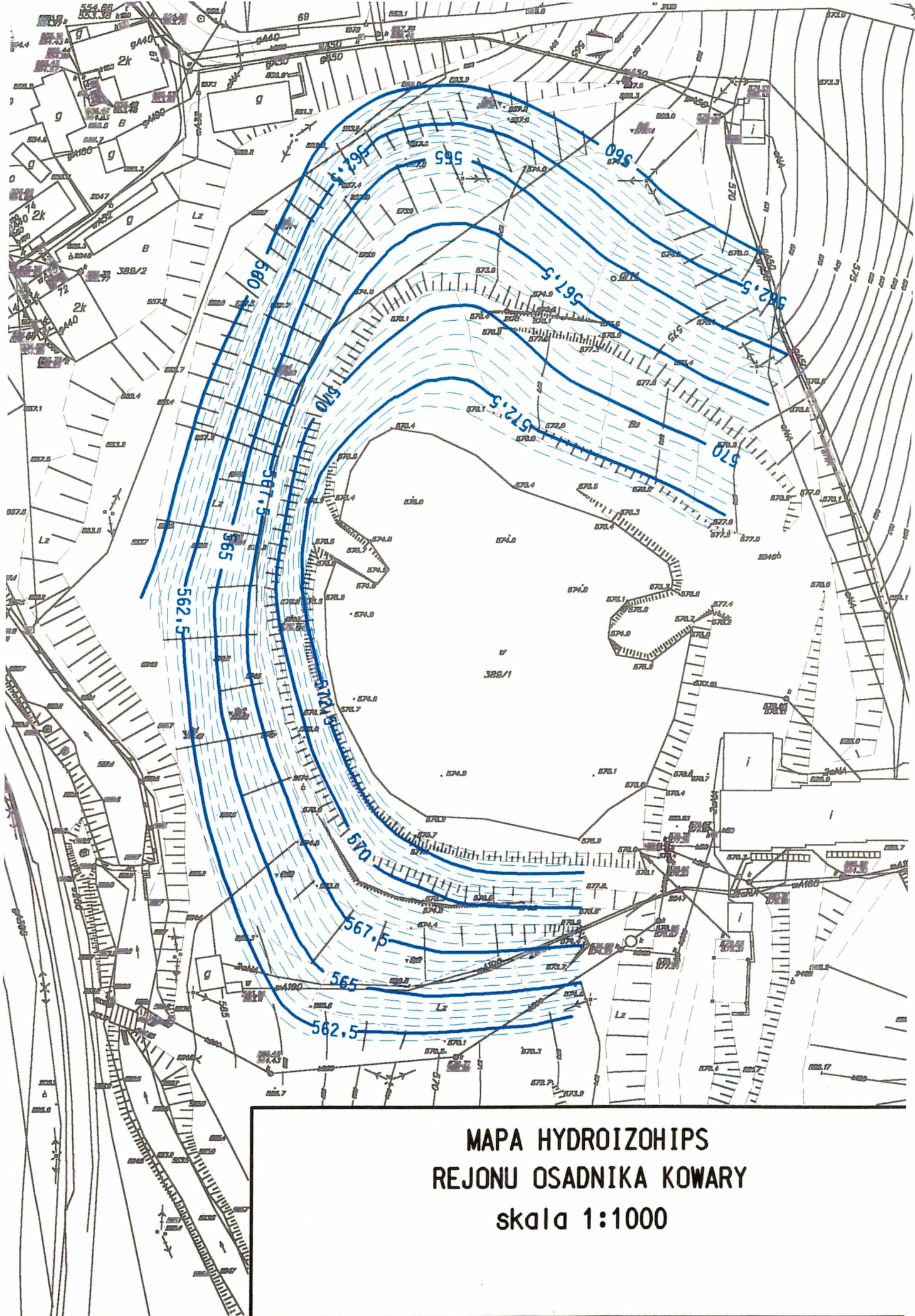
Wybraną sytuację przestrzenną można z modelu wygenerować w postaci odwzorowań na płaszczyźnie. Drukowanie następuje automatycznie po wywołaniu stosownej komendy. Dzięki modelowi i operacjom wykonywanym na nim uzyskuje się niemal natychmiast informacje o poszczególnych elementach budowy geologicznej terenu, z pominięciem całej żmudnej analizy danych, jak to bywa w metodzie klasycznej.

Efektem analiz przestrzennych danych środowiskowych i geologicznych rejonu stawu osadowego w Kowarach przy użyciu Numerycznego Modelu Terenu (DTM) i Numerycznego Modelu Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT) są:

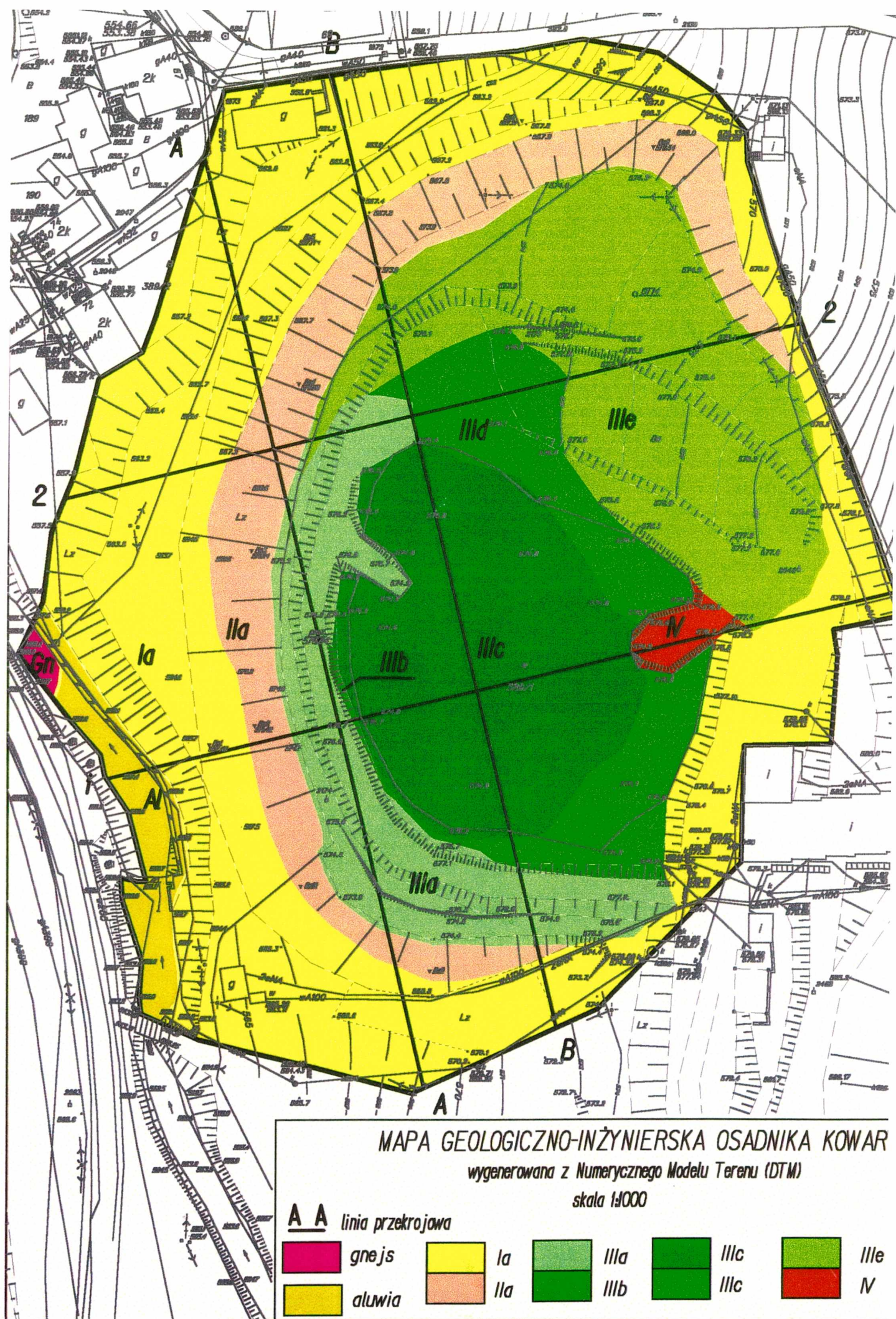
1. mapa poziomicowa ukształtowania powierzchni terenu (rys. 25)
2. mapa hydroizohips wód podziemnych (rys. 26)
3. izoliniowa mapa stropu skał krystalicznych podłoża stawu osadowego (granitów karkonoskich i metamorficznej osłony) (rys.27)
4. geologiczno-inżynierska mapa powierzchni terenu (rys. 28)
5. rzut perspektywiczny ukształtowania powierzchni terenu (rys. 29)
6. mapa mocy dawki promieniowania gamma (rys.30)
7. przekroje geologiczno-inżynierskie wraz z profilami mocy dawki promieniowania jonizującego (rys. 31, 32 ,33, 34)



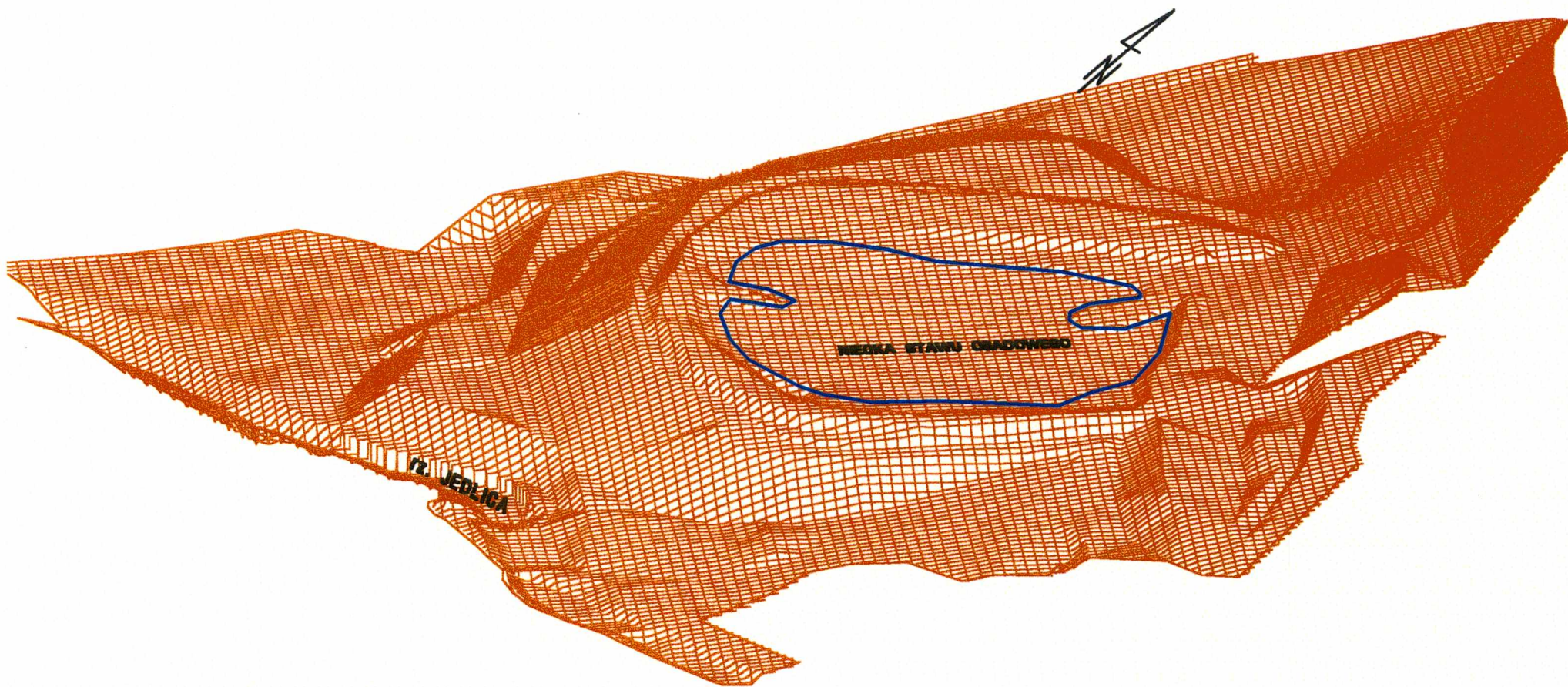
Rys. 25. Mapa ukształtowania powierzchni terenu stawu osadowego w Kowarach



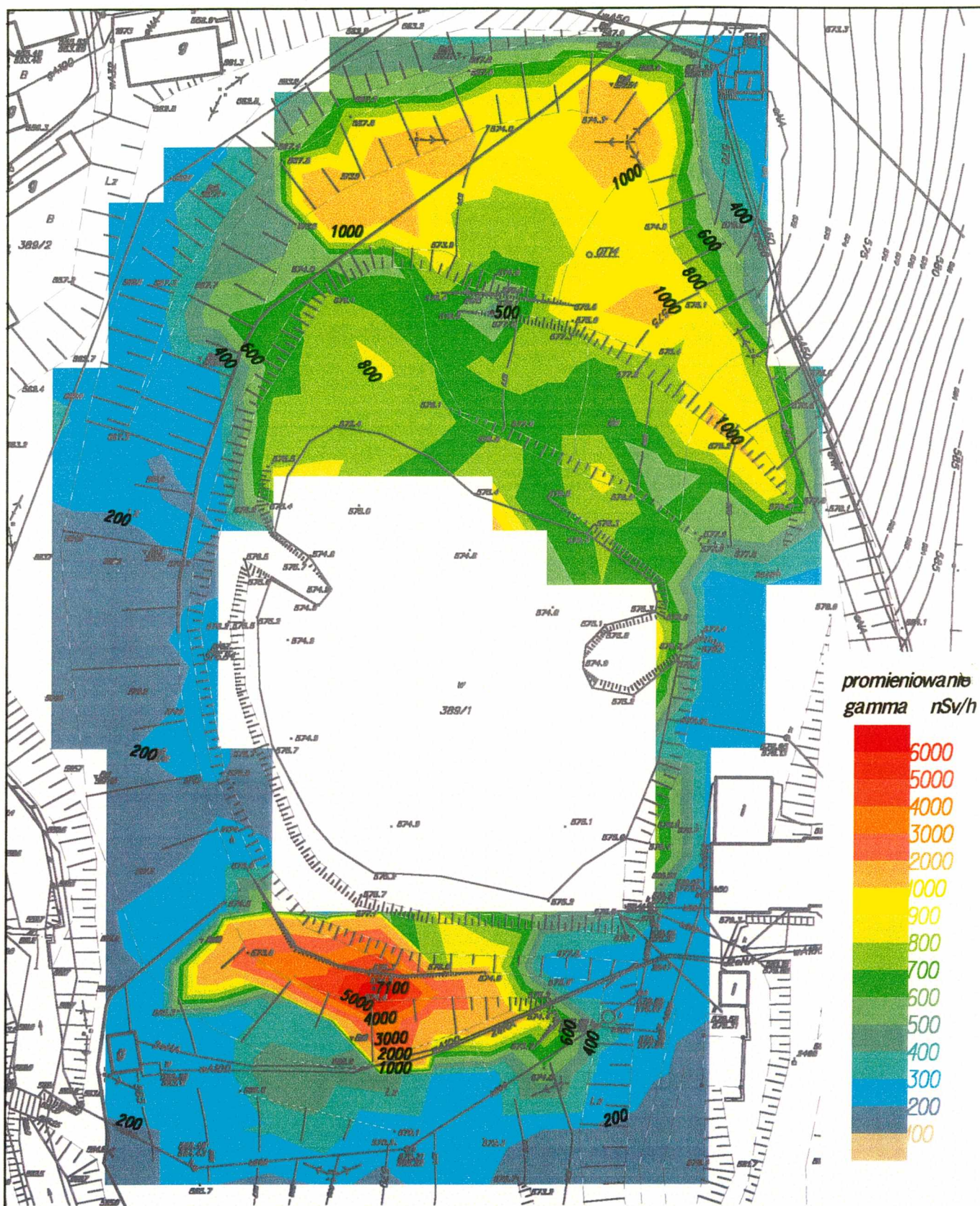
Rys. 26. Mapa hydroizohips rejonu stawu osadowego w Kowarach



Rys. 28. Mapa geologiczno-inżynierska wygenerowana z Numerycznego Modelu Terenu (DTM).



Rys.29. Rzut perspektywiczny ukształtowania powierzchni terenu rejonu stawu osadowego Kowary wygenerowana z Numerycznego Modelu Terenu (DTM).



MAPA MOCY DAWKI PROMIENIOWANIA GAMMA

STAW OSADOWY KOWARY

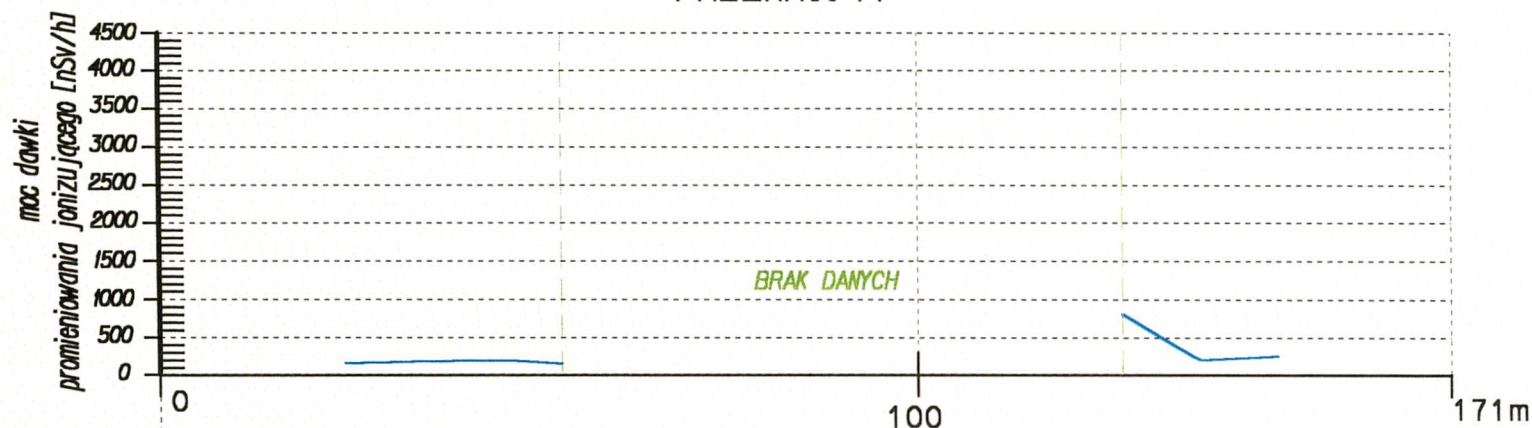
skala 1:1000

kwiecien 1999

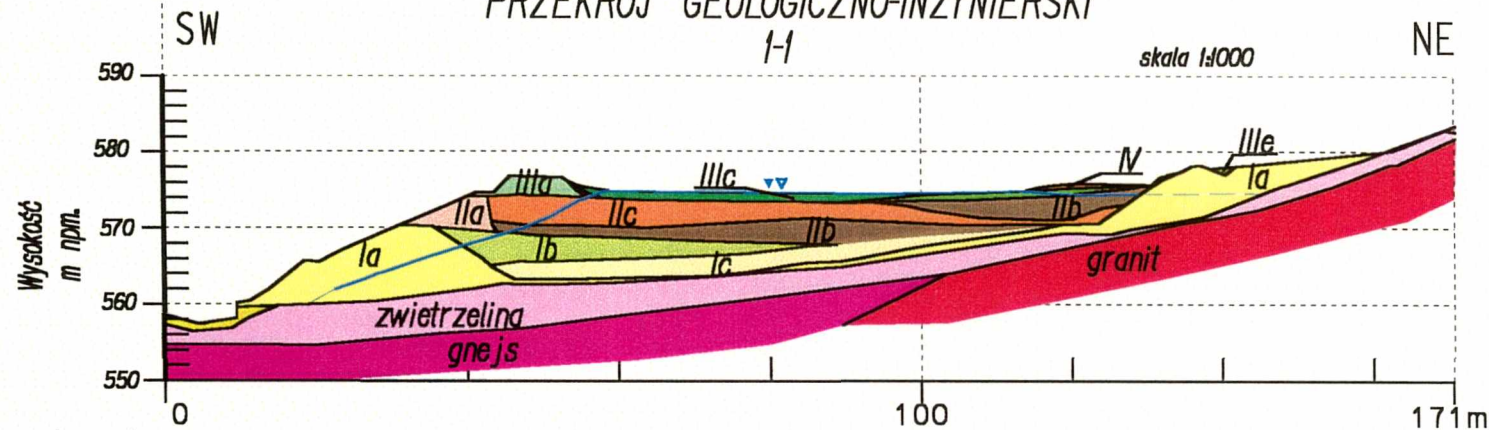
wykonano na podstawie pomiarów PAA

Rys. 30. Mapa mocy dawki promieniowania gamma wygenerowana z Numerycznego Modelu Terenu (DTM.)

