

*Andrzej Domonik**, *Artur Dziedzic**, *Agnieszka Jarząbkiewicz**,
*Dominik Łukasiak**, *Paweł Łukaszewski**, *Joanna Pinińska**

ZINTEGROWANY SYSTEM GROMADZENIA, PRZETWARZANIA I WIZUALIZACJI DANYCH GEOMECHANICZNYCH — BAZA DANYCH GEOMECHANICZNYCH

1. Wstęp

Wraz z rozwojem technik pomiarowych i nowej generacji danych wzrasta trudność zarządzania rosnącymi zbiorami parametrów charakteryzujących ośrodki skalne. Pomimo, że w Polsce istnieją zapewne skomputeryzowane rejestry lokalne zawierające takie dane, to nie są one jednak skorelowane wzajemnie, przez co są użyteczne jedynie w sferze wewnętrznej danej instytucji lub nawet tylko w ramach określonego tematu. Równocześnie, ze szkodą dla inżynierii skalnej, giną gromadzone w poprzednich latach dane archiwalne. Likwidacja archiwów przy jednoczesnym ograniczaniu produkcji surowców skalnych, czy też transformacja strukturalna jednostek badawczych i projektowych powoduje bezpowrotną utratę danych, często unikalnych. Informacje te, zazwyczaj niepowtarzalne, związane z budową dawno zakończonych inwestycji, likwidowanych kopalń lub zrewaloryzowanych obiektów zabytkowych mogłyby być przetwarzane na nowe wartości wzbogacając w ten sposób współczesny stan wiedzy i zakres badań podstawowych. Gospodarowanie dużymi i nieustannie rozrastającymi się zbiorami danych, nawet w pojedynczych ośrodkach, staje się jednak coraz trudniejsze, nie tylko ze względu na powiększający się zestaw ocenianych właściwości, lecz także ze względu na przyrodniczy, opisowy charakter uwarunkowany przestrzennie czynnikami geologicznymi. Dane te wymagają, zatem uporządkowania i wprowadzenia do wspólnego systemu integracyjnego.

Rozwiązaniem tego złożonego problemu może być stworzenie ogólnopolskiej zintegrowanej Bazy Danych Geomechanicznych (BDG) oraz konstruktywna współpraca zainteresowanych inżynierią skalną ośrodków badawczych w bieżącym uzupełnianiu jej zawartości.

* Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

W związku z rozbudową i unowocześnieniem Specjalistycznego Środowiskowego Laboratorium Badań Ośrodków Skalnych w Uniwersytecie Warszawskim, od roku 1992 w Zakładzie Geomechaniki UW, w rezultacie prowadzonych badań, tworzono duże zbiory danych, które już od samego początku wymagały uporządkowania i stworzenia systemu gromadzenia, przetwarzania i zunifikowanego prezentowania na własny, jak również środowiskowy użytek [1–3]. Zaprojektowana w tym celu baza danych, oparta na oprogramowaniu Microsoft Access okazała się jednak wystarczająca jedynie w zakresie wewnętrznego użytkowania. Dlatego w latach 2002–2003 powstały zarysy idei utworzenia zintegrowanej, ogólnodostępnej BDG o bardziej profesjonalnym, z punktu widzenia informatycznego, charakterze, której zadaniem byłaby nie tylko bieżąca, ciągła archiwizacja danych, lecz również możliwość korzystania z nich w systemie „on-line” dla celów kategoryzacji cech skał i masywów skalnych w dowolnym, niezbędnym dla danego zadania geomechanicznego ujęciu. Pracę nad jej stworzeniem podjęto w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr 4T12B04130 pt. „Kategoryzacja skał i masywów skalnych w ujęciu regionalnym”.

