

## POTRZEBA INTEGRACJI WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH SKAŁ – BAZA DANYCH GEOMECHANICZNYCH

### A NEED TO INTEGRATE GEOMECHANICAL PROPERTIES OF ROCKS – A GEOMECHANICAL DATABASE

JOANNA PINIŃSKA<sup>1</sup>, PAWEŁ ŁUKASZEWSKI<sup>1</sup>, ARTUR DZIEDZIC<sup>1</sup>, ANDRZEJ DOMONIK<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono koncepcję usystematyzowanego i ujednoczonego systemu gromadzenia i przetwarzania danych geomechanicznych, opartego na obiektowo-relacyjnej bazie danych. Istniejąca w Polsce bogata dokumentacja właściwości geomechanicznych ośrodków skalnych nie jest dotychczas zintegrowana i zunifikowana, co uniemożliwia ich identyfikację i kategoryzację. Baza ma służyć do inwentaryzacji właściwości skał i masywów skalnych w ujęciu litologicznym i regionalnym oraz będzie współpracować z zewnętrznym serwerem geoinformacyjnym. W proponowanym systemie założono, że do obiektów geoprzestrzennych, takich jak odsłonięcia, otwory wiertnicze, wyrobiska górnicze czy też zabytkowe konstrukcje kamienne, można w prosty sposób przypisać określone współrzędne geograficzne, zgodnie z założeniami systemu GIS. W ten sposób stwarza się możliwość integracji przestrzennej z mapami geologicznymi, gospodarczymi czy też z planami zagospodarowania przestrzennego. Zastosowany pojęciowy model obiektu, opracowany zgodnie z normami dotyczącymi geoinformacji, definiuje elementy i atrybuty danych występujących w systemie oraz wzajemne ich relacje, a do jego budowy wykorzystano metodykę języka UML. Model dotyczy danych laboratoryjnych i terenowych uzyskanych w nawiązaniu do normy PN-EN ISO 14689-1, z zadaniem stosowania jej wymogów odnośnie geologicznych podstaw systemowych.

**Słowa kluczowe:** surowce skalne, baza danych, geomechanika, geomatyka, GIS.

**Abstract.** This paper describes the concept of systematized and unified data acquisition and processing based on Object-Relative database. In Poland, the existing rich documentation of geomechanical properties of rocks has not been integrated and unified, making categorization and identification impossible. The database should be useful for inventory of properties of rocks and rock massifs in lithological and regional meaning, and should be able to cooperate with external geoinformation server. The presented system is based on the statement that geospatial objects, e.g. exposures, boreholes, excavations or historic stone monuments, have simple attributes like geographic coordinates according to GIS assumptions. In this way the possibility of integration with geological and economic maps or land development plans is obtainable. The implemented conceptual model of object, developed in accordance with geoinformation standards, defines elements and attributes of information contained in the database and their interrelation. The UML language is used to define the model. The model concerns laboratory and field data obtained according to the PN-EN ISO 14689-1 standard designed for creation of geological system foundations.

**Key words:** rock resources, database, geomechanics, geomatics, GIS.

---

<sup>1</sup> Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa.

## WSTĘP

Właściwości geomechaniczne surowców skalnych w Polsce nie są objęte dotychczas zintegrowaną bazą informacji, która mogłaby służyć ich identyfikacji i kategoryzacji. Pomimo tego że w Polsce istnieje szereg rozproszonych rejestrów lokalnych zawierających informacje o właściwościach wytrzymałościowych ośrodków skalnych, to zawarte w nich dane nie są zunifikowane i wzajemnie skorelowane. Ogranicza to ich użyteczność jedynie do sfery wewnętrznej danej instytucji, a nierzadko tylko do określonego tematu.

Równocześnie gospodarowanie dużymi zbiorami danych geomechanicznych staje się coraz trudniejsze nie tylko z powodu powiększającego się zestawu ocenianych właściwo-

ści, lecz także ze względu na opisowy charakter wielu z nich, uwarunkowany przyrodniczymi czynnikami geologicznymi.

Niemożność szybkiego wyszukiwania informacji odbija się więc negatywnie zarówno na ocenie jakości surowców i materiałów kamiennych, jak i na przedłużającym się procesie dokumentacyjnym. Koniecznością staje się zatem skuteczne gromadzenie, przechowywanie, przetwarzanie i udostępnianie informacji o właściwościach geomechanicznych polskich surowców skalnych w jednolitym systemie identyfikacji. Może temu służyć obiektowo-relacyjna baza danych, zintegrowana przestrzennie z mapami geologicznymi, gospodarczymi czy też z planami zagospodarowania przestrzennego.