PRZEKRÓJ 1-1



PRZEKRÓJ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI 1-1

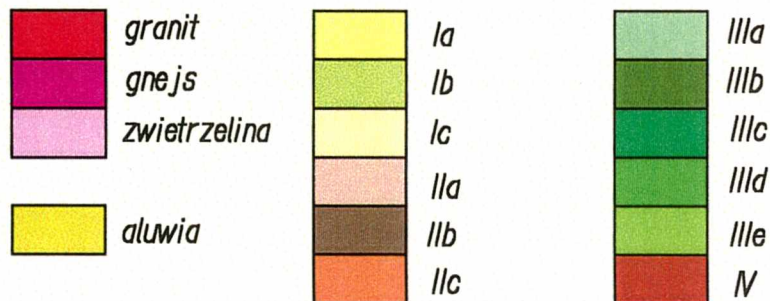


Legenda:

grunty rodzime:



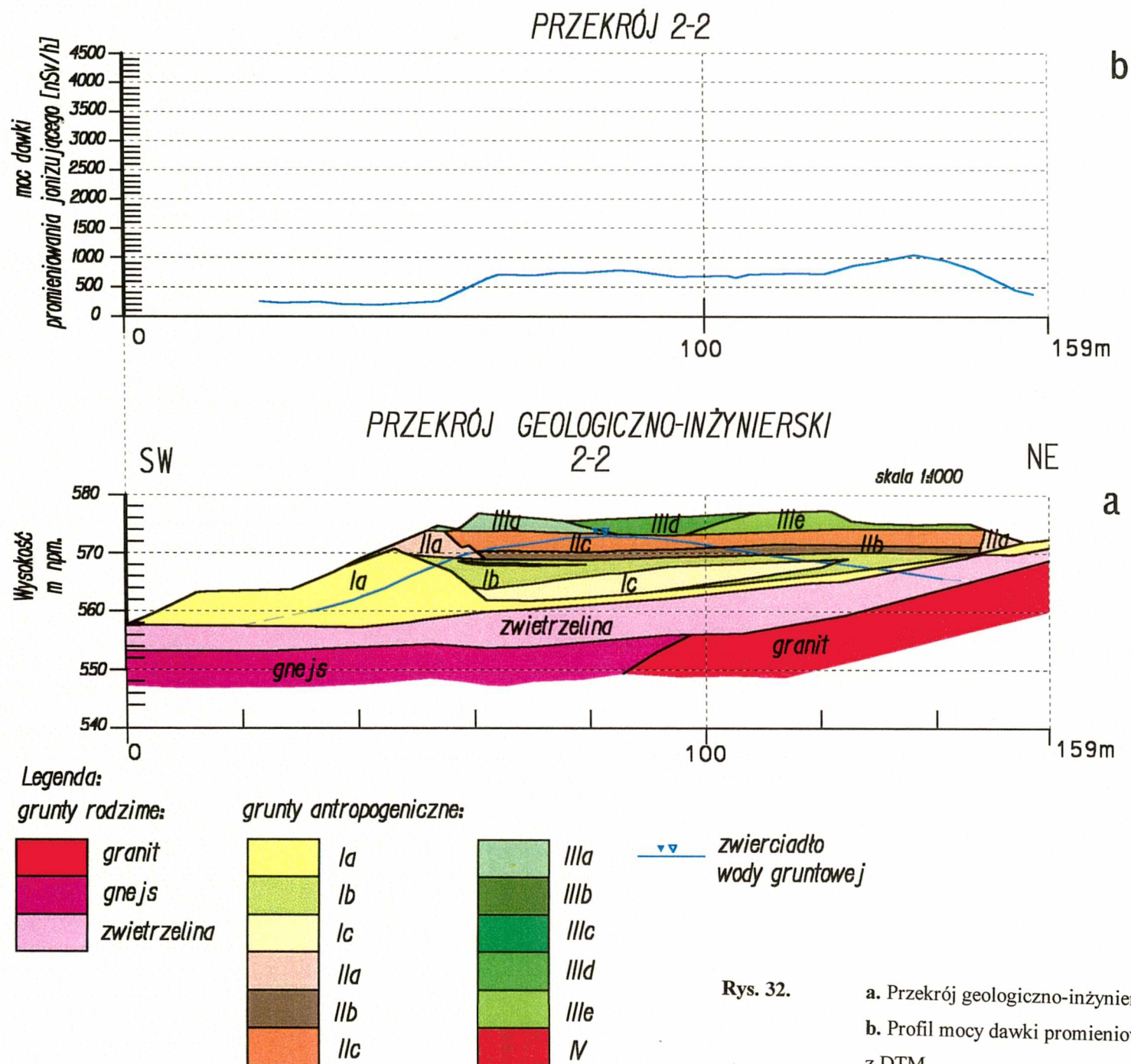
grunty antropogeniczne:



Rys. 31.

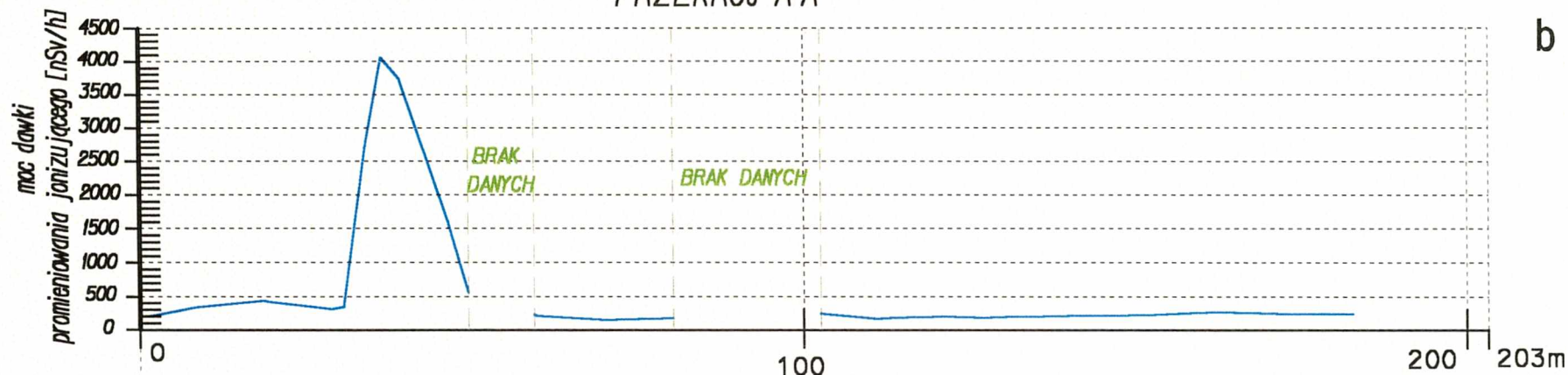
a. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż linii 1-1 wygenerowany z NMBGT.

b. Profil mocy dawki promieniowania gamma wzdłuż linii 1-1 wygenerowany z DTM.



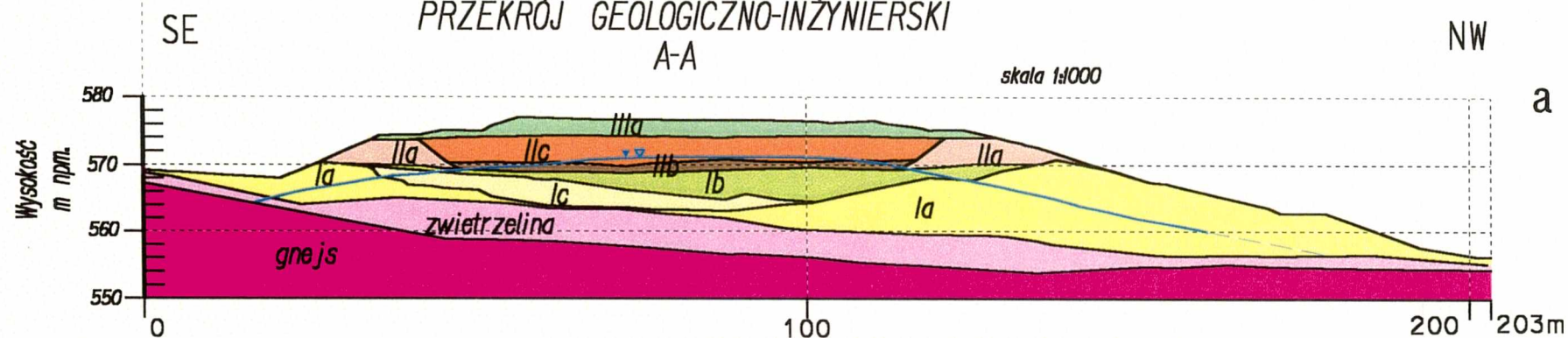
- a. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż linii 2-2 wygenerowany z NMBGT.
- b. Profil mocy dawki promieniowania gamma wzdłuż linii 2-2 wygenerowany z DTM.

PRZEKRÓJ A-A



b

PRZEKRÓJ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI A-A



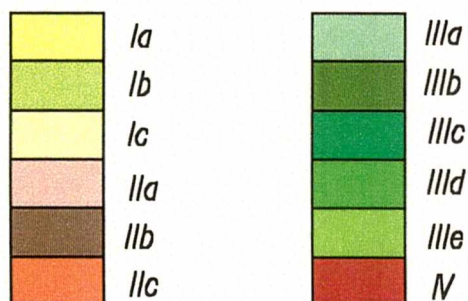
a

Legenda:

grunty rodzime:



grunty antropogeniczne:

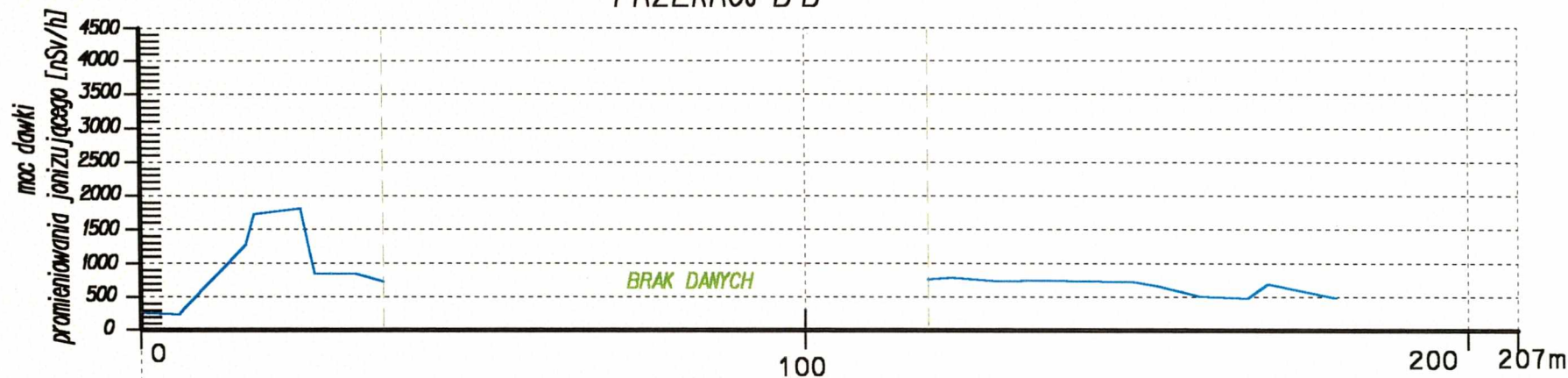


zwierciadło wody gruntowej

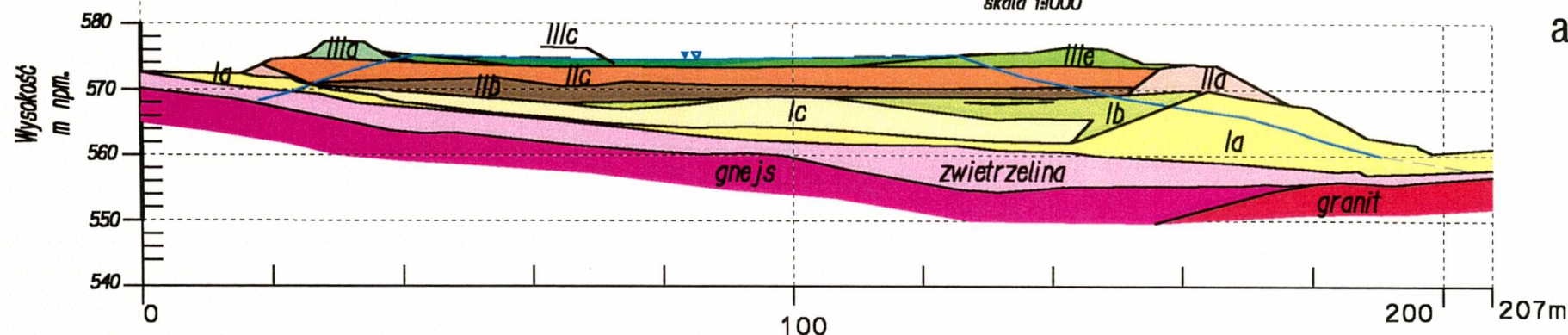
Rys. 33.

a. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż linii A-A wygenerowany z NMBGT.
b. Profil mocy dawki promieniowania gamma wzdłuż linii A-A wygenerowany z DTM

PRZEKRÓJ B-B



PRZEKRÓJ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI B-B

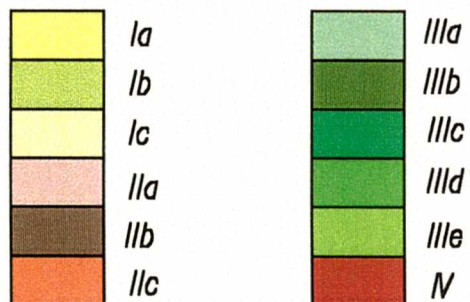


Legenda:

grunty rodzime:



grunty antropogeniczne:



Rys. 34.

a. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż linii B-B wygenerowany z NMBGT.

b. Profil mocy dawki promieniowania gamma wzdłuż linii B-B wygenerowany z DTM.

Wykonany w powyższy sposób Numeryczny Model Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT) jest jednocześnie efektem i rodzajem analizy o charakterze GIS oraz narzędziem do prowadzenia innych analiz.

9.1.5 Charakterystyka wybranych elementów środowiska na podstawie stworzonego systemu GIS

Stworzone elementy systemu GIS - mapa zasadnicza, baza danych, aplikacja *GEOLOGIA* , DTM i NMBGT pozwalają przeprowadzać analizę porównawczą danych geologicznych i wybranych danych środowiskowych.

Promieniowanie jonizujące gamma

Teren stawu osadowego Kowary jest obszarem, na którym zaznaczają się silne anomalie promieniowania jonizującego gamma. Promieniowanie na tym terenie spowodowane jest dwoma czynnikami - uwarunkowaniami naturalnymi, przyrodniczymi oraz antropogenicznymi, związanymi z przeróbką rud uranowych na tym obszarze. Podwyższone tło naturalne związane jest z mineralizacją uranową na tym obszarze. Na obszarze tym tło naturalne wynosi 100 nSv/h, a dopuszczalna roczna dawka graniczna wynosi 1 mSv [18]. Wysokość mocy dawki promieniowania naturalnego przyjęto na takiej wysokości, gdyż jest to wartość zbliżona do średniej wartości promieniowania granitu karkonoskiego.

Wyraźnie podwyższone ponad tło naturalne notuje się w obrębie samych obwałowań stawu osadowego.

Na podstawie mapy mocy dawki promieniowania gamma (rys. 30.), wygenerowanej, dzięki DTM można przeprowadzić analizę promieniowania gamma w obrębie występujących na powierzchni terenu, wydzielonych wcześniej warstw geologiczno-inżynierskich, które przedstawia mapa geologiczno-inżynierska, wygenerowana z NMBGT (rys. 28).

Charakterystyka promieniowania jonizującego wydzielonych warstw geologiczno-inżynierskich

Warstwa IIIa - obejmuje teren na którym zanotowano największą dawkę promieniowania jonizującego w obrębie skarpy ograniczającej nieckę stawu od południa wynoszące od

1000 do 7100 nSv/h. Nad tą samą warstwą, występująca w zachodniej części obwałowania, zanotowano promieniowanie niewiele przekraczające tło naturalne – rzędu 200–300 nSv/h

Warstwa III d – ograniczająca nieckę stawu od północy, nad którą zanotowano na tzw. plaży osadnika podwyższone promieniowanie gamma rzędu 600 do 900 nSv/h

Warstwa III e – występuje na powierzchni terenu w obwałowaniu otaczającym nieckę od północy i północno-wschodu. Promieniowanie zanotowane na tym obszarze wynosi od 500 do 2000 nSv/h. Nad warstwą tą zanotowano największą jeśli chodzi o wielkość zajmowanej powierzchni anomalię promieniowania jonizującego, pokrywającą się z występowaniem całej wychodni warstwy III e i głównie kształtującą się na poziomie od 800 do 2000 nSv/h.

Warstwa II a – której wychodnia występuje w obwałowaniu ograniczającym nieckę od północy i zachodu; w całej części obwałowania zachodniego zanotowano nieduże stosunkowo promieniowanie, niewiele przekraczające tło naturalne – rzędu 200–300 nSv, a tylko punktowo 400–500 nSv/h. W północnym obwałowaniu natomiast nad warstwą II a, która graniczy tutaj z warstwą III e w większej części tej wychodni zanotowano promieniowanie rzędu 800–200, przechodzące im dalej od niecki na północ w 500 nSv/h.

Na obszarze wychodni **warstwy I a** występującej wokół całej niecki stawu osadowego, stwierdzono najmniejszą radioaktywność, na poziomie tła naturalnego lub niewiele go przekraczającego – rzędu od 100 do 300 nSv/h.

Stwierdzone na tym obszarze największe anomalie promieniowania jonizującego gamma na tym obszarze, w obrębie warstwy III a, świadczą o złożeniu w tym miejscu nieprzerobionej rudy uranowej. Materiał ten został tutaj przywieziony prawdopodobnie z Gór Świętokrzyskich. Zwracają na to również uwagę autorzy „Oceny Oddziaływania na Środowisko.....” [69]. Przeprowadzili oni spektrometryczne pomiary promieniowania gamma, które wykazały występowanie tutaj radionuklidów szeregu uranowego (piki ^{214}Bi), wskazujące, przy założeniu występowania warstwy materiału o miąższości powyżej 0,5 m, na zawartość równoważnego uranu w ilości powyżej 300 ppm. Potwierdziło to opinię, że występuje tu materiał, uważany w czasie eksploatacji za rudę [65]. Podczas badań geofizycznych przyjmuje się, że moc dawki rejestrowana na powierzchni terenu zależy przede wszystkim od pierwszej półmetrowej warstwy gruntu, ponieważ promieniowanie emitowane przez materiał, zalegający niżej jest tłumione w takim stopniu, że jego udział w dawce rejestrowanej na powierzchni jest niewielki [69]. Zatem, jednoznacznie nie da się określić mocy dawki promieniowania emitowanego przez niżej ległe warstwy gruntu w

stawie osadowym. Ten wniosek powinien być ważnym elementem do uwzględnienia, przy prowadzeniu prac rekultywacyjnych oraz jakichkolwiek robót ziemnych, na obszarze badanego stawu osadowego lub podobnych terenów czy obiektów.

Mineralogia

Próbki gruntów zbadane metodą analizy fazowej rentgenowskiej i derywatograficznej, wykazują duże podobieństwo pod względem składu mineralnego.

Minerałami dominującymi ilościowo w większości prób są:

kwarc 15-60% wag.

plagioklaz 5-15% wag.

smektyt 5-25% wag.

Chloryt 5-20% wag.

mika (muskowit, hydromika, illit) w ilości od 2-23% wag.

gips 3- 25% wag.

W podrzędnych ilościach w dużej części prób występują:

wodorotlenki, głównie lepidokrokity (FeOOH), rzadziej getyt ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) – w ilości do kilku procent wag.- 1-4%wag.

Tylko niektóre próbki zawierają:

kaolinit 6-25 %

kalcyt 2-9 % wag.