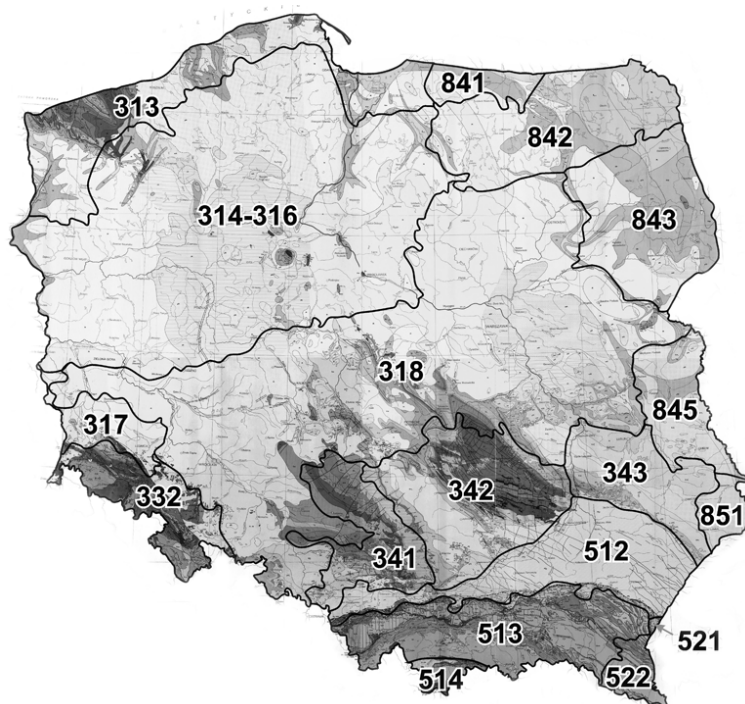
Do roku 2003 dysponowano w Zakładzie Geomechaniki zestawem informacji, z którym około 100 000 stanowiły parametry geomechaniczne skał Polski, określone w sposób zunifikowany we własnym Laboratorium Geomechaniki. Idea kompleksowej, zintegrowanej Bazy Danych Geomechanicznych (BDG) zrodziła się zatem z potrzeby szybkiego wyszukiwania danych w dużych, wielotematycznych zbiorach w celu opracowania regionalnych katalogów oraz tabel i diagramów klasyfikacyjnych skał budowlanych, jak i szybkiego selekcjonowania informacji do prac naukowych. Dało to asumpt do wydania pięciu części atlasu właściwości geomechanicznych skał z różnych regionów geologicznych Polski: Gór Świętokrzyskich [4], Sudetów [5], Jury Krakowsko-Częstochowskiej [6], Karpat fliszowych [7] oraz regionu lubelskiego [8].

2. Regionalny system bazy danych

Ze względu na regionalne uwarunkowania dostępności skał danych formacji geologicznych na powierzchni oraz w otworach wiertniczych, pozyskiwanie informacji i ich gromadzenie w BDG, oparte jest na podziale regionalnym. Podział regionalny starano się powiązać z dużymi jednostkami strukturalno-tektonicznymi takimi jak np. Góry Świętokrzyskie, Karpaty, Sudety, Jura Krakowsko-Częstochowska itp. Ze względu na brak zunifikowanego, kodowanego systemu oznaczania struktur geologicznych Polski oraz posługiwanie się informacjami zawartymi w zintegrowanym systemie BDG przy zastosowaniu GIS, regiony geologiczne przyporządkowano podprowincjom fizyczno-geograficznym Polski według podziału Kondrackiego (1998), który to podział, w nawiązaniu do geologicznej mapy Polski bez utworów czwartorzędowych w skali 1: 1 000 000, przedstawiono na rysunku 1.

W tym systemie lokalizacji, skały pochodzące z obiektów takich jak odsłonięcia, kopalnie lub otwory wiertnicze umiejscowione są w regionie, w którym znajduje się dany obiekt

wraz z przynależną mu strukturą geologiczną. Region ten jest zatem równoważny z miejscem pozyskania materiału do badań. Natomiast zabytkowe i współczesne pojedyncze obiekty kamienne lub ich większe zespoły umiejscowione są w regionie ich występowania i mogą reprezentować wiele rodzajów skał pozyskanych z różnych lokalizacji. W przypadku, gdy istnieją w bazie porównawcze badania geomechaniczne przeprowadzone współcześnie na skałach budujących te obiekty, znajduje to odpowiednie odniesienie do macierzystego odsłonięcia.