Dolomit 6-11 % wag.

Amfibol 1-8 % wag.

Wermkulit 5-15 % wag.

siarczek żelaza typu FeS_2 1-5 % wag.

substancja organiczna 1-2 % wag.

Wszystkie przedstawione w zestawieniu (zał.13) średnie procentowe zawartości minerałów dla warstw geologiczno-inżynierskich, wykazały dużą zawartość kwarcu, występującą w każdej warstwie i wynoszącą powyżej 30 %. Największą ilością średniej zawartości kwarcu charakteryzuje się warstwa Ic (47,2 %). W każdej objętej opróbowaniem warstwie geologiczno-inżynierskiej, stwierdzono również znaczną zawartość smektytu i miki. Największa średnia zawartość smektytu występowała w warstwie Ib (11,3 %). Średnia zawartość miki dla opisanych pod względem mineralogicznym warstw, kształtowała się na podobnym poziomie i wynosiła kilkanaście procent, uzyskując najwyższą wartość dla zwietrzliny gnejsu i granitu. Gips natomiast

charakterystyczny był dla warstwy Ib, Ic, i IIb, przy czym jego najwyższa średnia zawartość wynosiła 18,8 % dla warstwy Ib. Kalcyt natomiast był charakterystyczny dla warstw Ia, Ic i IIc, gdzie uzyskał najwyższą średnią zawartość 5,5 %.

Nielicznie występujący wermikulit, który w nieznacznej ilości występuje w gruntach wraz z chlorytem i smektytem, prawdopodobnie tworzy się kosztem biotyту lub chlorytu. Wykonany test glikolowania próbek frakcji ilowej wykazał, że wszystkie próbki poddane testowi zawierają oprócz pakietów chlorytowych (lub wermikulitowych), pakiety pęczniejące (nastąpiło przesunięcie wartości d z 14,6 Å do 16,7 Å). Wygrzanie próbek do temperatury 400°C nie spowodowało zdegradowania piku 14,6 Å do wartości $d \sim 10$ Å, co świadczy o obecności pakietów chlorytowych. Jednak osłabienie intensywności tego refleksu względem 7,1 Å dowodzi obecności pewnej ilości pakietów wermikulitowych. Wzmocnienie i przesunięcie refleksu od płaszczyzn 060 (1,54 Å) świadczy o tym, że w analizowanych próbkach przeważają odmiany trioktaedryczne chlorytu i wermikulitu.

Do nietypowych minerałów, względem panujących warunków geologicznych w rejonie badań, należą gips i substancje organiczne. Gips jest produktem reakcji chemicznych, powstałym w wyniku wytrawiania rudy uranowej za pomocą kwasu solnego. Części organiczne natomiast pochodzą ze ścieków bytowych, odprowadzanych do stawu osadowego z Zakładu „Hydromet”.

Flora

Na podstawie kartowania sozologicznego, wykonywanego dla celów rekultywacji tego obszaru, wydzielono obszary roślinności [49]. Obszary te wniesiono jako warstwę graficzną w MicroStation, uzyskując rozmieszczenie tych stref roślinności na mapie (rys.34) w tych samych współrzędnych geograficznych, co mapa zasadnicza oraz inne mapy, uzyskane z DTM.

Stwierdzono, że niewielki wydzielony obszar, pozbawiony jakiegokolwiek roślinności, występuje w SW części analizowanego obszaru, w obrębie warstwy IIIa i pokrywa się idealnie z zaznaczający się tutaj najwyższym promieniowaniem gamma, dochodzącym do 7100nS/h. Należy również dodać, że jak wskazują autorzy wykonanego na obszarze stawu osadowego podczas kartowania sozologicznego [49] jest to obszar, gdzie gleba ma bardzo kwaśny odczyn i występuje wysoki poziom radioaktywności, a grunt zasiedlają bakterie kwasolubne oraz grzyby.



Rys. 35. Mapa stref roślinności w rejonie stawu osadowego za B. Kołwzan [45]
 wykonana na platformie graficznej MicroStation.

10. Podsumowanie i wnioski

1. Zasadniczym efektem pracy jest zaprojektowanie i budowa oryginalnego systemu GIS, służącego gromadzeniu danych z zakresu geologii i innych elementów środowiska z terenu zdegradowanego działalnością górniczą oraz wykonanie w oparciu o ten system tematycznych analiz danych, określenie relacji między danymi i generowanie rezultatów tych analiz w formie raportów, zestawień, map, przekrojów i modeli przestrzennych.

2. Zaprojektowany i wykonany system GIS obejmował:

- zasadniczą mapę numeryczną terenu,
- bazę danych *GEOLOGIA INŻYNIERSKA*,
- aplikację *GEOLOGIA*,
- *Numeryczny Model Terenu (DTM)*
- *Numeryczny Model Budowy Geologicznej Terenu (NMBGT)*.

3. Powyższe elementy systemu GIS są w rozumieniu definicji GIS jednocześnie efektem i rodzajem analizy oraz narzędziem do prowadzenia innych analiz. Zaletą systemu jest to, że wszystkie elementy systemu (mapa zasadnicza, aplikacja *GEOLOGIA*, Numeryczny Model Budowy Geologicznej Terenu *NMBGT*, mapy i przekroje uzyskane z *NMBGT*, itp.) pracują w oparciu o jedną platformę graficzną MicroStation i zapisane są w tych samych współrzędnych.

4. Nowoutworzony system daje możliwość kompleksowego powiązania danych geologicznych i ekologicznych z innymi obszarami informacji i przez to może być wykorzystany jako prosta, efektywna metoda monitorowania i prognozowania zmian środowiska pod kątem przyrodniczej remediacji zdegradowanego środowiska lub prowadzonej rekultywacji.

5. Wybór stawu osadowego „Kowary” - jako obiektu analizy - okazał się trafny, ponieważ z uwagi na występowanie zdecydowanej większości problemów typowych dla obszarów zdegradowanych działalnością górniczą, wymagających rekultywacji i ze względu na wyjątkowo dużą liczbę badań w wielu kierunkach, może być uznawany za teren wzorcowy.

6. Dzięki stworzonej bazie i aplikacji *GEOLOGIA* wygenerowano profile i przekroje geologiczne tego obszaru, które stanowiły poważny materiał badawczy i jednocześnie stworzyły możliwość przeprowadzenia dalszych analiz geologicznych, poprzez wprowadzenie danych do *NMBGT*.

7. Klasyczne, rutynowe metody wydzieleni oparte na podobieństwie cech geologicznych i właściwości fizyko-mechanicznych, w przypadku stawu osadowego „Kowary” nie zdały egzaminu. Okazało się, że grunty o podobnym uziarnieniu i podobnych właściwościach fizyko-mechanicznych w profilu pionowym, wykazywały zróżnicowanie składu mineralnego. Bywało też odwrotnie – grunty o tym samym składzie mineralnym wykazywały zróżnicowanie innych właściwości. Na podstawie przeprowadzonych analiz narzędziami GIS wywnioskowano, że do rozdziału gruntów na poszczególne warstwy należy wprowadzić inne, wiodące kryterium. Kluczowym czynnikiem przy wydzieleniu warstw geologiczno-inżynierskich okazała się technologia wbudowywania gruntów w zapory oraz technologia wytwarzania odpadów i sposób ich deponowania w stawie.

8. Zasadniczą trudnością klasyfikacji poszczególnych gruntów było podobieństwo cech fizyko-mechanicznych gruntów naturalnych, stanowiących materiał konstrukcyjny stawu i gruntów sztucznych (technologicznych).

9. Stwierdzono, że przekroje geologiczno-inżynierskie uzyskiwane na podstawie zasobów bazy danych, przy zastosowaniu aplikacji *GEOLOGIA* są relatywnie dobrym narzędziem analizy budowy geologicznej środowiska nienaruszonego, natomiast dla odtworzenia budowy geologicznej utworów antropogenicznych nie są wystarczające. Są natomiast ważnym i niezbędnym elementem rozpoznania wstępnego. Bez nich dalsze kroki rozpoznania szczegółowego byłyby niemożliwe.

10. Zbudowano *NMBGT* i w rezultacie uzyskano przestrzenny obraz budowy geologicznej, przedstawiający układ warstw geologiczno-inżynierskich i ukształtowanie zwierciadła wody gruntowej oraz skorelowaną z nimi powierzchnię określającą zmienność natężenia promieniowania gamma. Otrzymany model budowy geologicznej umożliwia przeprowadzenie analizy budowy geologicznej w dowolnym punkcie terenu, a także analizy wzdłuż zadanej, dowolnej linii przekrojowej.

11. Stworzona graficzno-obiektowa baza danych w postaci zrealizowanego modułu typu GIS umożliwia:

- zintegrowanie danych przestrzennych i opisowych
- prowadzenie stałego monitoringu środowiska i ciągłej aktualizacji danych
- bezpieczeństwo zasobu informatycznego

- możliwość obserwacji procesów środowiskowych w czasie
- integrację danych o różnym charakterze (dane dotyczące geologii, promieniowania, flory, morfologii terenu, wód), co umożliwia przeprowadzenie poszukiwań przyczyn niekorzystnych zjawisk
- rozbudowę systemu poprzez tworzenie dodatkowych warstw tematycznych w tym samym narzędziu informatycznym (otwartość systemu).

12. Stworzony system GIS pozwala na nakładanie warstw mapy zasadniczej, mapy promieniowania gamma, mapy geologiczno-inżynierskiej, mapy stref roślinności, co daje możliwości wyciągania wniosków, dotyczących wzajemnych oddziaływań składowych środowiska naturalnego, np. promieniowania na roślinność.

13. Opracowanie bazy danych i elementów GIS w narzędziach relacyjno-obiektowych RDBMS Oracle w powiązaniu z wizualizacją profili, przekrojów, map w MicroStation umożliwia:

- wymianę informacji z krajowym systemem informacji przestrzennej w zakresie baz danych, dotyczących ochrony środowiska, geologii i rekultywacji zagrożonych lub zdegradowanych terenów,
- powiązanie elementów stworzonego systemu jako ogniwa stowarzyszonego Dolnośląskiego Systemu Informacji Przestrzennej, tworzonego i zarządzanego przez Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego.

14. Na podkreślenie zasługuje fakt, że stworzony system GIS jest pierwszą próbą tworzenia tego rodzaju systemu w odniesieniu do geologii inżynierskiej i geotechniki w Polsce, a także spełnia standardy europejskie, takie jak np. standardy ETDB (European Territorial Data Base), DIGEST (Digital Geographic Exchange Standart), w zakresie budowy i bezpieczeństwa systemów GIS.

15. Użytkownikami wykonanego systemu GIS mogą być geolodzy, geotechnicy, górnicy zajmujący się oceną stanu górotworu i wzajemnego wpływu kopalni i stawu osadowego, architekci krajobrazu, projektanci rekultywacji, administracja zajmująca się planowaniem zagospodarowania przestrzennego terenu, właściciel i użytkownik terenu stawu osadowego oraz osoby prowadzące monitoring.

LITERATURA:

- [1] Adam R. N., Gangopadhyay A., Database issues in geographic information systems, Kluwer Academic Publishers , Massachusetts, USA, 1998
- [2] Adamski W., Podziemne wyrobiska górnicze rejonu Kowar oraz ich wpływ na stosunki wodne i powstawanie szkód górniczych. Rap. Inst. Górn. PWr , Wrocław, 1986.
- [3] Arnoff S., Geographic Information Systems: a management perspective, WDL Publications, Ottawa Canada, 1989.
- [4] Banach W., Urbanowicz J., Symonowicz T., Wstępna ocena stanu technicznego zbiornika Kowary oraz warunki jego eksploatacji, Arch. Spółki ISB-W i POŚ „Clenvir”, Wrocław, 1990.
- [5] Barcikowska M., Strzelecki T., inni, Założenia Wstępne do Projektu Generalnego Wdrożenia SIT/GIS, Opracowanie wykonane na zlecenie Marszałka Województwa Dolnośląskiego, Wrocław, 1999.
- [6] Bażyński J., i inni, Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich, Wyd. PIG, Warszawa, 1999.
- [7] Berg G., Geologische Karte d. Deutschen Reiches. Erläuterungen z. Blatt Schmiedeberg u. Tschöpsdorf (Niederschlesien), Berlin, Bibl. Inst Górnictw. PWr Wrocław, 1941.
- [8] Beynon-Davies P., Systemy baz danych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000.
- [9] Bielecki T. – Metodyka opracowania obrazów rastrowych dla potrzeb bazy danych Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (SMGP) w skali 1: 50000, s.195-202, w: Systemy Informacji Przestrzennej, Mat. VI Konferencji Naukowo-Technicznej, PTIP, Warszawa, 1996.
- [10] Bienkiewicz J., Maćków P., Strzelecki T., Przebieg wdrożenia systemu katastru dla Libanu. W: Materiały X konferencji Naukowo-Technicznej. Systemy Informacji Przestrzennej, Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej, Warszawa, 2000.
- [11] Bogobowicz P., System katalogowania cyfrowych map geologicznych, s. 203-207, w: Systemy informacji Przestrzennej, Mat. VI Konferencji Naukowo-Technicznej, PTIP, Warszawa, 1996.
- [12] Borkowska M., Petrografia granitu Karkonoszy. Geol. Sud. vol. 2., 1966
- [13] Borkowski A., Strzelecki T., System GPS i możliwości jego wykorzystania w celu podniesienia bezpieczeństwa w komunikacji drogowej, w: Prawno-ekonomiczne i

- techniczne aspekty bezpieczeństwa w komunikacji drogowej, mat. I Międzynarodowej Konferencji Naukowej pod red. Kazimierza Lejdy i Kazimierza Rajchela, Politechnika Rzeszowska Zakład Prawa i Administracji . Rzeszów, 1997.
- [14] Brząkała W., Koszela J., Ocena stateczności stawu osadowego „Kowary”, Instytut Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej, Raport serii spr nr 8/2000, Wrocław, 2000
- [15] Brząkała W., Sprawozdanie zespołu badań stateczności stawu osadowego w Kowarach, Arch. Działu Nauki PWr, Wrocław, 2000.
- [16] Brzeg K., Jędrasiak J., Wykorzystanie technologii informatycznej do zarządzania gruntami i budynkami KWB „Konin”, mat. Konf.: Optymalizacja wydobywania kopalin przy wykorzystaniu technik informatycznych, Bogatynia 27–29.10.1999, s. 55-62, Agencja Wydawnictw i Reklamy Silesia, Katowice, 1999.
- [17] Burrough P.A., Principles of Geographical Information Systems for Land Rescources Assessment, Calrendon, Oxford, 1986.
- [18] Cacoń S., Iwaniak A., Fułat E., Bąk A., Skrzypińska I., Mapa cyfrowa jako nośnik informacji w procesie wydobywania kopalin, mat. Konf.: Optymalizacja wydobywania kopalin przy wykorzystaniu technik informatycznych, Bogatynia 27–29.10.1999, s. 29-34, Agencja Wydawnictw i Reklamy Silesia, Katowice, 1999.
- [19] Charewicz W., Żebrowski. A., Adamski Z., Kozłowski K, Analiza radiometryczna próbek stałych z otworów wiertniczych w rejonie osadnika „Kowary” oraz pomiary in situ rozkładu dawki promieniowania jonizującego w otworach Rap. ser. SPR nr 5/2000 Inst. Chemii Nieorg. i Metal. Pierw. Rzadk. PWr, Wrocław, 2000.
- [20] Charewicz W., Żebrowski. A., Adamski Z., Kozłowski K, Pomiary stężeń radonu w powietrzu glebowym i w sztolniach rejonu osadnika „Kowary” Rap. Inst. Chem. Nieorg. i Metal. Pierw. Rzadk. PWr, Wrocław, 1999.
- [21] Charewicz W., Żebrowski. A., Adamski Z., Kozłowski K, Rozkład dawki promieniowania jonizującego w rejonie osadnika „Kowary” Rap. Inst. Chem Nieorg. i Metal. Pierw. Rzadk. PWr, Wrocław, 1999
- [22] Cieśla E., Wybraniec S., Organizacja bazy danych grawimetrycznych i magnetycznych – jej stan obecny i plany na przyszłość, Przegląd Geologiczny, vol. 49, nr 3, s. 237-243, 2001
- [23] Ciężkowski W., Badania hydrogeologiczne obszaru krasowego Masywu Śnieżnika, w: Jaskinia Niedźwiedzia w Kletnie, Zakład Narod. „Ossolineum”, Wrocław, 1989.

- [24] Coppock, W. Rhind, The history of GIS, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 1: Principles, s. 21-41, Longman Scientific & Technical, New York 1993
- [25] Czochoński J., Zastosowanie technologii GIS dla monitorowania i badań ruchu turystycznego na obszarach chronionych, s.11-17, w: Problemy ekologii krajobrazu tom IV, Systemy Informacji Geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego, Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1998.
- [26] Dangermond J., The commercial setting of GIS, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 1: Principles, pp. 55-65, Longman Scientific & Technical, New York 1993.
- [27] Department of the Environment (DoE), Handling Geographic Information. HMSO, London, 1987.
- [28] Don J., Kalenoidy i waryscydy Sudetów Zachodnich, Przegląd Geologiczny, nr 8-9, 1984.
- [29] Duda K., Płonka E., Kłos M., Widz R., Wykorzystanie technologii GIS dla wspomagania działań w zakresie rekultywacji i ochrony środowiska na przykładzie kopalni odkrywkowej, mat. Konf.: Optymalizacja wydobywania kopalin przy wykorzystaniu technik informatycznych, Bogatynia 27–29.10.1999, pp. 47-54, Agencja Wydawnictw i Reklamy Silesia, Katowice, 1999.
- [30] Durajczyk-Starościak E., Ścisły M., Zastosowanie aplikacji Biprogeo S.A. w środowisku programowym MicroStation-Oracle do tematycznych opracowań wielkoskalowych, W: Główne problemy współczesnej kartografii. Złożoność, modelowanie, technologia, pod red. W. Pawlaka, Uniwersytet Wrocławski, Pracownia Atlasu Dolnego Śląska i Zakład Kartografii, Wrocław, 2000
- [31] Duthou J.L., Couturie J.P., Mierzejewski M.P., Pin Ch., Oznaczenie wieku granitu Karkonoszy metodą izochronową rubidowo-strontową na podstawie całych próbek skalnych. Przegl. Geol. nr 2, 1991
- [32] Gawrysiak L. , Ocena zagrożenia erozją wodną gleb w wybranych zlewniach Roztocza Środkowego (Wyżyna Lubelska), pp.53-57, w: Problemy ekologii krajobrazu tom IV, Systemy Informacji Geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego, Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1998.
- [33] Gaździcki J., Systemy Informacji przestrzennej, PPWK, Warszawa, 1990.

- [34] Geotechnika składowisk odpadów. Projektowanie i roboty zabezpieczające. Zalecenia techniczne, Wyd. „GEOTEKO” Warszawa, 1994.
- [35] Glazer Z., Malinowski J., Geologia i Geotechnika dla inżynierów budownictwa, Wyd. PWN, Warszawa, 1991.
- [36] Głowacki T., Strzelecki T., Wpływ eksploatacji górniczej na obiekty przemysłowe, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Zagadnienia interdyscyplinarne w górnictwie i geologii, seria konferencji 29, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001.
- [37] Gogołek W., Kocyla J., Jurkun A., Zielke J., Program komputeryzacji Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 50000, s. 185-194, w: Systemy informacji Przestrzennej, Mat. VI Konferencji Naukowo-Technicznej, PTIP, Warszawa, 1996.
- [38] Goodchild M. F., The technological setting of GIS, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 1: Principles, s. 45- 54, Longman Scientific & Technical, New York 1993.
- [39] Grabas K. i inni, Projekt Techniczny Stabilizacji Mechanicznej i Chemicznej osadu stawu osadowego „Kowary”, Tom 2 Projekt Techniczny Stabilizacji Chemicznej, Instytut Chemii i Technologii Nafty i Węgla PWr, SPR nr 21/2000, Wrocław, 2000.
- [40] Graniczny M., Kowalski Z., Rączkowski W., Zimnal Z., Komputerowa analiza danych przestrzennych w aspekcie zagrożeń osuwiskowych, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, s. 1063-1069, 1998
- [41] Graniczny M., Satelitarne systemy teledetekcyjne u schyłku XX wieku – aktualne możliwości i perspektywy, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 2, s. 138-142, 1998
- [42] Hawrysz M., Machajski J., Szcześniak K., Ocena stateczności obwałowań stawu osadowego zakładu „Hydromet” w Kowarach, Rap. ser. U, nr 165, Bibl Inst. Geotech. i Hydrotech. PWr, Wrocław, 1995.
- [43] Healey R. G., Database management systems, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 1: Principles, pp. 251-266, Longman Scientific & Technical, New York 1993.
- [44] Izbiński R.J., Batog A., Stachoń M., Kupis R., Pochrań Z., Czepil E., Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb rekultywacji stawu osadowego odpadów z przeróbki rud uranowych w Kowarach, Tom II, Badania laboratoryjne cech fizykomechanicznych gruntów. Obiekt: Staw osadowy w Kowarach, Rap. ser. SPR nr 3/2000, Bibl. Inst. Geotech. i Hydrotech. PWr, Wrocław, 2000.