Rys. 1. Podprovincje fizyczno-geograficzne wg Kondrackiego (1998) na tle Mapy Geologicznej Polski w skali 1:1 000 000: 313 Pobrzeża Południowobałtyckie; 513 Zewnętrzne Karpaty Zachodnie; 314–316 Pojezierza Południowobałtyckie; 512 Podkarpacie Północne; 317 Niziny Sasko-Lużyckie; 514 Centralne Karpaty Zachodnie; 318 Niziny Środkowopolskie; 521 Podkarpacie Wschodnie; 332 Sudety z Przedgórzem Sudeckim; 522 Beskidy Wschodnie; 341 Wyżyna Śląsko-Krakowska; 841 Pobrzeża Wschodniobałtyckie; 342 Wyżyna Małopolska; 842 Pojezierza Wschodniobałtyckie; 343 Wyżyna Lubelsko-Lwowska; 843 Wysoczyzny Podlasko-Białoruskie; 851 Wyżyna Wołyńsko-Podolska

Pozyskiwanie danych gromadzonych w BDG w układzie regionalnym odbywa się dla zadeklarowanego obiektu. Uzyskiwane dane mogą być zbiorami charakteryzującymi grupę próbek spełniających jakieś wymagania lub dotyczyć pojedynczej próbki. Schemat gromadzenia danych w BDG oraz ich atrybuty przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1
Schemat gromadzenia danych w BDG

Region wg Kondrackiego 1998	nazwa symbol opis mapa regionu
Obiekt	nazwa symbol region występowania współrzędne geograficzne dane administracyjne opis tekstowy dokumentacja fotograficzna obiektu
Typ litologiczny skały	nazwa użytkowa nazwa petrograficzna podział litologiczny symbol wiek skały opis makroskopowy skały dokumentacja fotograficzna typu litologicznego skały (szlify, polery) klasa wytrzymałości skały wg PN-84/B-01080 wg ISRM wg Millera wg Protodiakonowa wg PN-EN 14689-1 klasyfikacja masywu ocena punktowa (Bieniawski) odbojność młotkiem Schmidta szczelinowość układ spękań wg Mencla
Seria badawcza próbek	nazwa nazwa użytkowa symbol typu litologicznego nazwa obiektu opis tabele z danymi wyjściowymi lista grup badań dla danej serii badawczej próbek (fizyczne, ultradźwiękowe, wytrzymałościowe, emisji akustycznej, chropowatości)
Próbka	nr próbki opis dokumentacja fotograficzna próbki
lista typów badań dla pojedynczej próbki	typy badań
wyniki badań	wartości parametrów geomechanicznych (fizycznych, ultradźwiękowych, wytrzymałościowych, emisji akustycznej, chropowatości) pliki graficzne

3. Geoprzestrzenna lokalizacja danych geomechanicznych

Przyjęta geograficzna regionalizacja sugeruje i jednocześnie narzuca integrację rozproszonych, niejednorodnych danych geomechanicznych o przyrodniczej genezie poprzez powiązanie lokalizacji źródłowego materiału skalnego z numerycznym modelem terenu w systemie współrzędnych geograficznych. Dane pochodzą bowiem z rzeczywistych „obiek-tów” skalnych: kamieniołomów, otworów wiertniczych, zabytków itp., umiejscowionych

jednoznacznie w przestrzeni przyrodniczej. Każdemu takiemu obiektowi można przypisać określone położenie geograficzne według szerokości i długości geograficznej (φ i λ) oraz rzędnej wysokościowej (z). Wyznaczanie współrzędnych geograficznych płaskich jest możliwe bezpośrednio w terenie przy pomocy kieszonkowych przyrządów systemu pozycjonowania globalnego (GPS), zaś rzędną wysokościową można określić w przybliżeniu na podstawie odczytu z wysokościowego modelu terenu (DTM).