- [45] Karamon W., Strzelecki T., Stanisław Zaremba: Aspekty prawne i techniczne polskiego katastru nieruchomości, w: VI Mezinardni cesko-slovensko-polske geodeticke dny. Sbornik referatu, Praha, 2000.
- [46] Kardel I., Ignar S., Okruszko T., Choromański J.: Zastosowanie GIS w lokalizacji źródeł zanieczyszczeń oraz monitoringu wód powierzchniowych na obszarze alimentacji Biebrzańskiego Parku Narodowego, s.59-61, w: Problemy ekologii krajobrazu tom IV, Systemy Informacji Geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego, Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1998.
- [47] Kistowski M., Foryś I. Laskowska E., Zastosowanie GIS w analizie zmian użytkowania terenu i sieci hydrograficznej na obszarze Wdzydzkiego Parku Krajobrazowego w latach 1930-1980, s.121-132., w: Problemy ekologii krajobrazu tom IV, Systemy Informacji Geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego, Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1998.
- [48] Kistowski M., M. Iwańska, Systemy Informacji Geograficznej. Podstawy techniczne i metodyczne. Przegląd pakietów oprogramowania i zastosowań w badaniach środowiska przyrodniczego, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 1997
- [49] Kołwzan B., Karpińska-Smulikowska J., Pawlik M.Dach J., Kartowanie Sozologiczne, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2000
- [50] Koshakirow A.V., Tikunov V.S., Trofimov A.M., The current state and main trends in the development of geographical information systems in USSR, International Journal of Geographical Information Systems No 3, s. 257-72, 1989.
- [51] Koszela J., Dzidowska K., Hawrysz M., Koszela-Marek E., Kupis R., Muskała M., Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb rekultywacji stawu osadowego odpadów z przeróbki rud uranowych w Kowarach, Raport er. Nr SPR 6/2000, Instytut Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2000
- [52] Koszela J., Hawrysz M., Koszela-Marek E., Muskała M., Projekt prac geologiczno-inżynierskich dla potrzeb rekultywacji stawu osadowego odpadów z przeróbki rud uranowych w Kowarach, Rap. ser. U-5/99, Bibl. Inst Geotech i Hydrotech. PWr, Wrocław, 1999.

- [53] Koszela J., Muskała M., Zagożdżon P., Kartowanie geologiczne rejonu stawu osadowego "Kowary", Rap. ser. U nr 216, Bibl. Inst. Geotech. i Hydrotech. PWr, Wrocław, 1999.
- [54] Koszela-Marek E., Moduł ewidencji stanowisk przyrody chronionej jako przykład zastosowania GIS w badaniach środowiska naturalnego, VI KK Komputerowe wspomaganie badań naukowych, mat. konf., s. 211-214, Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław, 1999.
- [55] Koszela-Marek E., Strzelecki T., Zastosowanie GIS do analizy danych geologicznych w rejonie rekultywowanego osadnika „Kowary”, VIII KK Komputerowe wspomaganie badań naukowych, mat. konf., s. 229-234, Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław, 2001.
- [56] Kowal J., Rogala R., Dokumentacja hydrologiczna wraz z bilansem wodnym terenu stawu osadowego Kowary, Arch. Działu Nauki PWr, Wrocław, 1999.
- [57] Kozłowski S., Sikorska-Maykowska M., Strzelecki R., Zasady wyznaczania obszarów perspektywicznych i prognostycznych złóż kopalin na MGGP, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, s. 1047-1049, 1998
- [58] Kozłowski S., Sikorska-Maykowska M., Treści merytoryczne Mapy geologiczno-gospodarczej w skali 1:50 000, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, s. 1038-1040, 1998
- [59] Kozłowski S., Założenia ideowe Mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, 1998.
- [60] Kraak M. J., Ormeling F., Kartografia. Wizualizacja danych przestrzennych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1998.
- [61] Kubo S., The development of GIS in Japan, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 2: Applications, s. 47-56, Longman Scientific & Technical, New York 1993.
- [62] Kulig T., Stasiak S., Projekt techniczny. Plan generalny i schematy Zakładu Doświadczalnego Chemicznych Koncentratów Uranowych w Kowarach, tzw.ZPR-1 Arch. Państ. Agen. Atom., Jelenia Góra, 1963.
- [63] Lebediewa S., Projektowanie problemowo zorientowanych baz danych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1995.
- [64] Lewandowski P., Struktura bazy danych Mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, s. 1060-1062, 1998.
- [65] Łonkiewicz B., Hildebrand R., Numeryczne opracowania kartograficzne Instytutu Badawczego Leśnictwa w Warszawie, pp.163-164, w: Problemy ekologii krajobrazu

- tom IV, Systemy Informacji Geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego, Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1998.
- [66] Machajski J., Inwentaryzacja stanu zapory w aspekcie robót wzmocnieniowo-reмонтowych stawu osadowego Kowary Rap. ser. SPR 13/99, Bibl. Inst. Geotech. i Hydrotech. PWr., Wrocław, 1999.
- [67] Maguire D. J., An overview and definition of GIS, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 1: Principles, pp. 9-20, Longman Scientific & Technical, New York 1993.
- [68] Malinowski J., Budowa geologiczna Polski, tom VII, Wyd. Geologiczne, Warszawa, 1991.
- [69] Marcinkowski T. I inni, Ocena oddziaływania na środowisko stawu osadowego Hydromet w Kowarach, Rap. ser. SPR nr 18/98, Bibl. Inst. Inż. Ochr. Środ., PWr, Wrocław, 1998
- [70] Mat. Konf. Systemy informacji przestrzennej, VII Konferencja Naukowo-Techniczna tom 1, Warszawa, 1997.
- [71] Mat. Konf. Systemy informacji przestrzennej, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna tom 1, Warszawa, 1998.
- [72] Mat. Konf.: Systemy Informacji geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego, Problemy ekologii krajobrazu tom 4, Gdańsk, 1998
- [73] Matkowski F., Ocena stanu technicznego stawu osadowego w Kowarach oraz możliwości jego rozbudowy i eksploatacji, Spółka ISB-WiOCh „Clenvir”, Wrocław, 1990.
- [74] Mazur S., Strukturalna i metamorficzna ewolucja wschodniej okrywy granitu Karkonoszy w południowej części Rudaw Janowickich i Grzbiecie Lasockim. Geol. Sud. vol. 29,1, 1995.
- [75] Mochnacka K., Geologia polimetalicznego złoża w Kowarach. Prz. Geol. PAN, 40, 1967.
- [76] Myszka R., Nieć M., Zastosowanie szczegółowych map geologiczno-gospodarczych (1:25000, 1:10 000) w planowaniu przestrzennym, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, s. 1063-1069, 1998
- [77] Narkiewicz M., Obecne i przyszłe priorytety polskiej służby geologicznej, Przegląd Geologiczny, vol. 48, nr 3, s. 1063-1069, 2001

- [78] Noworyta M., Dokumentacja geologiczno- inżynierska pod budowę stawu osadowego dla ścieków eksploatacji kruszywa na terenie ZPR-1 w Kowarach, Przeds. Geolog., Wrocław, 1970.
- [79] O'Callaghan J.F., Garner B.J., Land and Geographical Information Systems in Australia, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 2: Applications, Longman Scientific & Technical, New York 1993
- [80] Osada E., Analiza Wyrównanie i Modelowanie Geodanych, Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław, 1998.
- [81] Ossowski J., Koszela J., Koszela-Marek E., (1999) Kartowanie hydrologiczne rejonu stawu osadowego „Kowary”, Rap. ser. SPR nr 31/2000, Bibl. Inst. Geotech. i Hydrotech. PWr, Wrocław.
- [82] Ossowski J., Koszela J., Koszela-Marek E., (2000) Dokumentacja hydrogeologiczna stawu osadowego „Kowary” Rap. ser. SPR nr 7/2000, Bibl. Inst. Geotech. i Hydrotech. PWr, Wrocław.
- [83] Ottoson L., Rystedt B., National GIS programmes in Sweden, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 2: Applications, s. 39-46, Longman Scientific & Technical, New York 1993
- [84] Paczyński B., Płochniewski Z., Sadurski A., Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50000 nowym etapem polskiej kartografii hydrogeologicznej, s.191- 210, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, Hydrogeologia, nr 388, Warszawa 1999.
- [85] Parker H. D. , The unique qualities of a geographic information system: a commentary. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11):1547-1549, 1988
- [86] Pilecka E., Krokoszyńska M., Góralski M., O możliwościach komputerowego modelowania powierzchni geologicznych, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 2, s. 143-146, 1998
- [87] Radwanek-Bąk B., Myszką R., Problematyka waloryzacji terenów dla potrzeb budownictwa na mapach geologiczno-gospodarczych, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, pp. 1056-1058, 1998
- [88] Raport o stanie środowiska w województwie Jeleniogórskim w 1997 roku, PIOŚ, Wydział Analiz i Ocen WIOŚ Jelenia Góra, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Jelenia Góra, 1998
- [89] Rogala R., Kowal J., (1999), Badania Hydrologiczne rzeki Jedlicy do wodowskazu w Kowarach dla określenia charakterystyki hydrologicznej zlewni w rejonie osadnika

odpadów po uranowych, Rap. ser. SPR nr 1/2000, Bibl. Inst. Geotech. i Hydrotech. PWr, Wrocław.

- [90] Rozporządzenie Ministra MOŚZNiL z dnia 20 grudnia 1996r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie. Dz.U.97.21.111.
- [91] Rozporządzenie Ministra SWiA z dnia 24 września 1998r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Dz.U.98.126.839
- [92] Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 05.11.1991 r w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub ziemi, (Dz.U. nr116, poz.503).
- [93] Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 14.07. 1998 r. W sprawie wymagań, jakom powinny odpowiadać oceny oddziaływania na środowisko inwestycji nie zaliczonych do inwestycji szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi albo mogących pogorszyć stan środowiska, obiektów oraz robót zmieniających stosunki wodne (Dz.U., nr 93, poz.590).
- [94] Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 14.07.1998 r w sprawie określenia rodzajów inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi albo inwestycji mogących pogorszyć stan środowiska oraz wymagań, jakim powinny odpowiadać oceny oddziaływania na środowisko tych inwestycji (Dz. U., nr 93, poz. 589).
- [95] Sikorska-Maykowska M., Elementy hydrologii i hydrogeologii na Mapie geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000 Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, s. 1049-1050, 1998
- [96] Sikorska-Maykowska M., Tarwid-Maciejowska S., Teksty objaśniające do arkuszy Mapy geologiczno-gospodarczej w skali 1:50 000, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, s. 1043-1046, 1998
- [97] Smakowski T., Strzelecki R., Baza danych gospodarczo-złożowych jako integralna część Mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000, Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 10, pp. 1041-1042, 1998
- [98] Sprawozdanie z prac wiertniczych wykonanych na terenie stawu osadowego Kowary Przeds. Wiertex , Legnica, 1999.
- [99] Stankiewicz-Dubois H., Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych, Wyd. PIOŚ, Bibl. Monit. Środ., Warszawa, 1995.

- [100] Starr L. E., Anderson K.E., A USGS perspective on GIS, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 2: Applications, pp. 11-22, Longman Scientific & Technical, New York 1993.
- [101] Stasiak S., Biegalski A., Stolorz F., Czaplicki K., (1962), Projekt wstępny Zakładu Doświadczalnego Chemicznych Koncentratów Uranowych w Kowarach, Arch. Państw. Agenc. Atom., Jelenia Góra 1962.
- [102] Stasiak S., Stolorz R., Projekt wstępny Zakładu Doświadczalnego Chemicznych Koncentratów Uranowych w Kowarach – część rysunkowa, Arch. Państw. Agenc. Atom., Jelenia Góra, 1962.
- [103] Steininger M., Gnach T., Jamuła E., Nowikowska M., Załuski W., Monitoring wód w rejonie osadnika „Kowary” w 1999 r., Rap. ser. SPR nr 93/1999, Bibl. Inst. Chem. i Tech, Nafty i Węgla, Wrocław, 1999.
- [104] Stilger –Szydło E., Szydło A., Wspomaganie komputerowe w ocenie wpływu drgań na budowle ziemne, VI KK Komputerowe wspomaganie badań naukowych, mat. konf. , s. 289- 294, Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław, 1999.
- [105] Stilger-Szydło E., Rola systemów komputerowych w prognozowaniu osuwisk budowli ziemnych, IV KK Komputerowe wspomaganie badań naukowych, mat. konf. , s. 489- 494, Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław- Świeradów, 1997.
- [106] Stilger-Szydło E., Wyjadłowski M., Wspomaganie komputerowe w projektowaniu posadowień obiektów inżynierskich, VIII KK Komputerowe wspomaganie badań naukowych, mat. konf. , s. 273- 278, Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław- Świeradów, 1997.
- [107] Strzelecki T., Barcikowska M., Tworzenie oprogramowania GIS jako elementu wdrożenia systemu informacji o terenie, W: Problemy naukowo-badawcze budownictwa, XLIII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB,T.2, Inżynieria i Gospodarka komunalna, Poznań-Krynica, 1997.
- [108] Strzelecki T., Założenia metodyczne, informatyczne i technologiczne Dolnośląskiego Systemu Informacji Przestrzennej, w: Główne problemy współczesnej kartografii 2000. Złożoność, modelowanie, technologia, pod red. W. Pawlaka, Uniwersytet Wrocławski, Pracownia Atlasu Dolnego Śląska i Zakład Kartografii, Wrocław, 2000
- [109] Strzelecki T., Żak S., Woźniak J., Rybalko L., Koncepcja systemu informacji geograficznych w gminie, w: IV Konferencja Naukowo-techniczna „Systemy

- Informacji Przestrzennej”, Wyd. Towarzystwo Informacji Przestrzennej, Warszawa, 1994
- [110] Stupnicka E., Geologia regionalna Polski, Wyd. Geologiczne, Warszawa, 1989.
- [111] Szałamacha J., Szałamacha M., Seria Niedomirowa w świetle nowego strukturalnego podziału wschodniej części pokrywy granitu karkonoskiego, Kwart. Geol.t.11, z.2, 1967.
- [112] Szałamacha J., Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów, ark. Kowary, 1:25000, 1957
- [113] Szczepański A., Adamczyk A.F., Haładus A., Górniczo-hydrogeologiczne uwarunkowania likwidacji kopalń i składowania słonych wód kopalnianych w starych wyrobiskach, w: Współczesne Problemy Hydrogeologii, s. 307-312, Inst. Nauk Geol. Uniwersytetu Wrocławskiego, Oficyna Wyd. Sudety, Wrocław, 1993.
- [114] Szczepański A., Modelowanie matematyczne w gospodarowaniu środowiskiem wodnym i jego ochronie, Modelowanie matematyczne w strategii gospodarowania środowiskiem, III Forum Inżynierii Ekologicznej, s. 91-98, Nałęczów, 2000.
- [115] Szczepański A., Współczesne problemy hydrogeologii w Polsce, w: Współczesne Problemy Hydrogeologii, T. VII, cz.1, s. 9-21, Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH Kraków, Kraków- Krynica, 1995.
- [116] Sztuk H., Adamski W., Gawor F., Inwentaryzacja uszkodzeń środowiska na skutek prowadzenia poszukiwań i eksploatacji złóż uranowych. Rap. nr I-11/S-5/94, Bibl. Inst. Górn. PWR, Wrocław, 1994.
- [117] Teisseyre J.H., Skały metamorficzne Rudaw Janowickich i Grzbietu Lasockiego. Geol. Sud. vol. 8, 1973.
- [118] Tomlin C. D., Geographic Information Systems and Cartographic Modeling, Prentice Hall, New Jersey, 1990.
- [119] Tymczasowe, ogólne wytyczne w zakresie projektowania budowy i użytkowania powierzchniowych zbiorników wodnych i osadników przemysłowych na terenach objętych podziemną eksploatacją górnictwem. Wyd. Ministerstwa Górnictwa i Energetyki. Katowice, 1973r
- [120] Urbański J. , Zrozumieć GIS. Analiza informacji przestrzennej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1997.
- [121] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r., Prawo ochrony środowiska, Dz.U. z dnia 20 czerwca 2001r.

- [122] Wachelka L., M. Kłos, M. Sołowczuk, Cyfrowa relacyjna baza danych geologiczno-górnich, Optymalizacja wydobywania kopalin przy wykorzystaniu technik informatycznych, s. 7-18, Bogatynia 27–29.10.1999, Agencja Wydawnictw i Reklamy Silesia, Katowice, 1999.
- [123] Weibel R., Heller M. Digital terrain Modelling, in: Geographical Information Systems. Principles and Applications, Volume 1: Principles, s. 269-296, Longman Scientific & Technical, New York, 1993.
- [124] Werner P., Wprowadzenie do Geograficznych Systemów Informacyjnych, Uniwersytet Warszawski, Wydz. Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa, 1992.
- [125] Wolski P., Giedych R., Dreksler B., System informacji o terenach zieleni Warszawy i jego wykorzystanie na potrzeby planowania przestrzennego, s. 95-108, w: Problemy ekologii krajobrazu tom IV, Systemy Informacji Geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego, Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1998.
- [126] Woźniak J., Zając P., Budowa baz graficznych Systemów Informacji Geograficznych na podstawie pomiarów technikami satelitarnymi i Total Station, VI KK Komputerowe wspomaganie badań naukowych, mat. konf., s. 337-340, Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław- Świeradów, 1999.
- [127] Wróblewski J., Sprawozdanie z badań zagrożenia radiologicznego środowiska naturalnego byłych kopalni uranu „Wolność”, „Podgórze”, „Liczyrzepa” w Kowarach w okresie od 1 stycznia 1999r. do 31 marca 1999r., Jelenia Góra, 1999
- [128] Wytyczne wydziałania warstw geotechnicznych, Wyd. „Geoprojekt”, Warszawa, 1987
- [129] Zagożdżon K. & Zagożdżon P., Wybrane sztolnie Sudetów w aspekcie możliwości ich udostępnienia. Pr. Nauk. Inst. Górn. Polit. Wr. nr 85, Studia i Materiały nr 27, 1998.
- [130] Zagożdżon K., Zagożdżon P., Kontakt masywu Karkonoszy z osłoną metamorficzną w sztolni w Kowarach Górnych, Przegląd Geologiczny, vol. 45, nr 5, 1997.
- [131] Założenia budowy Doświadczalnego Zakładu Chemicznego Koncentratów Uranowych tzw. ZPR-1 w Kowarach, Arch. Państ. Agenc. Atom., Jelenia Góra, 1961.
- [132] Zdunek T., Dokumentacja technicznych badań podłoża grobli i osadnika spółki „Hydromet” w Kowarach, Arch. Sp. „Hydromet”, Kowary, 1990.
- [133] Zimnoch E., Seria magnetytowa Kowar. Biul. Inst. Geol., 171, 1961.

SPIS RYSUNKÓW:

Rys. 1. Schemat przedstawiający blok funkcji GIS.

Rys. 2. Mapa lokalizacji badań terenowych w rejonie stawu osadowego w Kowarach, wygenerowana z bazy danych dzięki aplikacji *Geologia*.

Rys. 3. Okno graficzne przedstawiające fragment mapy cyfrowej rejonu stawu osadowego z otwartą nakładką do wektoryzacji rzeźby terenu w programie *Mapa2000*.

Rys. 4. Mapa lokalizacji stawu osadowego „Kowary”.

Rys. 5. Mapa geologiczno-inżynierska rejonu stawu osadowego w Kowarach, stworzona na podstawie własnego kartowania geologicznego we wrześniu 1999 r.

Rys. 6. Schemat przedstawiający zakres bazy danych *Geologia inżynierska*.

Rys. 7. Okno graficzne przedstawiające *główne menu* bazy danych *Geologia inżynierska*.

Rys. 8. Okno graficzne przedstawiające ukazującą się formatkę do wpisania hasła - zabezpieczenia bazy danych.

Rys. 9. Okno graficzne umożliwiające wpisywanie ogólnych danych, dotyczących otworów geologicznych.

Rys.10. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących profilu geologicznego dla poszczególnych otworów lub wkopów.

Rys.11. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych z zamieszczonym słownikiem nazw gruntów.

Rys.12. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących właściwości geotechnicznych prób gruntów.

Rys.13. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących uziarnienia gruntów.

Rys. 14. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących konsystencji gruntów spoistych i zagęszczenia gruntów sypkich.

Rys.15. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących poziomów wodonośnych.

Rys.16. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących wyników laboratoryjnych wody dla próby niefiltrowanej.

Rys.17. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących wyników laboratoryjnych wody dla próby filtrowanej.

Rys.18. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących wyników laboratoryjnych wody - kationy.

Rys.19. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących wyników laboratoryjnych wody – aniony.

Rys.20. Okno graficzne umożliwiające wprowadzanie danych dotyczących składu mineralogicznego gruntów.

Rys.21. Przykład karty otworu geologicznego generowanej z bazy danych dzięki aplikacji *Geologia* wykonanego w okresie VII 2000 r.

Rys. 22. Przykład karty otworu geologicznego generowanej z bazy danych dzięki aplikacji *Geologia* wykonanego w okresie X-XII 1999 r.

Rys. 23. Przykład przekroju geologicznego generowanego z bazy danych dzięki aplikacji *Geologia*.

Rys. 24. Trójkątny model powierzchni terenu stawu osadowego w Kowarach.

Rys. 25. Mapa ukształtowania powierzchni terenu stawu osadowego w Kowarach.

Rys. 26. Mapa hydroizohips rejonu stawu osadowego w Kowarach.

Rys. 27. Mapa stropu granitu i gnejsu rejonu stawu osadowego w Kowarach.

Rys. 28. Mapa geologiczno-inżynierska wygenerowana z Numerycznego Modelu Terenu (DTM).

Rys. 29. Rzut perspektywiczny ukształtowania powierzchni terenu rejonu stawu osadowego Kowary wygenerowana z Numerycznego Modelu Terenu (DTM).

Rys. 30. Mapa mocy dawki promieniowania gamma wygenerowana z Numerycznego Modelu Terenu (DTM)

Rys. 31. a. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż linii 1-1 wygenerowany z NMBGT.

 b. Profil mocy dawki promieniowania gamma wzdłuż linii 1-1 wygenerowany z DTM.

Rys. 32. a. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż linii 2-2 wygenerowany z NMBGT.

 b. Profil mocy dawki promieniowania gamma wzdłuż linii 2-2 wygenerowany z DTM.

Rys. 33. a. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż linii A-A wygenerowany z NMBGT.

 b. Profil mocy dawki promieniowania gamma wzdłuż linii A-A wygenerowany z DTM.

- Rys. 34.**
- a.** Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż linii B-B wygenerowany z NMBGT.
 - b.** Profil mocy dawki promieniowania gamma wzdłuż linii B-B wygenerowany z DTM.

Rys. 35. Mapa stref roślinności w rejonie stawu osadowego za B. Kołwzan [49], wykonana na platformie graficznej MicroStation.

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW:

- Zał. 1** Przykładowy wykres analizy derywatograficznej.
- Zał. 2.** Przykładowy wykres analizy rentgenostrukturalnej.
- Zał.3.** Przekrój geologiczno-inżynierski za „Dokumentacją geologiczno-inżynierską...”[51]
- Zał.4.** Tabela parametrów geotechnicznych gruntów, za „Dokumentacją geologiczno-inżynierską...” [51].
- Zał.5.** Przykładowa tabela z wynikami sondowania gruntów.
- Zał. 6.** Zestawienie wyników badań laboratoryjnych gruntów.
- Zał. 7** Zestawienie wyników badań konsystencji gruntów.
- Zał. 8.** Zestawienie wyników badań składu granulometrycznego gruntów.
- Zał. 9.** Zestawienie wyników badań mineralogicznych gruntów.
- Zał.10.** Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym – gęstość objętościowa, kąt tarcia wewnętrznego, kohezja.
- Zał.11.** Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym – charakterystyka gruntów spoistych.

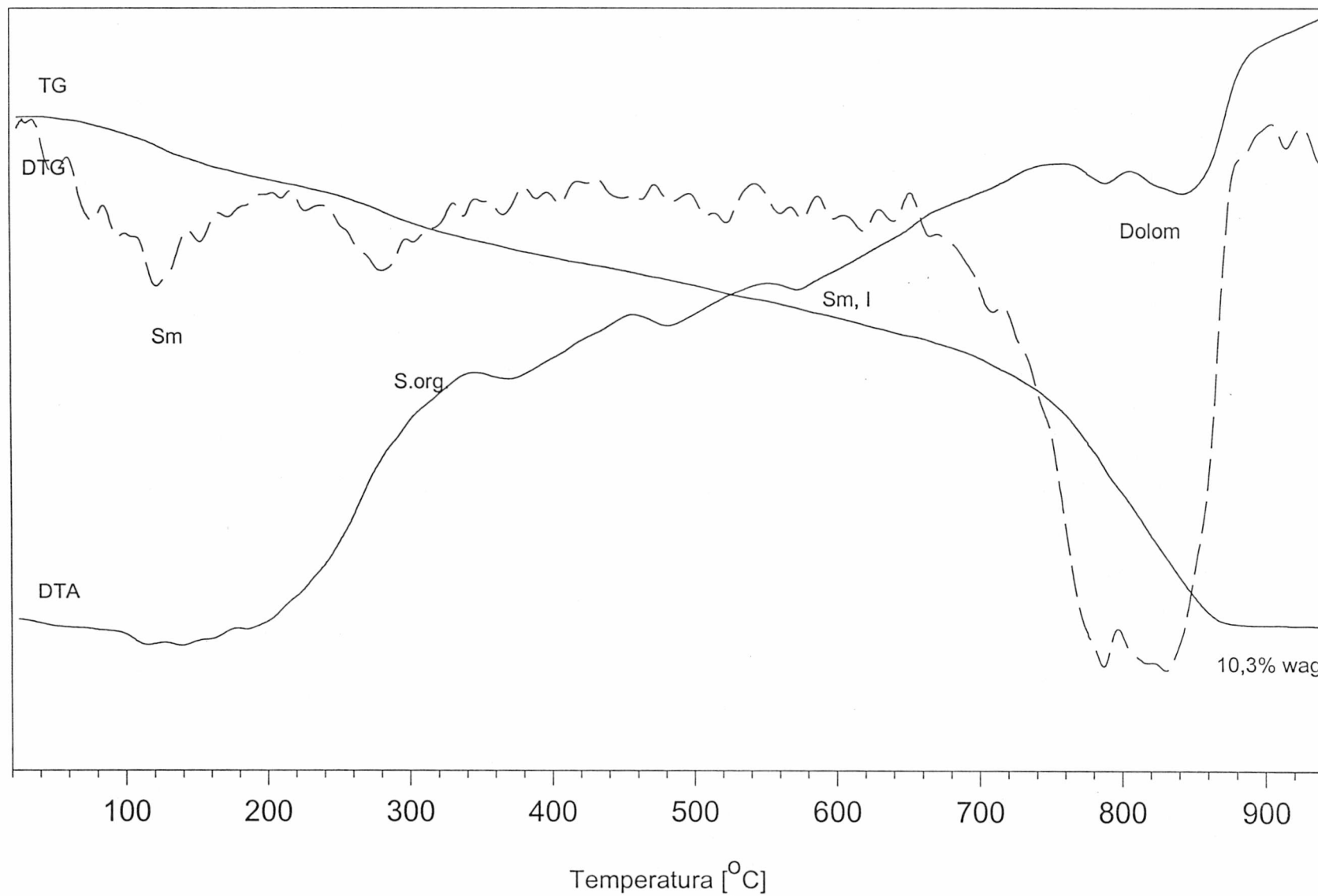
Zal.12. Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym – skład granulometryczny.

Zal.13. Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym – skład mineralogiczny.

SPIS ODBIORCÓW:

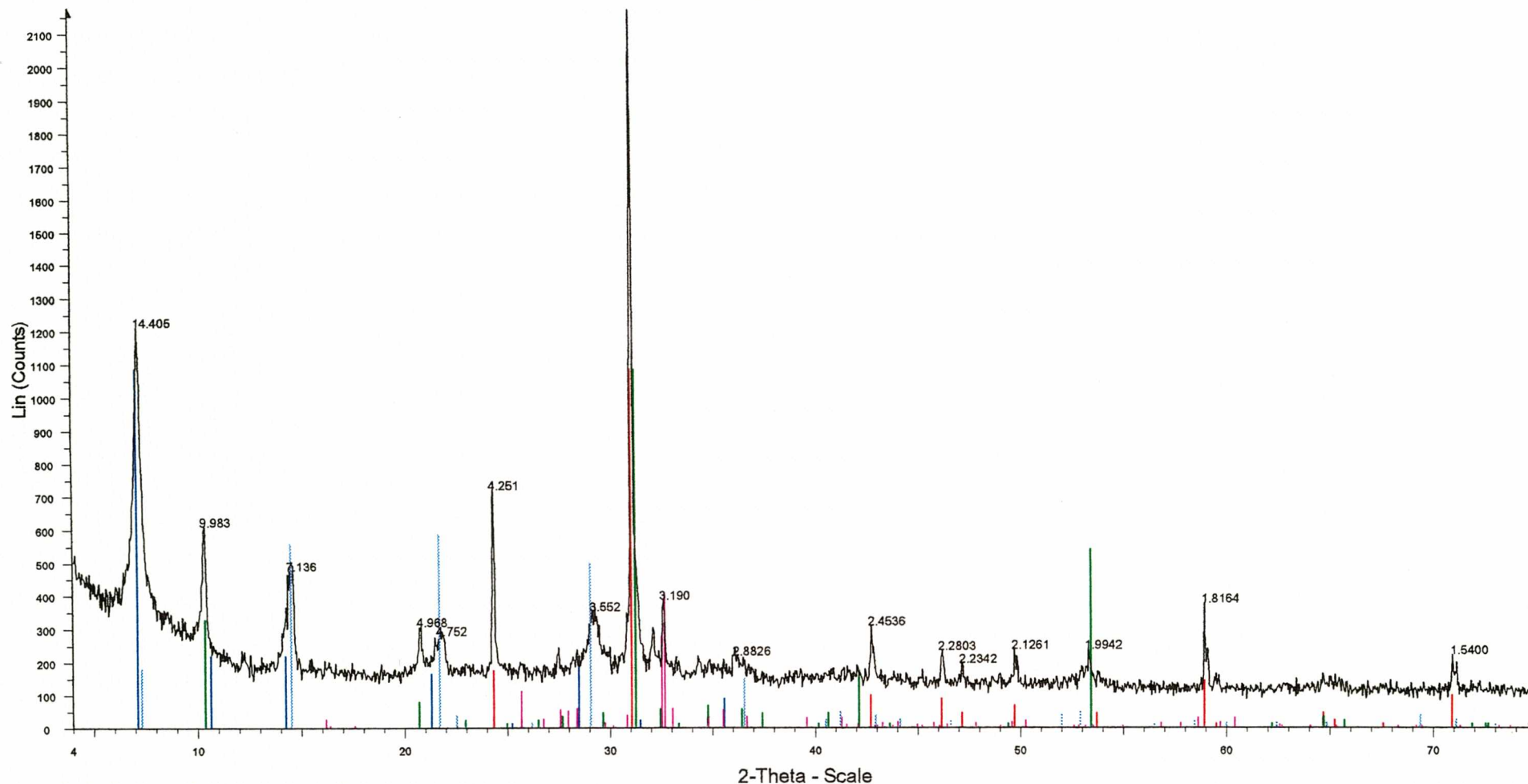
1. Dyrektor Instytutu Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej. – 1 egz.
2. Promotor pracy doktorskiej – 1 egz.
3. Recenzenci pracy doktorskiej – 2 egz.
4. Komitet Badań Naukowych – 1 egz.
5. Autorka pracy doktorskiej – 1 egz.





ZaŁ. 1 Przykładowy wykres analizy derywatograficznej.

P5-14



P5-14 - File: P5-14.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75.000 ° - Step: 0.040 ° - Step time: 2.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 3 s - 2-Theta: 4.000 ° - T
Operations: Import

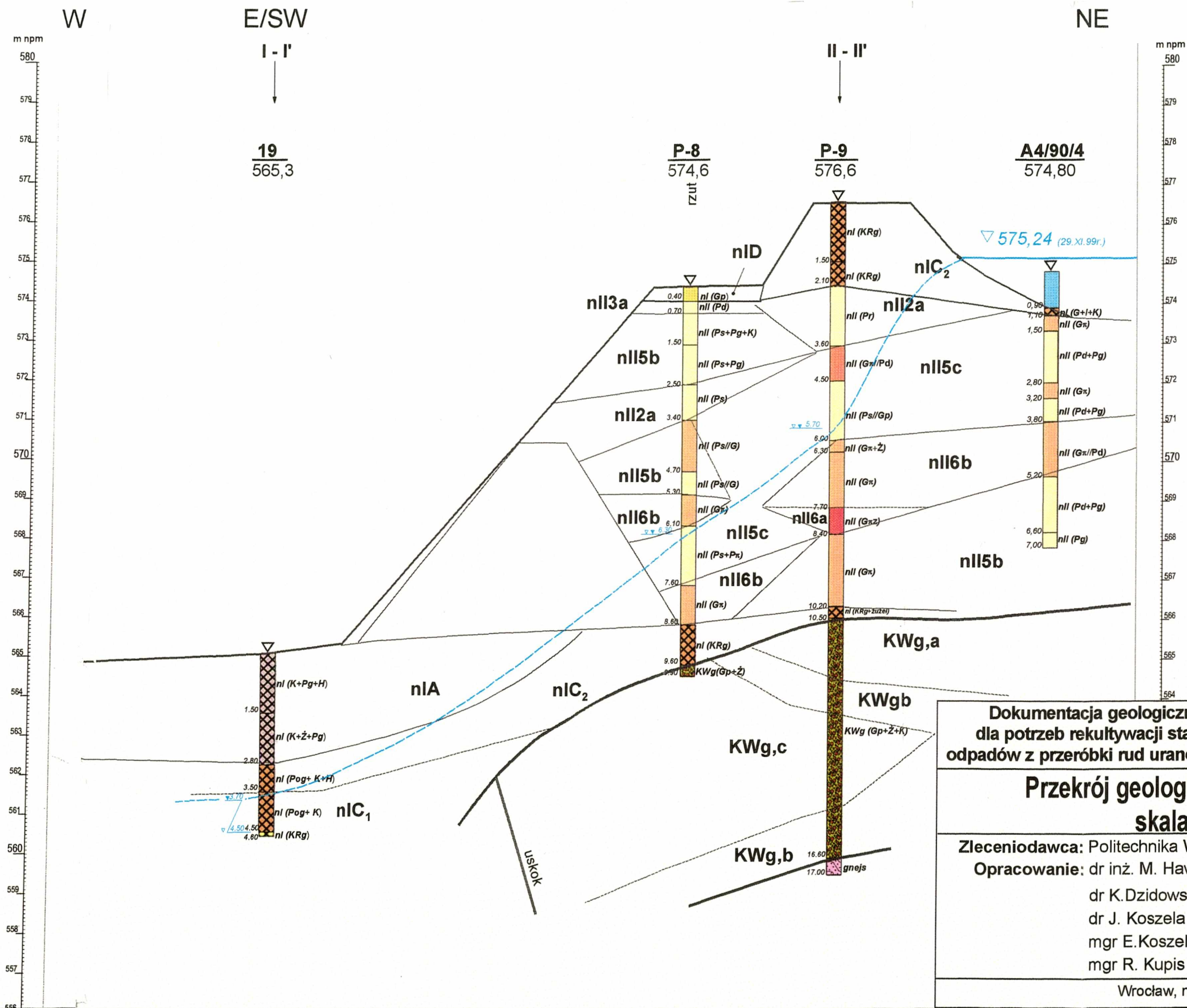
46-1045 (*) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897

07-0027 (D) - Montmorillonite-chlorite - Na-Ca-Al-Si₄O₁₀-O - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897

46-1409 (I) - Muscovite, vanadian barian - (K,Ba,Na)_{0.75}(Al,Mg,Cr,V)₂(Si,Al,V)₄O₁₀(OH,O)₂ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897

41-1480 (I) - Albite, calcian, ordered - (Na,Ca)Al(Si,Al)₃O₈ - Y: 18.75 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897

12-0185 (D) - Clinocllore - (Mg,Fe,Al)₆(Si,Cr)₄O₁₀(OH)₈ - Y: 27.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897



**Dokumentacja geologiczno-inżynierska
dla potrzeb rekultywacji stawu osadowego
odpadów z przeróbki rud uranowych w Kowarach**

Załącznik G.71.

Przekrój geologiczno-inżynierski 6-6'
skala 1:250/100

Zleceniodawca: Politechnika Wroclawska

Opracowanie: dr inż. M. Hawrysz upr.geol VI-0376

dr K.Dzidowska upr. geol VII-12 121

dr J. Koszela upr. geol CUG 070627

mgr E.Koszela-Marek

mgr R. Kupis

mgr M. Muskała

Wrocław, marzec 2000r.

Tab.3. PARAMETRY GEOTECHNICZNE WYDZIELONYCH WARSTW GEOTECHNICZNYCH

Podział wg pochodzenia	Numer warstwy geotechnicznej	Rodzaj gruntu wg PN-86/B-02480	Stan gruntu		Wilgotność naturalna	Gęstość objętościowa	Współczynnik filtracji	Parametry wytrzymałościowe						Parametry ścisłości (odkształcalności)								
								głęb.0-8m		głęb.8-16m		głęb. 16-24m		głęb.0-8m			głęb.8-16m			głęb. 16-24m		
			I _D	I _L	wn	ρ	k ₁₀	φ _s	c _s	φ _s	c _s	φ _s	c _s	σ ₁	e ₁	C _c	σ ₁	e ₁	C _c	σ ₁	e ₁	C _c
					%	g/cm ³	cm/s	st	kPa	st	kPa	st	kPa	kPa			kPa			kPa		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Grunt antropogeniczny (nasyp) nI	nIA	KR, Po+K, Ż, Ps+K	ln	-	7,3	1,84	-	39,6 37,7÷41,8	42 34÷49	-	-	-	-	21	0,418 0,529÷0,246	0,037 0,044÷0,028	-	-	-	-	-	-
	nIB	Pd, Ps	szg	-	9,6	1,98	6,3×10 ⁻⁵	42,5	48	-	-	-	-	21	0,746 1,102÷0,346	0,084 0,084÷0,021	-	-	-	-	-	-
	nIC	KRg, Gp+K, Pog+K	-	<0 (-0,7) pzw	14,5	1,98	1,7×10 ⁻⁵	33,7 31,5÷32,6	52 38÷70	-	-	-	-	21	0,492 0,581÷0,429	0,049 0,092÷0,044	-	-	-	-	-	-
			-	0,37 pl	21,1	2,07	5,4×10 ⁻⁶	25,9 23,4÷25,1	20 8÷33	0 0÷9,6	103 82÷84	-	-	21	0,500 0,751÷0,360	0,064 0,099÷0,042	171	0,441 0,661÷0,324	0,077 0,100÷0,068	-	-	-
	nID	Gp	-	0,07 tpl	29,6	1,84	3,8×10 ⁻⁶	27,8	52	-	-	-	-	21	0,807	0,071	-	-	-	-	-	-
Grunt antropogeniczny (osad) nII	nII1	Ż	0,20 ln	-	15,8	1,88	-	-	-	-	-	-	-	21	0,716	0,042	-	-	-	-	-	-
	nII2	Pr, Ps	0,22 ln	-	14,2	1,80	-	41,5	0	-	-	-	-	21	1,006	0,128	-	-	-	-	-	-
			0,52 szg	-	15,6	2,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	nII3	Pd, Pπ	0,07 bln	-	15,2	1,70	4,7×10 ⁻⁵	32,8 28,6÷35,7	13 0÷15	-	-	-	-	21	1,014 1,133÷0,863	0,101 0,075÷0,071	-	-	-	-	-	-
			0,31 ln	-	14,3	1,80	2,3×10 ⁻⁵	33,8 29,8÷36,6	10 0÷17	33,8	10	-	-	21	0,610 0,879÷0,316	0,066 0,072÷0,022	-	-	-	-	-	-
			0,49 szg	-	22,9	1,84	1,5×10 ⁻⁵	38,3 36,0÷37,2	15 0÷42	-	-	-	-	21	0,631 0,833÷0,465	0,047 0,052÷0,043	171	0,588	0,050	-	-	-
	nII4	II, IIp	-	<0 (-0,4) pzw	22,5	1,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	1,77 pl	44,9	1,76	-	33,7	18	-	-	-	-	21	1,002	0,112	-	-	-	-	-	-
	nII5	Pg, G, Gp, Pg/Gp	-	<0 (-1,6) pzw	14,0	1,98	7,8×10 ⁻⁶	38,4	25	-	-	-	-	21	0,450	0,043	-	-	-	-	-	-
			-	0,2 tpl	16,9	2,06	2,7×10 ⁻⁶	35,7 33,7÷35,7	20 15÷25	26,8 25,2÷30,2	56 48÷49	-	-	21	0,533 0,738÷0,281	0,060 0,087÷0,032	171	0,478 0,659÷0,255	0,079 0,100÷0,073	-	-	-
			-	0,58÷1 ,51 mpl/pl	35,3	1,82	1,7×10 ⁻⁶	23,4 10,3÷31,6	11 11÷20	20,9	20	-	-	21	0,766 1,094÷0,487	0,136 0,203÷0,130	171	0,642	0,136	-	-	-
	nII6	Gπ, Gπz, I	-	0,33 pl	37,1	1,91	7,9×10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	171	-	-	-	-	-
			-	1,0 mpl/pl	54,1	1,77	9,8×10 ⁻⁶	20,5 7,2÷30,7	6 6÷8	13,1 7,2÷30,7	30 6÷8	-	-	21	1,187 1,453÷0,872	0,260 0,290÷0,186	171	0,950 1,189÷0,703	0,260 0,290÷0,195	-	-	-
Grunt rodzimy	KWg	KWg	-	<0 (-0,73) pzw	13,5	2,07	6,1×10 ⁻⁶	34,3	65	34,3	65	34,3	65	21	0,471 0,578÷0,452	0,059 0,040÷0,086	171	0,417 0,542÷0,374	0,080 0,086÷0,087	341	0,393 0,516÷0,348	0,121 0,128÷0,110
			-	0,12 tpl	18,5	2,10	3,9×10 ⁻⁵	33,5	30	33,5	30	33,5	30	21	0,503 0,571÷0,422	0,045 0,038÷0,044	171	0,462	0,077	-	-	-
			-	0,33÷0 ,89 pl/mpl	20,2	2,09	2,4×10 ⁻⁵	28	30	22	30	22	30	21	-	-	171	0,400 0,532÷0,249	0,066 0,082÷0,054	341	0,380 0,507÷0,233	0,066 0,071÷0,054
	KW	Ż	szg	-	5,84	-	6,5×10 ⁻²	34,5	0	34,5	0	34,5	0	21	0,735	0,059	171	0,681	0,122	-	-	-

Zał.4. Tabela parametrów geotechnicznych gruntów , za „Dokumentacją geologiczno-inżynierską...” [51].