GIS jako system informatyczny wiążący dane w przestrzennym układzie współrzędnych geograficznych dotyczy wszystkich wielofunkcyjnych zbiorów informacji, które są jednoznacznie umiejscowione w geoprzestrzeni. Warunkiem dostosowania BDG do zasad GIS jest, więc korelowanie jej zawartości z systemem współrzędnych geograficznych już w trakcie terenowego pozyskiwania danych, tak aby je gromadzić i przetwarzać w sposób umożliwiający przestrzenną wizualizację produktu finalnego.

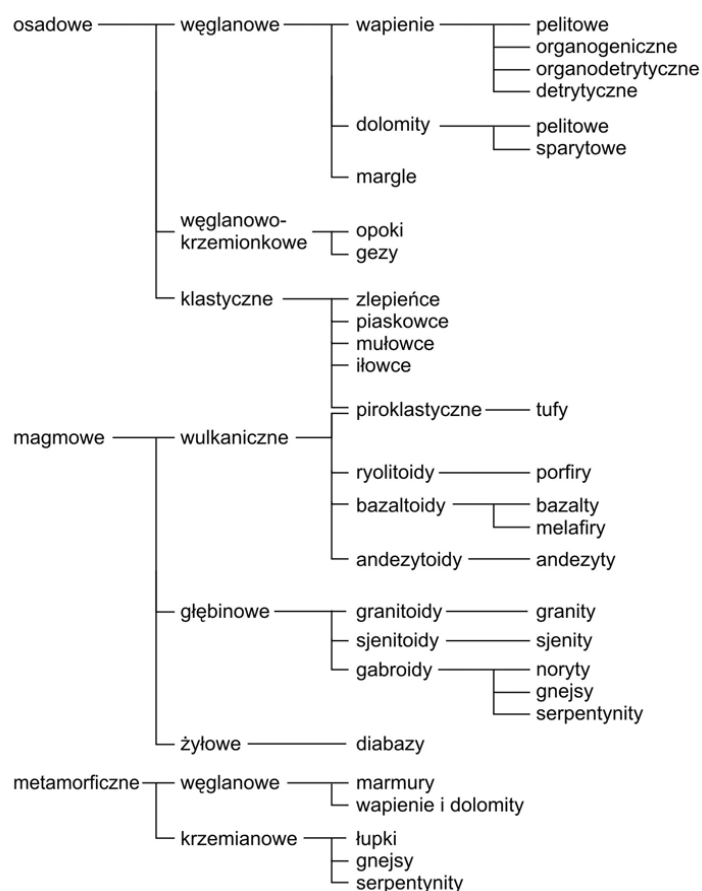
Baza Danych Geomechanicznych w systemie GIS oparta jest, zatem na programach i procedurach umożliwiających kolekcjonowanie, zarządzanie oraz wizualizację jej treści w relacji do układu współrzędnych geograficznych. Lokalizacja przestrzenna obiektów opisanych w bazie danych jest możliwa ze względu na ograniczone wymiary odsłonięć i wyrobisk górniczych, punktowe umiejscowienie otworów wiertniczych czy też kamiennych obiektów architektonicznych lub pomników przyrody nieożywionej.