WYNIKI BADAŃ SONDĄ DYNAMICZNĄ TYPU SC

NAZWA TEMATU : STAW OSADOWY "KOWARY"

			Stan zagęszczenia									OTW. NR: SC3 DATA: 15.12.99 RZĘDNA :576,7						
			luźny	średnio zagęszczony			zagęszczony											
			Stopień zagęszczenia, I_b															
			$I_b=0,33$			$I_b=0,66$			$I_b=0,80$									
głębokość w m ppt	zw. wody	Profil litologiczny	Ilość uderowań na 20 cm wbicia sondy												INTERPRETACJA			
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	N_{20}	N_{KOR}	I_D	I_S			
		nasyp (Gp+żużel)																
1		osad (G//Ps)																
2		osad (Ps)																
3		osad (G π)												4	4	0,15		
4		osad (Ps/Pd)												6	6	0,24		
5	 5,5	osad (Ps/Pd)												11	11	0,40		
6																		
7		osad (G π //Ps/Pr)																
8																		
9																		
10		osad (Ps/P π)												14	17	0,52		
11																		
12																		
13																		
14																		

wg PN-81/B-03020

Załącznik 5. Przykładowa tabela z wynikami sondowania gruntów.

Załącznik 6. Zestawienie wyników badań laboratoryjnych gruntów

Zestawienie wyników badań laboratoryjnych

Miejscowość: Kowary Górne

Powiat: Jel. Góra

Obiekt: staw osadowy

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
la	6/13	glina pylasta, glina piaszczysta	Gpyl/Gp	23,9	12,5	2,07			3 - 5 %		
la	6/14	piasek średni, piasek gliniasty	Ps/Pg	10,9	13,5	2,24			>5 %		
la	6/15	glina piaszczysta	Gp	37,5	15	1,72			<1 %		
la	11/8	pospółka gliniasta, żwir	Pog+Żg+K	28,7	12,7	1,99	29,5	10	>5 %	6,7 *10 ⁻⁶	
la	12/11	piasek gliniasty, glina pylasta	Pg+Gpyl	32,2	12	1,62			<1 %		
la	12/12	glina piaszczysta, glina,	Gp/G+K	34,8	13,5	1,76	32	6	<1 %	7,24 *10 ⁻⁶	
la	13/1	piasek gliniasty, kamienie	Pg+K	10,8	0,2	1,65			<1 %		
la	13/2	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	18,8	0,9	1,74	28	13	<1 %	1,2 *10 ⁻⁵	
la	13a/2	pospółka gliniasta	Pog	24,2	0,9	1,96			<1 %		
la	13/3	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	19,3	1,2				<1 %		
la	14/11	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	22,5	9,5	1,94			<1 %		
la	14/12	glina piaszczysta, żwir	Gp+Ż	20,6	10,4	1,97			<1 %		
la	15/1	piasek drobny	Pd	16,9	0,7	2,1			<1 %		
la	15/2	glina pylasta, żwir	Gpyl+Ż	20,9	1	1,98	8,5	10	<1 %	6,6 *10 ⁻⁶	
la	15/4	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	14	3	2,17			3 - 5 %		
la	15/5	glina piaszczysta, żwir	Gp+Ż	18,9	4	2,14	33	16	1 - 3 %	8,65 *10 ⁻⁶	
la	15/6	piasek gliniasty, kamienie	Pg+K	19,5	5	1,98			1 - 3 %		
la	15/7	glina, żwir, kamienie	G+Ż+K	17,3	5,5	2,26			<1 %		
la	16/2	pospółka, kamienie	Po+K	6,9	1	1,84	40	53	>5 %	4,46 *10 ⁻⁶	
la	16/3	piasek średni, piasek pylasty,	Ps+Ppyl+K	6	2	2			>5 %		
la	16/4	rumosz	KR	6,8	3	1,91					

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
la	16/5	rumosz gliniasty	KRg	19,2	4,5	1,97	34	36	3 - 5 %	1,49 *10 ⁻⁵	
la	16/6	rumosz gliniasty	KRg	20,7	5,5	2,06			>5 %		
la	17/1	pospółka, piasek pylasty,	Po/Ppyl+Ps	6,1	0,5	1,65			<1 %		
la	17/2	piasek pylasty, kamienie	Ppyl+K	5,6	1,5	1,7	41	30	>5 %	3,01 *10 ⁻⁵	
la	17/3	piasek średni, kamienie	Ps+K	6,2	2,5	1,82			>5 %		
la	17/4	pospółka, kamienie	Po+K	3,8	4,5	1,83			>5 %		
la	17/5	glina piaszczysta, żwir	Gp+Ż	28,3	5,5	1,9	25	20	<1 %	9,27 *10 ⁻⁶	
la	18/2	piasek średni, kamienie	Ppyl+K	7,3	1	1,61			>5 %		
la	18/3	piasek pylasty, kamienie	Ppyl+K	7	2,5	1,81	42,5	40	>5 %	6,44 *10 ⁻⁶	
la	18/5	glina, kamienie, żwir	G+Z+K	31,3	5,2		39	33		1,11 *10 ⁻⁵	
la	18/6	glina, glina piaszczysta	G/Gp	28,6	6	1,82			<1 %		
la	19/1	rumosz		7,9	1	1,92					
la	19/2	piasek gliniasty, kamienie	Pg+K	5,7	1,7	1,99	32,5	50	>5 %	7,59 *10 ⁻⁶	
la	19/3	pospółka gliniasta, kamienie	Pog+K	22	3,3	2,06			<1 %		
la	19/4	pospółka gliniasta	Pog	15	3,8	2,01	30	56	<1 %	1,24 *10 ⁻⁵	
la	19/5	rumosz gliniasty	KRg	18,9	4,6	2,18	33	3	<1 %	4,8 *10 ⁻⁶	
la	P1/1	wietrzelina gliniast	ZWg	19,4	1	2,13	34	55	<1 %	3,05 *10 ⁻⁶	
la	P2/1	glina piaszczysta	Gp	14,3	0,5	1,87			3 - 5 %		
la	P2/2	piasek gliniasty	Pg	20,4	1,2	2	29	10	3 - 5 %	3,15 *10 ⁻⁶	
la	P2/3	glina	G	21	2,4	2,04			<1 %		
la	P2/4	glina	G	15,9	3	2,1			3 - 5 %		
la	P2/5	rumosz gliniasty	KRg	13,6	3,6	2,24	27	23	<1 %	3,81 *10 ⁻⁶	
la	P2/6	rumosz gliniasty	KRg	9	4,3	2,15			3 - 5 %		
la	P2/7	rumosz gliniasty	KRg	20,5	5	2,05	18	23	<1 %	1,99 *10 ⁻⁶	
la	P2/8	rumosz gliniasty		23,3	6,5	1,97					CaCO ₃ <1
la	P2/9	rumosz gliniasty	KRg	21,3	7,4	2,04			<1 %		
la	P2/10	rumosz	KR	6,9	8,4				3 - 5 %	3,89 *10 ⁻⁶	
la	P3/14	glina piaszczysta	Gp	30	15	2,13			<1 %		
la	P4/2	<prosze wybrać>			0,8						

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
la	P4/2	piasek średni, kamienie	Ps+K	8,5	0,8				>5 %		
la	P4/4	piasek pylasty	Ppyl	4,8	2,5				>5 %		
la	P4/5	piasek pylasty, kamienie	Ppyl+K	6,6	3,8	2,08			>5 %		
la	P4/6	nasyp niekontrolowan	NN	10,5	4,1	1,8	38	43		8,24 *10 ⁻⁵	
la	P4/7	nasyp niekontrolowan	NN	34,9	4,8	1,88					
la	P5/11	pył, glina piaszczysta	Pyl/Gp	2,62	11	1,91			>5 %		
la	P5/12	glina pylasta	Gpyl	37,3	11,5	1,95	15	8	>5 %	4,67 *10 ⁻⁵	
la	P7/1	glina, kamienie, piasek średni	G+K+Ps	12,2	0,75	1,73			3 - 5 %		
la	P7/2	piasek średni, kamienie	Ps+K	9,7	1,5	2,03	42	50	<1 %	6,26 *10 ⁻⁵	
la	P7/3	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	9,9	2,5	2,07	47	45	<1 %	1,73 *10 ⁻⁵	
la	P7/4	piasek gliniasty, kamienie	Pg+K	6,4	3,5	1,64			<1 %		
la	P7/5	piasek gliniasty, kamienie	Pg+K	8,3	4,5	1,63	36	70	<1 %	5,96 *10 ⁻⁵	
la	P7/6	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	22,4	5,2	2,1			<1 %	-5	
la	P8/12	glina pylasta	Gpyl	64,2	8,6	1,64			3 - 5 %		
la	P8/13	glina piaszczysta, żwir	Gp+Ż	25,4	9	2,12	22	12	>5 %		
la	1N/7	wietrzelnina gliniasta	ZWg	31,3	6,7	2,04					
la	W1/2	żwir gliniasty, kamienie	Żg+K	15,9	0,5	1,76	42	50	1 - 3 %		
la	W1/3	glina, żwir	G+Ż	30,8	0,9	1,82	30	23	<1 %		
la	W2/1	glina piaszczysta, kamienie	Gp + K	25,9	0,3	2	15	30	<1 %		
la	W2/2	pospółka gliniasta	Pog	7,6	0,9				1 - 3 %		
la	W2/3	glina piaszczysta, żwir	Gp+Ż	12,9	1,5	2,04	30	60	<1 %		
la	W6/1	żwir gliniasty	Żg	15,4	0,5	2,22			<1 %		
lb	6/8	glina pylasta, pył, piasek średni	Gpyl/Pyl/*Ps	34,1	8	1,96	26	0	3 - 5 %	6,2 *10 ⁻⁶	
lb	6/9	glina pylasta	Gpyl	67,6	9	1,87			3 - 5 %		
lb	6/10	glina pylasta, piasek średni	Gpyl//Ps		10						
lb	6/11	glina pylasta	Gpyl	43,2	10,6	1,87			3 - 5 %		
lb	6/12	glina pylasta, piasek średni	Gpyl//Ps	60,7	12	1,77	20	26	3 - 5 %	7,96 *10 ⁻⁶	
lb	12/7	piasek drobny	Pd	33,3	7	1,75			<1 %		
lb	12/8	piasek ovlastv. pył piaszczysty	Ppyl+Pylp	39,7	8	1,63	33	0	<1 %	2,93 *10 ⁻⁶	

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
lb	14/4	piasek średni	Ps	23,5	5	1,53			<1 %		
lb	14/5	piasek średni	Ps	23,5	5,4	1,53			<1 %		
lb	14/8	żwir	Ż	20,8	7,5	1,8			<1 %		
lb	14/9	piasek pylasty	Ppyl	23,9	8,4	1,81	34	0	<1 %	3,35 *10 ⁻⁵	
lb	14/10	piasek drobny	Pd	24	8,9	1,79			<1 %		
lb	P3/9	piasek średni	Ps	20,4	9,4	2,04			>5 %		
lb	P3/10	piasek gliniasty	Pg	16,1	10,8	2,17	36	0	>5 %	4,3 *10 ⁻⁵	
lb	P3/13	piasek pylasty	Ppyl	29,9	16	2,02			>5 %		
lb	P5/5	piasek średni	Ps	33,2	5,5	1,68					
lb	P5/6	piasek średni, glina piaszczysta	Ps//Gp	33,2	5,9	1,68			1 - 3 %		
lb	P5/7	piasek gliniasty	Pg	17,8	6,5	2,27	34	23	>5 %	1,43 *10 ⁻⁶	
lb	P5/8	piasek średni	Ps	22,9	7	2,18			>5 %		
lb	P5/9	glina piaszczysta	Gp	50,5	8,6	1,78	8	12	>5 %	7,13 *10 ⁻⁶	
lb	P8/8	piasek gliniasty, glina	Pg+G	14	5	1,98	39	25	>5 %	7,75 *10 ⁻⁶	
lb	9N/3	glina pylasta		55,3	7,3	1,73					
lc	11/4	glina pylasta, glina pylasta	Gpyl/Gpylz	76	7	1,82			>5 %		
lc	11/5	glina pylasta, glina pylasta	Gpyl/Gpylz	72,5	8,5	1,67	19	7	>5 %	5,34 *10 ⁻⁶	
lc	11/6	glina pylasta, glina pylasta	Gpyl/Gpylz	65,5	10,9	1,68			<1 %		
lc	11/7	piasek drobny, glina	Pd+G	19,8	11,6	1,93	33,5	30	<1 %	5,63 *10 ⁻⁵	
lc	12/10	piasek gliniasty	Pg	36,5	10	1,71	32	10	<1 %	3,92 *10 ⁻⁶	
lc	14/6	pył piaszczysty, piasek gliniasty	Pylp/Pg	44,9	5,8	1,74			<1 %		
lc	14/7	glina pylasta	Gpyl	74,7	6,4	1,55	28	0	<1 %	4,87 *10 ⁻⁶	
lc	P3/8	glina pylasta	Gpyl	62,4	8,2	1,78	30	10	<1 %	6,22 *10 ⁻⁶	
lc	P3/11	glina pylasta	Gpyl	39	13,1	1,96	19	0	1 - 3 %	7,94 *10 ⁻⁶	
lc	P3/12	glina pylasta	Gpyl	42,5	14	1,76			<1 %		
lc	P5/10	glina piaszczysta, glina pylasta	Gp/Gpyl	50,3	10,5	1,71			<1 %		
lc	P8/9	piasek średni, piasek gliniasty	Ps/Pg	19,4	6,5	2,13	20	23	>5 %	8,4 *10 ⁻⁶	
lc	P8/10	piasek średni, piasek gliniasty	Ps/Pg	21,2	7,4	2,26			>5 %		
lc	P9/8	glina pylasta	Gpyl	32,5	8	1,96	9	26	1 - 3 %	5,16 *10 ⁻⁶	

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
Ic	P9/9	glina pylasta, glina piaszczysta	Gpyl/Gp	59,6	9,3	1,68			<1 %		
Ic	P9/10	glina pylasta, glina piaszczysta	Gpyl/Gp	59,6	10	1,68			<1 %		
Ic	1N/6	pył piaszczysty	Pylp	30	6,2	2,11					
Ic	9N/2	glina pylasta	Gpyl	52,5	5,8	1,75					
Id	3N/4	pospółka gliniasta	Pog	21,8	5	2,21					
Ila	P5/1	piasek średni	Ps	7,9	0,5	1,67	40	36	>5 %	1,14 *10 ⁻⁵	
Ila	P5/2	piasek średni		8,5	1,5	1,92			>5 %		
Ila	P5/3	piasek średni	Ps	8,3	2,5	2,27			>5 %		
Ila	P5/4	piasek średni	Ps	10,6	3,7	1,98	40	18		2,01 *10 ⁻⁵	
Ila	P8/7	piasek średni, glina	Ps+G	13,8	4	2,21			>5 %		
Ilb	10/1	glina, glina piaszczysta	G/Gp	40,8	1,8	1,74	29	4	<1 %	2,29 *10 ⁻⁶	
Ilb	10/2	glina, glina piaszczysta	G/Gp	45	4	1,96	22	5	<1 %	7,09 *10 ⁻⁶	
Ilb	12/6	pył	Pyl	57,3	6	1,67			<1 %		
Ilb	P3/6	glina pylasta	Gpyl	59,3	6	1,85			<1 %		
Ilb	P3/7	glina pylasta	Gpyl	80,6	7,15	1,62			<1 %		
Ilb	P9/7	glina pylasta	Gpyl	33,3	7	1,98			<1 %		
Ilb	1N/2	piasek drobny, glina pylasta	Pd/Gpyl	23,6	1,3	1,79					
Ilb	1N/3	glina pylasta, piasek drobny	Gpyl/Pd	44,6	2,5	1,67					
Ilb	1N/5	glina pylasta, piasek drobny	Gpyl/Pd	58,2	4,5	1,67					
Ilb	2N/5	piasek gliniasty	Pg	41,1	4,1	2,05					
Ilb	2N/6	glina pylasta	Gpyl	75,6	4,8	1,67					
Ilb	4N/4	glina pylasta	Gpyl	47,5	3,9	1,86					
Ilb	4N/5	glina pylasta	Gpyl	44,8	4,8	1,78					
Ilb	6N/7	glina pylasta	Gpyl	54	5	1,88					
Ilb	7N/2	pył piaszczysty	Pylp	40,5	1	2,11					
Ilc	6/3	piasek średni, piasek pylasty	Ps/Ppyl	13,8	3	1,99	34	0	3 - 5 %	4,67 *10 ⁻⁵	
Ilc	6/5	piasek średni, piasek pylasty	Ps/Ppyl	12,3	5	2,14	35	0	>5 %	3,19 *10 ⁻⁴	
Ilc	6/6	piasek pylasty	Ppyl	21,8	6	2,24			3 - 5 %		
Ilc	10/3	piasek gliniasty, piasek średni	Pg+Ps	23,5	5,3	2,12			<1 %		

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
IIc	11/1	glina pylasta, glina	Gpyl/G	59,3	2,5	1,75	19	5	3 - 5 %	5,12 *10 ⁻⁶	
IIc	11/2	glina pylasta, glina	Gpyl/G		4	1,71			3 - 5 %		
IIc	11/3	glina pylasta	Gpyl	65	5	1,77	16	5	1 - 3 %	1,1 *10 ⁻⁵	
IIc	12/3	glina	G	62,8	3	1,43			<1 %		
IIc	12/4	pył	Pyl	59,4	4	1,46	30	0	<1 %	3,67 *10 ⁻⁶	
IIc	12/5	piasek drobny	Pd	25,1	5	1,65			<1 %		
IIc	14/2	piasek pylasty	Ppyl	17,8	3	1,59	35	0	<1 %	3,63 *10 ⁻⁵	
IIc	14/3	piasek średni	Ps	14,2	4	1,47	41,5	0	<1 %	3,75 *10 ⁻⁴	
IIc	P3/3	glina piaszczysta	Gp	36,4	3	1,97	24	8	>5 %	8,19 *10 ⁻⁶	
IIc	P3/4	piasek średni	Ps	9,4	3,5	1,88					
IIc	P3/5	piasek gliniasty	Pg	16,7	5	2,26	40	0		3,49 *10 ⁻⁵	
IIc	P8/2	glina piaszczysta	Gp	29,1	0,5	1,96	27	52	<1 %	3,79 *10 ⁻⁶	
IIc	P8/3	piasek średni, piasek pylasty,	Ps+Ppyl+K	14,5	0,8	1,99			>5 %		
IIc	P8/4	piasek średni, piasek gliniasty,	Ps+Pg+K	15,4	1	1,87			>5 %		
IIc	P8/5	piasek średni, piasek gliniasty	Ps+Pg	10,7	1,6	2,09	35	40	>5 %	4,61 *10 ⁻⁶	
IIc	P8/6	piasek średni, glina	Ps+G	10,9	2,3	2,04			>5 %		
IIc	P9/3	piasek gruby	Pr	13,6	3,1	2,04			3 - 5 %		
IIc	P9/4	glina piaszczysta	Gp	47,6	4	1,56			1 - 3 %		
IIc	P9/5	piasek średni, glina piaszczysta	Ps//Gp	23,5	5,2	2,39	32	20	1 - 3 %	5,09 *10 ⁻⁵	
IIc	P9/6	glina pylasta	Gpyl	34,8	6,1	2,02			<1 %		
IIc	1N/4	glina pylasta	Gpyl	56,9	3,1	1,6					
IIc	2N/3	pył	Pyl	69	2,8	2,08					
IIc	2N/4	glina pylasta	Gpyl	74,6	3,5	1,64					
IIc	3N/2	glina pylasta	Gpyl	65,1	3,8	1,67					
IIc	3N/3	glina pylasta	Gpyl	69	4,6	1,6					
IIc	5N/1	piasek gliniasty	Pg	18,4	1,3	1,98					
IIc	5N/2	pył piaszczysty	Pyp	39,1	2	2,05					
IIc	5N/3	glina pylasta	Gpyl	33,9	3,2	1,75					
IIc	5N/4	piasek pylasty	Ppyl	19,4	4,2	2,05					

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
IIc	6N/2	piasek średni	Ps	15	1	2,19					
IIc	6N/3	piasek średni	Ps	15,1	2	2,05					
IIc	6N/4	glina pylasta	Gpyl	51,6	2,5	1,68					
IIc	6N/5	glina pylasta	Gpyl	82,9	3,1	1,67					
IIc	6N/6	glina pylasta	Gpyl	59,1	4	1,62					
IIc	7N/3	glina pylasta	Gpyl	44,3	1,8	1,71					
IIc	8N/3	piasek średni	Ps	30	2,3	1,99					
IIc	8N/4	glina pylasta	Gpyl	72,5	3	1,71					
IIc	8N/5	glina pylasta	Gpyl	65,5	4	1,7					
IIc	8N/6	glina pylasta	Gpyl	62	5	1,74					
IIc	9N/1	glina pylasta	Gpyl	50,4	3,3	1,76					
IIc	W3/2	piasek drobny, piasek pylasty	Pd/Ppyl	12,5	1,2	1,64	37	15	<1 %		
IIIa	P8/1	glina piaszczysta	Gp	30,1	0,1	1,72			<1 %		
IIIa	P9/1	glina piaszczysta	Gp	12,6	1,4	2,01			<1 %		
IIIa	P9/2	glina pylasta, piasek gliniasty	Gpyl//Pg	51,9	2	1,76	25	6	>5 %	5,48 *10 ⁻⁶	
IIIc	W3/1	glina pylasta	Gp	69,6	0,5		14	4	<1 %		
IIIc	W4/1	piasek gliniasty, glina	Pg/Gp	35,8	0,3	1,9	39	8	<1 %		
IIId	12/1	piasek drobny, piasek średni	Pd/Ps	27,7	1	1,84			<1 %		
IIId	12/2	piasek drobny, piasek pylasty	Pd/Ppyl	34,9	2	1,69	29	0	<1 %	1,8 *10 ⁻⁵	
IIIe	14/1	piasek drobny, piasek średni	Pd/Ps	16,9	1	1,42			<1 %		
IIIe	P3/1	glina piaszczysta	Gp	29,3	1,5	1,95			<1 %		
IIIe	P3/2	piasek średni	Ps	18,9	2	2,02			3 - 5 %		
IIIe	W4/2	piasek drobny	Pd	14,7	0,7	1,91			<1 %		
IIIe	W4/3	pył	Pyl	8,1	1,8	1,78			>5 %		
ZW	6/16	glina piaszczysta, żwir	Gp+Ż	16,8	16	2,08	15	106	1 - 3 %		
ZW	6/17	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	17	17,8	2,15			<1 %		
ZW	6/18	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	19,2	18,3	2,19			<1 %	9,04 *10 ⁻⁶	
ZW	6/19	rumosz gliniasty	KRg	17,5	20		32	43	<1 %		
ZW	10/5	wietrzelina gliniast	ZWg	9,9	7	2,18	40	60	<1 %	3,88 *10 ⁻⁶	

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
ZW	12/13	glina piaszczysta	Gp	16,6	15	2,08	27	0	<1 %		
ZW	12/14	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	108	16	2			<1 %	1,07 *10 ⁻⁴	
ZW	12/15	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	14,2	17	2,14			<1 %		
ZW	12/16	rumosz gliniasty	KRg	11,7	18	2,11			<1 %	4,49 *10 ⁻³	
ZW	13a/3	pospółka gliniasta	Pog	17,6	1,5	2,2	28	8	<1 %	3,48 *10 ⁻⁵	
ZW	13/4	rumosz gliniasty	KRg	21,7	1,8	1,88	28,5	18	<1 %		
ZW	13/5	rumosz	KR	4,7	2,9						
ZW	14/13	glina piaszczysta, kamienie	Gp+K	18,2	11	2,05	25	75	<1 %	2,85 *10 ⁻⁵	
ZW	14/14	wietrzelina gliniast	ZWg	17,9	12,4	2,08			<1 %		
ZW	14/15	wietrzelina gliniast	ZWg	15,5	14	2,11	34	0	<1 %	4,26 *10 ⁻⁵	
ZW	14/16	wietrzelina gliniasta	ZWg	11,4	14,7	2,07			<1 %		
ZW	14/17	wietrzelina gliniast	ZWg	14,9	15	2,12			<1 %		
ZW	14/19	wietrzelina	ZW	3,7	17		31	0			
ZW	15/8	rumosz gliniasty	KRg	16,3	7	2,01	36	20	<1 %	6,53 *10 ⁻⁶	
ZW	15/9	rumosz	KR	5,8	8,4		31	84		3,47 *10 ⁻³	
ZW	16/7	wietrzelina gliniasta	ZWg	15,7	7	2,12	36	42		1,18 *10 ⁻⁵	
ZW	17/6	rumosz gliniasty	KRg	18,7	6,5	2,08			<1 %		
ZW	P3/15	rumosz gliniasty	KRg	7,7	16,2				<1 %		
ZW	P3/16	rumosz gliniasty	KRg	19,9	16,4				<1 %		
ZW	P3/17	rumosz gliniasty	KRg	21,2	17,1		29	10			
ZW	P3/19	rumosz	KR	11,1	21				<1 %	7,86 *10 ⁻⁶	
ZW	P4/8	glina piaszczysta	Gp	11,9	5	2	41	20	<1 %	8,22 *10 ⁻⁶	
ZW	P5/13	piasek gliniasty, glina	Pg/Gp	33,9	12,4	2					
ZW	P5/14	glina piaszczysta, żwir	Gp+Ż	24,8	13	2,07	30	0	3 - 5 %	5,71 *10 ⁻⁶	
ZW	P5/15	glina pylasta, kamienie	Gpyl+K	13,4	14	1,89			<1 %		
ZW	P8/14	glina piaszczysta, żwir	Gp+Ż	16,1	9,8	2,16				6,68 *10 ⁻⁶	
ZW	P9/11	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	17,3	11	2,18	29	0	<1 %	3,85 *10 ⁻⁶	
ZW	P9/11	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	17,3	11	2,18	29	0	<1 %	3,85 *10 ⁻⁶	
ZW	P9/12	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	14,2	12	2,41			<1 %		

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	Nazwa gruntu	Symbol gruntu	W _n [%]	Głębokość [m]	Gęstość objętościowa [g/cm ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Kohezja [kPa]	Zawartość CaCO ₃	Współczynnik filtracji [cm/s]	Uwagi
ZW	P9/12	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	14,2	12	2,41			<1 %		
ZW	P9/13	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	21,9	13	2,24			<1 %		
ZW	P9/13	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	21,9	13	2,24			<1 %		
ZW	P9/14	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	21,5	14	2,23			<1 %		
ZW	P9/14	glina piaszczysta, żwir,	Gp+Ż+K	21,5	14	2,23			<1 %		
ZW	P9/15	rumosz gliniasty	KRg	20	16	2,18	31	90	<1 %	5,34 *10 ⁻⁶	
ZW	P9/15	rumosz gliniasty	KRg	20	15	2,18	31	90	<1 %	5,34 *10 ⁻⁶	
Zw	14/18	wietrzelina	ZW	4,2	16,2						

Zał. 7. Zestawienie wyników badań konsystencji gruntów.

Konsystencja gruntów

Miejscowość: Kowary Górne

Powiat: Jel. Góra

Obiekt: staw osadowy

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	W _n	W _L	W _p	I _p	Spoistość	I _L	I _d	Stan gruntów spoistych	Stan gruntów sypkich
		[%]	[%]	[%]	[%]					
la	11/8	28,7	31,5	21,5	10	Mało spoisty	0,72		Miękko plastyczny	
la	12/12	34,8	31,2	22,4	8,8	Mało spoisty	1,409		Płynny	
la	13/2	18,8	36	26,17	9,83	Mało spoisty	-0,75		Zwarty	
la	15/2	20,9	37,6	18,9	18,7	Średnio spoisty	0,106		Twardo plastyczny	
la	15/5	18,9	31	16,7	14,3	Średnio spoisty	0,153		Twardo plastyczny	
la	16/5	19,2	29,1	20	9,1	Mało spoisty	-0,088		Zwarty	
la	17/5	28,3	38,6	28,5	10,1	Średnio spoisty	-0,02		Zwarty	
la	19/4	15	21,9	18,4	3,5	Mało spoisty	-0,972		Zwarty	
la	19/5	18,9	18,1	15	3,1	Mało spoisty	1,258		Płynny	
la	P1/1	19,4	27,9	17,6	10,3	Średnio spoisty	0,174		Twardo plastyczny	
la	P2/2	20,4	25,6	22,4	3,2	Mało spoisty	-0,626		Zwarty	
la	P2/5	13,6	27,1	15,1	12	Średnio spoisty	-0,125		Zwarty	
la	P2/7	20,5	35	16,5	18,5	Średnio spoisty	0,216		Twardo plastyczny	
la	P5/12	37,3	45,9	23,8	22,1	Zwięzły spoisty	0,61		Miękko plastyczny	
la	P7/3	9,9	22,6	17,2	5,4	Mało spoisty	-1,352		Zwarty	
la	P7/5	8,3	18,8	15,9	2,9	Mało spoisty	-2,621		Zwarty	
la	W1/3	30,8	51,5	29,7	21,8	Zwięzły spoisty	0,05		Twardo plastyczny	
la	W2/1	25,9	27,1	18,4	8,7	Mało spoisty	0,862		Miękko plastyczny	<brak danych>
la	W2/2	7,6								<brak danych>
la	W2/3	12,9	20,5	13,1	7,4	Mało spoisty	-0,028		Zwarty	
lb	6/8	34,1	43	24,2	18,8	Średnio spoisty	0,526		Miękko plastyczny	
lb	6/12	60,7	65,6	31,8	33,8	Bardzo spoisty	0,855		Miękko plastyczny	
lb	12/8	39,7	32,9	24,3	8,6	Mało spoisty	1,79		Płynny	
lb	P3/10	16,1	19,6	15,2	4,4	Mało spoisty	0,204		Twardo plastyczny	
lb	P5/7	17,8	20,5	16,4	4,1	Mało spoisty	0,341		Plastyczny	
lb	P5/9	50,5	60,5	31,7	28,8	Zwięzły spoisty	0,652		Miękko plastyczny	
lb	P8/8	14	22,2	19	3,2	Mało spoisty	-1,563		Zwarty	
lb	9N/3	55,3	52,6	30,1	22,5	Zwięzły spoisty	1,12		Płynny	
lc	11/5	72,5	73,8	37,3	36,5	Bardzo spoisty	0,964		Miękko plastyczny	
lc	11/7	19,8	25,33	19,05	6,28	Mało spoisty	0,119		Twardo plastyczny	
lc	12/10	36,5	31,9	24,1	7,8	Mało spoisty	1,589		Płynny	
lc	14/7	74,7	60	39,1	20,9	Zwięzły spoisty	1,703		Płynny	
lc	P3/8	62,4	53,3	28,4	24,9	Zwięzły spoisty	1,365		Płynny	
lc	P3/11	39	52,9	32	20,9	Zwięzły spoisty	0,334		Plastyczny	
lc	P9/8	32,5	47,6	24,7	22,9	Zwięzły spoisty	0,34		Plastyczny	
lc	1N/6	30	34,1	20	14,1	Średnio spoisty	0,709		Miękko plastyczny	
lc	9N/2	52,5	62,4	29,3	33,1	Bardzo spoisty	0,7		Miękko plastyczny	
llb	10/1	40,8	45,8	23,8	22	Zwięzły spoisty	0,772		Miękko plastyczny	
llb	10/2	45	40,5	24,8	15,7	Średnio spoisty	1,286		Płynny	

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	W _n [%]	W _L [%]	W _p [%]	I _p [%]	Spoistość	I _L	I _d	Stan gruntów spoistych	Stan gruntów sypkich
IIb	1N/3	44,6	40,9	20,5	20,4	Zwięzły spoisty	1,181		Płynny	
IIb	1N/5	58,2	67,7	35,7	32	Bardzo spoisty	0,703		Miękko plastyczny	
IIb	2N/5	41,1	43,5	32,1	11,4	Średnio spoisty	0,789		Miękko plastyczny	
IIb	2N/6	75,6	91,4	46,1	45,3	Bardzo spoisty	0,651		Miękko plastyczny	
IIb	4N/4	47,5	52,5	35,4	17,1	Średnio spoisty	0,707		Miękko plastyczny	
IIb	4N/5	44,8	53,9	31,5	22,4	Zwięzły spoisty	0,593		Miękko plastyczny	
IIb	6N/7	54	69,7	33,3	36,4	Bardzo spoisty	0,568		Miękko plastyczny	
IIc	11/1	59,3	50,6	28,8	21,8	Zwięzły spoisty	1,399		Płynny	
IIc	11/3	65	44,7	25,1	19,6	Średnio spoisty	2,035		Płynny	
IIc	12/4	59,4	52,1	15,2	36,9	Bardzo spoisty	1,197		Płynny	
IIc	P3/3	36,4	35,6	22,5	13,1	Średnio spoisty	1,061		Płynny	<brak danych>
IIc	P3/4	9,4	18,4	14,4	4	Mało spoisty	-1,25		Zwarty	
IIc	P3/5	16,7	18,4	14,4	4	Mało spoisty	0,575		Miękko plastyczny	<brak danych>
IIc	P8/2	29,1	39,2	28,3	10,9	Średnio spoisty	0,073		Twardo plastyczny	
IIc	P8/5	10,7	17,5	15,9	1,6	Mało spoisty	-3,25		Zwarty	
IIc	P9/5	23,5	21,1	16,9	4,2	Mało spoisty	1,571		Płynny	
IIc	1N/4	56,9	55,8	25,8	30	Bardzo spoisty	1,036		Płynny	
IIc	2N/3	69	65,7	50,4	15,3	Średnio spoisty	1,215		Płynny	
IIc	2N/4	74,6	89,2	49,6	39,6	Bardzo spoisty	0,631		Miękko plastyczny	
IIc	3N/2	65,1	72,5	34,2	38,3	Bardzo spoisty	0,806		Miękko plastyczny	
IIc	3N/3	69	75,8	37,5	38,3	Bardzo spoisty	0,822		Miękko plastyczny	
IIc	5N/1	18,4	19,5	14,3	5,2	Mało spoisty	0,788		Miękko plastyczny	
IIc	5N/2	39,1	37,4	26,5	10,9	Średnio spoisty	1,155		Płynny	
IIc	5N/3	33,9	32,7	22,3	10,4	Średnio spoisty	1,115		Płynny	
IIc	6N/4	51,6	60,3	33,8	26,5	Zwięzły spoisty	0,671		Miękko plastyczny	
IIc	6N/5	82,9	87,2	50,8	36,4	Bardzo spoisty	0,881		Miękko plastyczny	
IIc	6N/6	59,1	64,5	34,5	30	Zwięzły spoisty	0,82		Miękko plastyczny	
IIc	7N/3	44,3	45,5	35,5	10	Mało spoisty	0,88		Miękko plastyczny	
IIc	8N/4	72,5	90,1	50,8	39,3	Bardzo spoisty	0,552		Miękko plastyczny	
IIc	8N/5	65,5	78,2	47,1	31,1	Bardzo spoisty	0,591		Miękko plastyczny	
IIc	8N/6	62	79,6	38,6	41	Bardzo spoisty	0,57		Miękko plastyczny	
IIc	9N/1	50,4	57,3	31,7	25,6	Zwięzły spoisty	0,73		Miękko plastyczny	
IIIa	P9/2	51,9	51	34,7	16,3	Średnio spoisty	1,055		Płynny	
IIId	W3/1	69,6	56,9	29,7	27,2	Zwięzły spoisty	1,466		Płynny	<brak danych>
IIId	12/1	27,7								<brak danych>
IIId	12/2	34,9	29,3	22,9	6,4	Mało spoisty	1,874		Płynny	<brak danych>
ZW	6/16	16,8	27,5	18,5	9	Mało spoisty	-0,189		Zwarty	
ZW	6/18	19,2	20,7	14,8	5,9	Mało spoisty	0,745		Miękko plastyczny	
ZW	10/5	9,9	19	13,8	5,2	Mało spoisty	-0,75		Zwarty	
ZW	12/13	16,6	19,3	13,1	6,2	Mało spoisty	0,564		Miękko plastyczny	
ZW	12/16	11,7	25,4	16,7	8,7	Mało spoisty	-0,575		Zwarty	
ZW	13a/3	17,6	19,1	15,9	3,2	Mało spoisty	0,531		Miękko plastyczny	
ZW	13/4	21,7	29,2	20,9	8,3	Mało spoisty	0,096		Twardo plastyczny	
ZW	14/13	18,2	18,6	14,7	3,9	Mało spoisty	0,897		Miękko plastyczny	<brak danych>

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	W _n [%]	W _L [%]	W _p [%]	I _p [%]	Spoistość	I _L	I _d	Stan gruntów spoiistych	Stan gruntów sypkich
ZW	14/15	15,5	17,3	12,5	4,8	Mało spoisty	0,624		Miękko plastyczny <brak danych>	
ZW	15/8	16,3	21,3	20,1	1,2	Mało spoisty	-3,167		Zwarty	
ZW	16/7	15,7	22,8	14,9	7,9	Mało spoisty	0,101		Twardo plastyczny	
ZW	P3/17	21,2	24,2	19,7	4,5	Mało spoisty	0,333		Plastyczny	
ZW	P3/19	11,1	19,1	15,1	4	Mało spoisty	-1		Zwarty	
ZW	P4/8	11,9	24,4	18,9	5,5	Mało spoisty	-1,273		Zwarty	
ZW	P5/14	24,8	32,4	20,9	11,5	Średnio spoisty	0,339		Plastyczny	
ZW	P8/14	16,1	21,8	13,4	8,4	Mało spoisty	0,321		Plastyczny	
ZW	P9/11	17,3	26,3	20,47	5,83	Mało spoisty	-0,544		Zwarty	
ZW	P9/11	17,3	26,3	20,47	5,83	Mało spoisty	-0,544		Zwarty	
ZW	P9/15	20	24,9	18,8	6,1	Mało spoisty	0,196		Twardo plastyczny	
ZW	P9/15	20	24,9	18,8						

Zał. 8. Zestawienie wyników badań składu
granulometrycznego gruntów.