4. Zasoby BDG

W Bazie Danych Geomechanicznych zgromadzonych jest obecnie blisko 200 tysięcy danych parametrycznych oraz szeroki zbiór danych opisowych i graficznych na temat właściwości geomechanicznych skał Polski. Ponad 15 letnia, ujednolicona metodyka badawcza stosowana w Zakładzie Geomechaniki UW pozwoliła zebrać bezpośrednio porównywalne informacje o polskich skałach zlokalizowanych regionalnie w 10 podprowincjach geograficznych przyjętych w podziale Kondrackiego. W bazie zgromadzone są dane dotyczące obiektów znajdujących się na obszarze 97 gmin, które wchodzi w skład 65 powiatów zlokalizowanych w 10 województwach. Skały skatalogowane stanowią 30 odmian litologicznych, zdefiniowanych zgodnie z przyjętym, prostym podziałem litogenetycznym opartym na tradycyjnie stosowanej w geologii klasyfikacji. Znajduje się w niej 11 typów litologicznych skał magmowych, 14 typów skał osadowych oraz 5 typów skał metamorficznych (rys. 2).

Zunifikowane procedury badawcze stosowane w Zakładzie Geomechaniki UW od 1992 roku, oparte przede wszystkim na wytrzymałościowych badaniach w sztywnej prasie MTS-815, jak do tej pory pozwoliły zgromadzić ponad 50 000 (52 657) parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych, uzyskanych w efekcie przebadania prawie 4500 (4357) próbek skalnych. Dodatkowo zbiór ten poszerzony jest o prawie 100 000 (97 912) parametrów z niszczących badań ultradźwiękowych, którym poddawano próbki przed ich ostatecznym zniszczeniem w prasie wytrzymałościowej. Każda próbka skalna, jest poddawana ocenie cech fizycznych, co w efekcie dało jak dotychczas ponad 40 000 (40 316) parametrów fizycznych.

Do tego należy jeszcze dodać badania specjalne, jak np. szorstkość powierzchni przełamów skalnych, badania deterioracji materiałów skalnych pod wpływem zmiennych czynników chemicznych itd. Łącznie w Bazie Danych Geomechanicznych znajduje się w chwili obecnej prawie 200 000 (193 085) parametrów bardzo szczegółowo opisujących cechy fizyczno-mechaniczne skał występujących na terenie Polski.



Rys. 2. Przyjęty podział litogenetyczny

Ten bardzo rozległy zbiór danych daje możliwość dogłębnej i szczegółowej regionalnej analizy właściwości wytrzymałościowo-odkształceniowych skał Polski, zarówno eksploatowanych obecnie jako surowiec skalny, jak i takich, których eksploatację już zakończono. W Bazie znajdują się także informacje o odmianach litologicznych niewykorzystywanych w celach przemysłowych, chociażby ze względu na ich występowanie w obrębie Parków Narodowych. Baza Danych Geomechanicznych zawiera również dane o skałach, które w prze-

szłości historycznej wykorzystywano jako materiał budowlany, ale ich odsłonięcia zostały już w sposób naturalny bądź sztuczny zrehabilitowane.

5. Ogólna charakterystyka struktury BDG

Baza Danych Geomechanicznych działa za pomocą dwóch współpracujących ze sobą systemów: systemu Właściwej Bazy Danych gromadzącego dane na serwerze oraz systemu Aplikacji służącego do przeglądania zgromadzonych danych, akwizycji nowych przez osoby upoważnione oraz sporządzania raportów odpowiadających na tworzone zapytania.

System Aplikacji zawiera trzy moduły:

- 1) moduł główny,
- 2) moduł wyszukiwania,
- 3) moduł raportów.

Moduł główny służy do przeglądania wszystkich elementów bazy oraz wprowadzania nowych danych, moduł wyszukiwania pozwala wybrać pożądaną zestaw informacji, zaś moduł raportów prezentuje go w formie tabelarycznej bądź graficznej, zgodnie z repertuarem modułu wyszukiwania.

Na strukturę modułu głównego Aplikacji składa się 7 hierarchicznych poziomów informacyjnych dotyczących kolejno:

- 1) regionu występowania skały,
- 2) ogólnych danych o obiekcie z którego skała pochodzi,
- 3) typu litologicznego skały,
- 4) parametrów geomechanicznych,
- 5) badań (grup badań i typów badań),
- 6) serii badawczych próbek o zdefiniowanych cechach geomechanicznych,
- 7) pojedynczych próbek.