Skład granulometryczny

Miejscowość: Kowary Górne

Powiat: Jel. Góra

Obiekt: staw osadowy

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	frakcja iltowa		frakcja pyłowa	frakcja piaskowa	frakcja piaskowa	frakcja piaskowa	frakcja żwirowa
		frakcja iltowa i pyłowa						i kamienista
		<0.002	0.002-0.05	0.05-0.25	0.25-0.5	0.5-2	>2.0	
		<0.05						
Ia	16/2		17,6	7,7	5	18,9	50,8	
Ia	17/2		13,9	10,6	6,2	15,9	54	
Ia	18/3		13	6	4	9	68	
Ia	19/2		9	4	2	8	77	
Ia	P2/10		15	6	4	11	64	
Ia	P4/6		26,1	12,1	6,6	18	37,2	
Ia	P7/2		14	16	8	20	42	
Ia	W1/2		27	7,5	4,8	15,6	45,1	
Ib	14/8		3	5	5	29	58	
Ib	14/9		23,5	54,5	18,7	3,1	0,2	
Ib	9N/3	10,3	60,5	29,2	0	0	0	
Ic	P8/9		26	21	17	34	2	
Ic	P8/10		26	21	17	34	2	
Ic	1N/6	4,2	23,6	47,7	22,9	1,6	0	
Ic	9N/2	10,2	57,3	32,5				
Id	3N/4	3	40,3	15,2	5,6	7,1	28,8	
IIa	P5/1		19	17	13	47	4	
IIa	P5/4		16	19	17	42	6	
IIb	1N/2	0	7	58,5	15,3	16,2	3	
IIb	1N/3	16,1	61,8	19,7	2,6	0	0	
IIb	1N/5	15,1	60	19,8	5,1	0	0	
IIb	2N/5	7,8	26,8	34	18,5	12,9	0	
IIb	2N/6	13,5	76,8	9,7	0	0	0	
IIb	4N/4	13,8	59,7	26,5				
IIb	4N/5	13,4	64,8	21,8				
IIb	7N/2	2,1	45,3	46,3	6,3	0	0	
IIc	6/3		26	26	16	31	1	
IIc	6/5		1	24	15	40	2	
IIc	14/2		24	45	23	8	0	
IIc	1N/4	12,8	73,1	14,1	0	0	0	
IIc	2N/3	5,1	84,1	8,1	2,3	0	0	
IIc	3N/2	14,2	75,5	10,3	0	0	0	
IIc	3N/3	12,9	85,2	1,9	0	0	0	
IIc	5N/1	3,1	13,7	28,8	17,8	29,6	7	
IIc	5N/2	5,7	54,6	28,2	3,9	6,2	1,4	
IIc	5N/3	15,1	63,8	19,4	1,7	0	0	
IIc	5N/4	0,8	23,1	35,9	13,3	19,8	7,1	
IIc	6N/2	0,5	8	37,3	37,6	16,6		

Numer warstwy geol.-inż.	Nr	frakcja iłowa		frakcja pyłowa	frakcja piaszkowa	frakcja piaszkowa	frakcja piaszkowa	frakcja żwirowa
		frakcja iłowa i pyłowa						i kamienista
		<0.002	0.002-0.05	0.05-0.25	0.25-0.5	0.5-2	>2.0	
		<0.05						
IIc	6N/3	0	9	38,4	41,2	11,4	0	
IIc	7N/3	15,1	71,8	13,1	0	0	0	
IIc	8N/3	0	8	36,9	43,6	11,5	0	
IIc	8N/4	12,8	58,8	28,4	0	0	0	
IIc	8N/5	14,1	61,5	20	4,4			
IIc	8N/6	13,5	61,1	22,2	3,2			
IIc	9N/1	16,6	35,1	40,1	8,2			
IIc	W3/2		21,2	36,2	34,3	8,2	0,1	
IIIc	W4/1		38,9	45,1	14,8	1,2	0	
ZW	15/9		1	2,8	4,2	27,2	64,8	

Zał. 9. Zestawienie wyników badań mineralogicznych gruntów.

Skład mineralogiczny prób gruntów

Miejscowość: Kowary Górne

Powiat: Jel. Góra

Obiekt: staw osadowy

Występowanie (+/-) / Udział [%]

Nr próby	amfibol chloryt	dolomit gips	illit kalcyt	kaolinit kwarc	mika montmoryllonit	muskowit ortoklaz	plagioklaz siarczek Fe	skaleń smektyt	substancja organiczna syderyt	tlenki, wodorotl. Fe wermikulit										
2/7	-	-	-	-	-	-	-	-	15	2	-	3	-							
3/6	-	10	6	3	-	-	-	20	-	-	10	-	5							
3/8	-	-	-	8	-	-	-	-	10	1	-	-	-							
3/11	-	15	-	-	-	7	10	40	14	-	-	-	-							
3/14	-	8	-	17	-	-	8	30	15	-	-	-	2	-						
5/6	5	10	-	20	-	-	5	20	15	-	-	-	20	-	-	-	-			
5/9	-	10	-	10	-	5	9	35	10	-	-	-	1	9	10	-	-	1	-	
5/10	-	15	-	20	-	2	-	50	2	-	-	-	-	-	10	1	-	-	-	
5/14	-	-	11	-	-	-	-	60	15	-	-	-	-	-	10	1	-	3	-	
6/3	-	-	-	-	-	5,5	9	50	10	-	-	-	9	5	-	5	-	-	1,5	5
6/9	8	-	-	25	-	-	-	35	23	-	-	-	-	-	7	-	-	2	-	
6/12	7	5	-	20	-	-	-	45	11	-	-	-	10	-	-	-	-	2	-	
8/1	-	14	-	20	-	-	5	25	14	-	-	-	10	-	-	10	-	-	2	-
8/12	-	-	-	-	-	5	25	26	16	-	-	-	-	-	25	-	-	3	-	
8/14	-	11	-	-	-	-	10	30	20	-	-	-	15	-	-	11	-	-	3	-
9/4	2	5	-	10	-	5	15	15	15	-	-	-	9	-	-	10	2	-	2	10
9/7	-	15	-	10	-	9	-	25	15	-	-	-	10	-	-	14	-	-	2	-
9/9	5	5	-	20	-	-	-	40	15	-	-	-	5	-	-	10	-	-	-	-
9/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9/15	-	7	-	-	-	-	9	60	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	15
10/2	-	10	-	10	-	-	6	38	20	-	-	-	-	-	5	10	-	-	1	-
10/3	-	15	-	-	24	-	-	55	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	1	-
10/5	-	10	-	-	-	-	-	50	14	-	-	-	-	-	15	10	1	-	-	-
11/14	-	10	-	10	-	3	-	46	21	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-

Nr próby	amfibol	dolomit	illit	kaolinit	mika	muskowit	plagioklaz	skaleń	substancja organiczna	tlenki, wodorotl. Fe										
	chloryt	gips	kalcyt	kwarc	montmoryllonit	ortoklaz	siarczek Fe	smeptyt	syderyt	vermikulit										
11/6	1	-	-	25	-	-	-	44	10	-	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-
11/8	-	10	-	-	-	6	-	55	13	-	-	-	-	-	-	13	-	-	3	-
15/2	-	5	-	-	20	-	-	59	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	1	-
15/5	-	5	-	-	-	-	-	60	10	-	-	-	9	-	-	15	-	-	1	-
15/8	-	8	-	-	-	-	-	45	18	-	-	-	-	-	8	8	1	-	4	8
425	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1N/4	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
2N/2	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
2N/4	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
2N/6	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
4N/2	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
4N/3	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
4N/5	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
6N/5	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
6N/7	-	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
7N/2	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
8N/4	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
9N/1	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
W5/1	-	6	-	-	-	-	-	55	15	-	-	-	-	-	5	15	1	-	3	-
W6/1	-	20	-	-	-	-	-	45	20	-	-	-	-	-	-	9	-	-	1	5

Załącznik 10. Parametry warstw geologiczno-inżynierskich
w ujęciu statystycznym – gęstość objętościowa, kąt tarcia
wewnętrznego, kohezja.

Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym

gęstość objętościowa, kąt tarcia wewnętrznego, kohezja

Miejscowość: Kowary Górne

Powiat: Jel. Góra

Obiekt: staw osadowy

Nr warstwy	Cecha	Ilość	Minimum	Maksimum	Średnia	Odchylenie st.	Wariancja
Ia	kohezja	28	3	70	31,35	19,30	372,6
Ia	kąt tarcia wewnętrznego	28	8,5	47	31,17	9,261	85,78
Ia	gęstość objętościowa	65	1,61	2,26	1,946	0,173	0,030
Ib	kohezja	8	0	26	10,75	12,24	149,9
Ib	kąt tarcia wewnętrznego	8	8	39	28,75	10,31	106,5
Ib	gęstość objętościowa	21	1,53	2,27	1,849	0,204	0,041
Ic	kohezja	8	0	30	13,25	11,64	135,6
Ic	kąt tarcia wewnętrznego	8	9	33,5	23,81	8,425	70,99
Ic	gęstość objętościowa	18	1,55	2,26	1,826	0,190	0,036
IIa	kohezja	2	18	36	27	12,72	162
IIa	kąt tarcia wewnętrznego	2	40	40	40	0	0
IIa	gęstość objętościowa	5	1,67	2,27	2,01	0,240	0,058
IIb	kohezja	2	4	5	4,5	0,707	0,5
IIb	kąt tarcia wewnętrznego	2	22	29	25,5	4,949	24,5
IIb	gęstość objętościowa	15	1,62	2,11	1,82	0,152	0,023
IIc	kohezja	13	0	52	11,15	16,89	285,4
IIc	kąt tarcia wewnętrznego	13	16	41,5	31,19	7,744	59,98
IIc	gęstość objętościowa	45	1,43	2,39	1,850	0,237	0,056
IIIa	gęstość objętościowa	3	1,72	2,01	1,83	0,157	0,0247
IIIc	kohezja	2	4	8	6	2,828	8
IIIc	kąt tarcia wewnętrznego	2	14	39	26,5	17,67	312,5
IIId	gęstość objętościowa	2	1,69	1,84	1,765	0,106	0,011
IIIe	gęstość objętościowa	5	1,42	2,02	1,816	0,237	0,056
ZW	kohezja	19	0	106	35,05	37,47	1404,
ZW	kąt tarcia wewnętrznego	19	15	41	30,71	5,655	31,98
ZW	gęstość objętościowa	33	1,88	2,41	2,128	0,116	0,013

Załącznik 11. Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu
statystycznym –charakterystyka gruntów spoistych.

Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym

charakterystyka stanu gruntów spoistych

Miejscowość: Kowary Górne

Powiat: Jel. Góra

Obiekt: staw osadowy

Nr warstwy	Cecha	Ilość	Minimum	Maksimum	Średnia	Odchylenie st.	Wariancja
Ia	WP	19	13,1	29,7	19,85	4,647	21,59
Ia	WN	71	2,62	64,2	17,80	10,75	115,7
Ia	WL	19	18,1	51,5	30,36	8,909	79,38
Ia	IP	19	2,9	22,1	10,51	6,099	37,19
Ia	IL	19	-2,621	1,409	-0,05	0,939	0,882
Ib	WP	8	15,2	31,8	24,08	6,735	45,37
Ib	WN	21	14	67,6	32,74	15,09	227,9
Ib	WL	8	19,6	65,6	39,61	18,53	343,6
Ib	IP	8	3,2	33,8	15,52	12,09	146,2
Ib	IL	8	-1,563	1,79	0,490	0,968	0,938
Ic	WP	9	19,05	39,1	28,21	7,047	49,66
Ic	WN	18	19,4	76	47,71	18,86	356,0
Ic	WL	9	25,33	73,8	49,03	15,91	253,2
Ic	IP	9	6,28	36,5	20,82	10,26	105,4
Ic	IL	9	0,119	1,703	0,869	0,575	0,331
IIa	WN	5	7,9	13,8	9,82	2,459	6,047
IIb	WP	9	20,5	46,1	31,46	7,703	59,34
IIb	WN	15	23,6	80,6	49,74	14,95	223,6
IIb	WL	9	40,5	91,4	56,21	17,03	290,3
IIb	IP	9	11,4	45,3	24,74	10,96	120,1
IIb	IL	9	0,568	1,286	0,805	0,254	0,064
IIc	WP	25	14,3	50,8	30,59	12,35	152,5
IIc	WN	44	9,4	82,9	37,36	22,68	514,7
IIc	WL	25	17,5	90,1	52,35	23,74	564,0
IIc	IP	25	1,6	41	21,76	13,68	187,1
IIc	IL	25	-3,25	2,035	0,666	1,002	1,005
IIIa	WN	3	12,6	51,9	31,53	19,68	387,6
IIIc	WN	2	35,8	69,6	52,7	23,90	571,22
IIId	WN	2	27,7	34,9	31,3	5,091	25,92
IIIe	WN	5	8,1	29,3	17,58	7,709	59,432
ZW	WP	20	12,5	20,9	17,12	2,915	8,502
ZW	WN	41	3,7	108	18,60	15,36	236,1
ZW	WL	20	17,3	32,4	23,22	4,011	16,09
ZW	IP	19	1,2	11,5	6,103	2,415	5,832
ZW	IL	19	-3,167	0,897	-0,17	0,952	0,907

Zał.12. Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu
statystycznym – skład granulometryczny.

Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym skład granulometryczny

Miejscowość: Kowary Górne

Powiat: Jel. Góra

Obiekt: staw osadowy

Nr warstwy	Frakcja	Ilość	Minimum	Maksimum	Średnia	Odchylenie st.	Wariancja
Ia	pyłowa 0.002-0.05	6	9	26,1	15,6	5,831	34,004
Ia	iłowa i pyłowa <0.05	2	15	27	21	8,485	72
Ia	piaskowa 0.05-0.25	8	4	16	8,737	3,919	15,36
Ia	piaskowa 0.25-0.5	8	2	8	5,075	1,851	3,427
Ia	piaskowa 0.5-2.0	8	8	20	14,55	4,625	21,39
Ia	żwirowa i kamienista >2.0	8	37,2	77	54,76	13,81	190,8
Ib	pyłowa 0.002-0.05	3	3	60,5	29	29,14	849,25
Ib	piaskowa 0.05-0.25	3	5	54,5	29,56	24,75	612,6
Ib	piaskowa 0.25-0.5	3	0	18,7	7,9	9,681	93,73
Ib	piaskowa 0.5-2.0	3	0	29	10,7	15,92	253,57
Ib	żwirowa i kamienista >2.0	3	0	58	19,4	33,42	1117,
Ic	iłowa <0.002	2	4,2	10,2	7,2	4,242	18
Ic	pyłowa 0.002-0.05	3	23,6	57,3	35,63	18,80	353,5
Ic	piaskowa 0.05-0.25	4	21	47,7	30,55	12,65	160,11
Ic	piaskowa 0.25-0.5	3	17	22,9	18,96	3,406	11,60
Ic	piaskowa 0.5-2.0	3	1,6	34	23,2	18,70	349,92
Ic	żwirowa i kamienista >2.0	3	0	2	1,333	1,154	1,333
IIa	pyłowa 0.002-0.05	2	16	19	17,5	2,121	4,5
IIa	piaskowa 0.05-0.25	2	17	19	18	1,414	2
IIa	piaskowa 0.25-0.5	2	13	17	15	2,828	8
IIa	piaskowa 0.5-2.0	2	42	47	44,5	3,535	12,5
IIa	żwirowa i kamienista >2.0	2	4	6	5	1,414	2
IIb	iłowa <0.002	8	0	16,1	10,22	6,191	38,33
IIb	pyłowa 0.002-0.05	8	7	76,8	50,27	22,92	525,6
IIb	piaskowa 0.05-0.25	8	9,7	58,5	29,53	16,00	256,2
IIb	piaskowa 0.25-0.5	6	0	18,5	7,966	7,321	53,59
IIb	piaskowa 0.5-2.0	6	0	16,2	4,85	7,585	57,543
IIb	żwirowa i kamienista >2.0	6	0	3	0,5	1,224	1,5
IIc	iłowa <0.002	16	0	16,6	8,893	6,386	40,78
IIc	pyłowa 0.002-0.05	18	1	85,2	45,18	29,34	861,0
IIc	iłowa i pyłowa <0.05	2	21,2	24	22,6	1,979	3,92
IIc	piaskowa 0.05-0.25	20	1,9	45	25,71	11,99	143,8
IIc	piaskowa 0.25-0.5	20	0	43,6	13,27	15,02	225,6
IIc	piaskowa 0.5-2.0	17	0	40	10,72	12,70	161,3
IIc	żwirowa i kamienista >2.0	16	0	7,1	1,162	2,377	5,6505

Załącznik 13. Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu
statystycznym – skład mineralogiczny.

Parametry warstw geologiczno-inżynierskich w ujęciu statystycznym skład mineralogiczny warstw

Miejscowość: Kowary Górne

Powiat: Jel. Góra

Obiekt: staw osadowy

Nr warstwy	Minerał	Ilość	Minimum	Maksimum	Średnia	Odchylenie st.	Wariancja
Ia	chloryt	4	5	10	7	2,449	6
Ia	kalcyt	2	5	6	5,5	0,707	0,5
Ia	kaolinit	3	8	25	14,33	9,291	86,33
Ia	kwarc	6	26	60	45,5	14,89	221,9
Ia	mika	5	10	20	14,8	3,701	13,7
Ia	plagioklaz	2	7	9	8	1,414	2
Ia	smektyt	6	13	25	16	4,516	20,4
Ia	tlenki, wodorotl. Fe	6	1	3	2,166	0,983	0,966
Ib	amfibol	3	5	8	6,666	1,527	2,333
Ib	chloryt	3	5	10	8,333	2,886	8,333
Ib	gips	4	10	25	18,75	6,291	39,58
Ib	kaolinit	2	5	9	7	2,828	8
Ib	kwarc	4	20	45	33,75	10,30	106,25
Ib	mika	4	10	23	14,75	5,909	34,91
Ib	plagioklaz	2	5	10	7,5	3,535	12,5
Ib	smektyt	3	7	20	12,33	6,806	46,33
Ib	tlenki, wodorotl. Fe	3	1	2	1,666	0,577	0,333
Ic	chloryt	4	5	15	11,25	4,787	22,91
Ic	gips	4	8	20	14,5	6,403	41
Ic	kalcyt	3	2	7	4	2,645	7
Ic	kwarc	5	40	60	47,2	8,318	69,2
Ic	mika	5	2	21	14,6	7,765	60,3
Ic	smektyt	5	10	14	10,8	1,788	3,2
Ic	substancja organiczn	2	1	1	1	0	0
IIb	chloryt	3	10	15	11,66	2,886	8,333
IIb	gips	3	3	10	7,666	4,041	16,33
IIb	kwarc	3	25	38	31	6,557	43
IIb	mika	3	15	20	16,66	2,886	8,333
IIb	plagioklaz	2	10	20	15	7,071	50
IIb	smektyt	3	10	14	11,33	2,309	5,333
IIb	tlenki, wodorotl. Fe	3	1	2	1,333	0,577	0,333
IIc	chloryt	2	5	15	10	7,071	50
IIc	kalcyt	2	5	5,5	5,25	0,353	0,125
IIc	kaolinit	2	9	15	12	4,242	18
IIc	kwarc	3	15	55	40	21,79	475
IIc	mika	2	10	15	12,5	3,535	12,5
IIc	plagioklaz	2	9	9	9	0	0
IIc	smektyt	3	5	10	6,666	2,886	8,333

Nr warstwy	Minerał	Ilość	Minimum	Maksimum	Średnia	Odchylenie st.	Wariancja
IIc	tlenki, wodorotl. Fe	3	1	2	1,5	0,5	0,25
IIc	vermikulit	2	5	10	7,5	3,535	12,5
ZW	chloryt	3	8	11	9,666	1,527	2,333
ZW	kwarc	4	30	60	46,25	12,5	156,25
ZW	mika	4	14	20	16,75	2,753	7,583
ZW	skaleń	2	8	15	11,5	4,949	24,5
ZW	smektyt	4	8	11	9,75	1,258	1,583
ZW	substancja organiczn	3	1	1	1	0	0
ZW	tlenki, wodorotl. Fe	3	3	4	3,333	0,577	0,333