Z każdego, dowolnie wybranego poziomu możliwe jest przeglądanie zawartości bazy, natomiast wprowadzanie nowych danych może się odbywać jedynie w sposób hierarchiczny, przez kolejne poziomy informacyjne, od najbardziej ogólnego (region) do najbardziej szczegółowego (pojedyncza próbka skalna). Zgromadzone w ten sposób dane tworzą zbiór, w którym obowiązuje zasada „od ogółu do szczegółu” i na odwrót, co umożliwia tworzenie wielopoziomowych warunków zapytania.

Elementem łączącym każdy istniejący w bazie atrybut są współrzędne geograficzne, ponieważ bez względu na to, z jakim obiektem jest on związany (kamieniołom, wiercenie czy też dowolny kamienny obiekt zabytkowy) ma jednoznacznie określone położenie w przestrzeni. Zapytania, jakie możemy kierować do bazy pozwalają, zatem uzyskać w odpowiedzi zbiór danych umieszczony w konkretnej lokalizacji, co umożliwia wprowadzenie danych zgromadzonych w Bazie Danych Geomechanicznych do systemu GIS i ich wizualizację jako elementu składowego szerszego zbioru informacji.

6. Przykłady zastosowań

Zgromadzenie dużych, zunifikowanych zbiorów danych geomechanicznych dotyczących skał Polski ma na celu kilka zadań:

- 1) Stworzenie możliwości szybkiego wyszukiwania parametrów i klasyfikowania wytrzymałości skały z wybranego obiektu lub typu litogenetycznego, zgodnie z wybraną z repertuaru bazy normą klasyfikacyjną lub innym, uznanym i stosowanym w kraju systemem klasyfikacji skał.
- 2) Stworzenie możliwości szybkiego wyszukiwania parametrów i specjalistycznego klasyfikowania przydatności wybranego masywu skalnego do określonego celu na podstawie punktowego systemu Bieniawskiego i wskaźnika RMR, szczelinowatości lub odbojności młotkiem Schmidta.
- 3) Stworzenie możliwości szybkiego wyszukiwania parametrów i tworzenia na ich podstawie pozastandardowych kategoryzacji skał i masywów skalnych Polski, opartych o uznane na świecie systemy klasyfikacji.
- 4) Stworzenie możliwości szybkiego wyszukiwania parametrów i indywidualnej kategoryzacji przydatności wybranego masywu skalnego lub skały do określonego celu, na podstawie parametrów dobranych do warunków regionalnych, lokalnych lub na potrzeby użytkownika.
- 5) Stworzenie możliwości szybkiego wyszukiwania parametrów i ich implementacja do wskaźnikowych ocen wytrzymałości skał i masywów skalnych.
- 6) Stworzenie możliwości szybkiego wyszukiwania parametrów geomechanicznych i ich wizualizacji na tematycznych mapach geologicznych, geośrodowiskowych lub zagospodarowania przestrzennego.
- 7) Stworzenie możliwości szybkiego wyszukiwania parametrów geomechanicznych dla celów naukowych w dowolnym układzie relacyjnym.

Zgromadzone w bazie dane będą udostępnione potencjalnym użytkownikom zewnętrznym poprzez aplikację WWW „Baza Danych Geomechanicznych” w domenie Geomechanika.pl, w której zawarte będą dwa moduły: moduł wyszukiwania oraz moduł raportów.

Moduł wyszukiwania służy do wyszukiwania danych serii badawczych próbek spełniających określone zapytania zewnętrznego użytkownika, a moduł raportów przygotowuje na życzenie zewnętrznego użytkownika przygotowane raporty, zgodnie z kryteriami podanymi w module wyszukiwania.

Moduł wyszukiwania umożliwia wyszukanie serii badawczych próbek spełniających określone warunki dobrane według następujących kryteriów:

- litologicznego — z repertuaru drzewa podziału litogenetycznego,
- regionalnego — z listy regionów,
- z listy obiektów,
- z listy nazw użytkowych i regionach skał,

- administracyjnego — z repertuaru drzewa województw, powiatów i gmin,
- wieku — z repertuaru drzewa podziału stratygraficznego.

Moduł raportów służy do uzyskiwania bezpośrednio z Geomechanicznej Bazy Danych 4 zestawów danych parametrycznych.

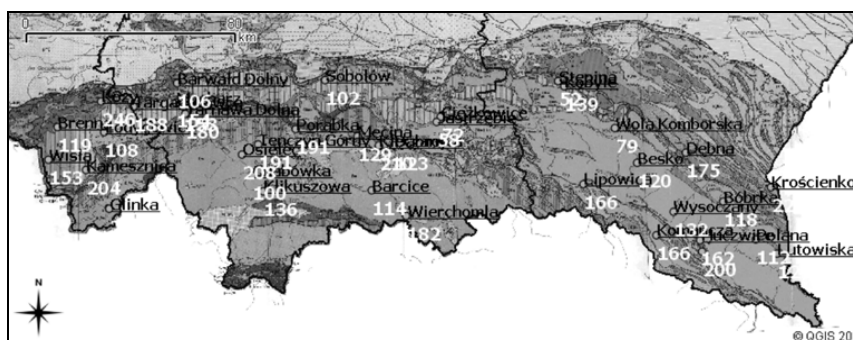
Pierwszy zestaw danych zawiera informacje o:

- serii badawczej próbek, czyli nazwie serii i jej opis,
- typie litologicznym, do którego należy dana seria badawcza próbek, czyli nazwie użytkowej i regionalnej skały, symbolu typu litologicznego, podziale litogenetycznym, wieku skały oraz opisie makroskopowym skały,
- obiekcie, do którego należy dana seria badawcza próbek, czyli nazwie i symbolu obiektu, podziale administracyjnym oraz współrzędnych geograficznych,
- regionie, do którego należy dana seria badawcza próbek, czyli nazwie i symbolu regionu.

Pozostałe zestawy danych dostępne są w karcie Raporty, w której przygotowano trzy gotowe raporty. Dla danego raportu należy zaznaczyć wybrane z listy serie badawcze próbek oraz zaznaczyć maksymalnie 5 parametrów z listy Typów Badań.

Rezultatem zapytań jest zestaw parametrów związanych z seriami badawczymi próbek, który można w sposób automatyczny, poprzez moduł raportów, wizualizować w postaci zestawień tabelarycznych i wykresów. Są one dostępne w postaci plików .pdf gotowych do wydruku oraz jako pliki w formacie umożliwiającym import do arkusza kalkulacyjnego. Dzięki tej drugiej postaci możliwe jest dalsze analizowanie danych w arkuszu kalkulacyjnym, co pozwala na tworzenie szeregu zróżnicowanych zestawień danych i ich statystyczną obróbkę.

W arkuszu kalkulacyjnym można też przygotować zestaw danych w formacie zgodnym ze standardami GIS, co pozwala na prezentację wybranej zawartości Bazy Danych Geomechanicznych w zestawieniach z innymi, geoprzestrzennymi informacjami, jak np. wizualizacja wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie skał fliszowych na tle mapy geologicznej Polski (rys. 3).



Rys. 3. Przykład zestawienia wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie R_c [MPa] skał fliszowych na tle mapy geologicznej Polski

7. Podsumowanie

Współczesna geomechanika dysponuje dużymi zbiorami danych zarówno archiwalnych jak i danych pozyskiwanych na bieżąco z badań naukowych, praktyki inżynierskiej czy też z modelowań geomechanicznych. Wyszukiwanie, wymiana i korelacja pomiędzy istniejącymi zbiorami staje się coraz trudniejsza lub niekiedy wręcz niemożliwa, nie tylko ze względu na powiększający się zestaw ocenianych właściwości, lecz także ze względu na problemy kompatybilności posiadanych rejestrów. Dodatkowo, w większości przypadków, dane te tracą na znaczeniu, jeśli nie posiadają jednoznacznego umiejscowienia w przestrzeni geograficznej ze względu na swój przyrodniczy, opisowy charakter, uwarunkowany czynnikami geologicznymi. Uporządkowanie tych danych wymaga zastosowania nowoczesnej i zintegrowanej bazy danych, zgodnej z założeniami systemu informacji geograficznej (GIS) i w ten sposób kompatybilnej z innymi tego typu zbiorami danych.

Stworzona w Zakładzie Geomechaniki Uniwersytetu Warszawskiego Baza Danych Geomechanicznych została oparta o wewnętrzny język programowania SQL (*Structured Query Language*), co gwarantuje kompatybilność architektury systemu z innymi nowoczesnymi bazami danych. Zastosowane technologie informatyczne pozwalają umożliwić pełną wymiennalność danych geomechanicznych z istniejącymi systemami GIS, wykorzystującymi języki: UML (*Unified Modeling Language*), GML (*Geography Markup Language*), GeoSciML (*GeoScience Markup Language*) oraz XMML (*eXploration and Mining Markup Language*) [9].

U podstaw realizacji prezentowanej Bazy Danych Geomechanicznych leżała potrzeba szybkiego wyszukiwania danych w dużych, wielotematycznych zbiorach w celu opracowywania regionalnych katalogów właściwości wytrzymałościowych i odkształceniowych skał Polski. Dlatego przyjęta struktura wewnętrzna bazy pozwala na prezentowanie wybranych informacji w postaci tabel i diagramów klasyfikacyjnych skał budowlanych, jak również na szybkie selekcjonowanie informacji do prac naukowych dzięki zastosowanemu modułowi wyszukiwania.

Sukces idei zintegrowanej i uniwersalnej Bazy Danych Geomechanicznych możliwy będzie do osiągnięcia jedynie przy konstruktywnej współpracy zainteresowanych inżynierią skalną ośrodków badawczych w bieżącym uzupełnianiu jej zawartości.

LITERATURA:

- [1] *Dziedzic A., Pinińska J.*: Katalogowe ewidencjonowanie geomechanicznych parametrów skał. *Przegląd Geologiczny*, tom 44, nr 3, 1996, s. 255–258
- [2] *Pinińska J., Dziedzic A.*: GIS application for geomechanics — a Polish example. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, t. 63, nr 1, 2004, s. 83–87
- [3] *Pinińska J., Dziedzic A.*: Cyfrowy katalog właściwości geotechnicznych skał. „Metodyka rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalin oraz geologicznej obsługi kopali”, Centrum PPGSMiE PAN Kraków, 1998, s. 195–201
- [4] *Pinińska J.*: Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. I. Skały osadowe regionu świętokrzyskiego, t. 1, Katalog. Warszawa, Wyd. Tinta, 1994
- [5] *Pinińska J.*: Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. II. Skały magmowe, osadowe i metamorficzne regionu Sudetów. t. 3, Katalog. Warszawa, Wyd. Tinta, 1996

- [6] *Pinińska J.*: Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. III. Jura Krakowsko-Częstochowska, t. 5, Katalog. Warszawa, Wyd. Wydz. Geol. UW, 1999
- [7] *Pinińska J.*: Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. IV. Karpaty fliszowe. t. 7, Katalog. Warszawa, Wyd. Wydz. Geol. UW, 2003
- [8] *Pinińska J., Dziedzic A.*: Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. V. Region lubelski, t. 9, Katalog. Warszawa, Wyd. Wydz. Geol. UW, 2006
- [9] *Pinińska J., Łukaszewski P., Dziedzic A., Domonik A.*: Potrzeba integracji właściwości wytrzymałościowych skał — Baza Danych Geomechanicznych. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, nr 429, 2008, 139–144