## ZAŁOŻENIA BAZY DANYCH GEOMECHANICZNYCH

Możliwość jednoznacznego przypisania danym geomechanicznym określonej lokalizacji ułatwia tworzenie modeli obiektowych na zasadach uniwersalnych, zgodnych z założeniami systemu GIS (Pinińska, Dziedzic, 2004). Obiektem geoprzestrzennym, takim jak odsłonięcia, otwory wiertnicze, wyrobiska górnicze czy też zabytkowe konstrukcje kamienne, można przypisać określone współrzędne geograficzne.

W Zakładzie Geomechaniki UW stworzono modułową strukturę relacyjnej bazy danych opartą na parametrycznej ocenie właściwości geomechanicznych surowców skalnych Polski, którą uzyskano w drodze wieloletnich badań własnych skał pochodzących z Gór Świętokrzyskich, Sudetów, Jury Krakowsko-Częstochowskiej, Karpat fliszowych oraz Lubelszczyzny (Pinińska, 1994, 1996, 1999, 2003; Pinińska, Dziedzic, 2006), a zebrane w ich efekcie dane to prawie 150 tys. parametrów dla ponad 130 odmian litologicznych. Baza ta ma służyć do inwentaryzacji i kategoryzacji właściwości skał i masywów skalnych w ujęciu litologicznym i regionalnym oraz będzie współpracować z zewnętrznym serwerem geoinformacyjnym. Może ona być dowolnie rozbudowywana i uzupełniana o dane archiwalne oraz nowe, pozyskiwane w drodze badań terenowych i laboratoryjnych. Po wcześniejszej rejestracji dostęp do jej zasobów będzie możliwy dla użytkowników zewnętrznych poprzez stronę internetową, a termin ukończenia projektu planowany jest na połowę roku 2009.

Modułowy system bazy danych (fig. 1) oparty jest na implementacyjnym modelu struktury wewnętrznej, określony poprzez:

a) zunifikowane obiektowe modele pojęciowe danych geomechanicznych, niezależne od metod i środków ich implementacji,

b) modele implementacyjne struktury danych wewnętrznych i zewnętrznych, umożliwiające interoperacyjną wymianę danych z serwerem geoinformacyjnym,

c) interfejs współpracy pomiędzy systemem bazy danych i systemem serwera geoinformacyjnego,

d) system aplikacji służący do komunikacji użytkownika z bazą danych.

Dane identyfikacyjne, usystematyzowane w odpowiednich modułach, są atrybutami obiektów i są gromadzone według współrzędnych geograficznych. Dzięki temu mogą być wzajemnie integrowane oraz selektywnie wizualizowane na interaktywnych, wielowarstwowych mapach tematycznych w powiązaniu z istotnymi elementami sytuacji terenowej i geologicznej bądź jako niezależne karty informacyjne o danym obiekcie, np. w postaci kart dokumentacyjnych odsłonięcia (fig. 2). Jednocześnie aktualizacje, uzupełnienia i inne zmiany w zawartości baz danych mogą być na bieżąco odzwierciedlane.

Zdefiniowanie modeli pojęciowych i odniesienie ich do geomechanicznych danych geoprzestrzennych uniezależniło akwizycję danych od metod i środków implementacji. Pojęciowy model obiektu definiuje elementy i atrybuty danych występujących w systemie oraz wzajemne ich relacje. Jest opracowany zgodnie z normami grupy ISO 19100 (ISO 2002a, b, c, d, e), dotyczącymi geoinformacji, przyjmowanymi obecnie jako normy polskie. Do budowy modelu zastosowano metodykę języka UML, co jest spełnieniem wymagań tych norm. Model dotyczy danych laboratoryjnych i terenowych uzyskanych w nawiązaniu do normy PN-EN ISO 14689-1 (PN, 2006), z zadaniem stosowania jej wymogów odnośnie geologicznych podstaw systemowych.

Na bazie modelu ogólnego w języku UML opracowano praktyczne modele implementacyjne dla:

– struktury danych wewnętrznych w relacyjnej bazie danych za pomocą języka SQL,

– struktury danych zewnętrznych dla interoperacyjnej wymiany danych z serwerem geoinformacyjnym z zastosowaniem języka XML i jego geoprzestrzennej aplikacji,

– języka GML, będącego przedmiotem normy ISO 19136 (ISO 2007),

– struktury danych zewnętrznych do udostępniania danych poprzez witrynę WWW oraz do zdalnego zarządzania bazą.

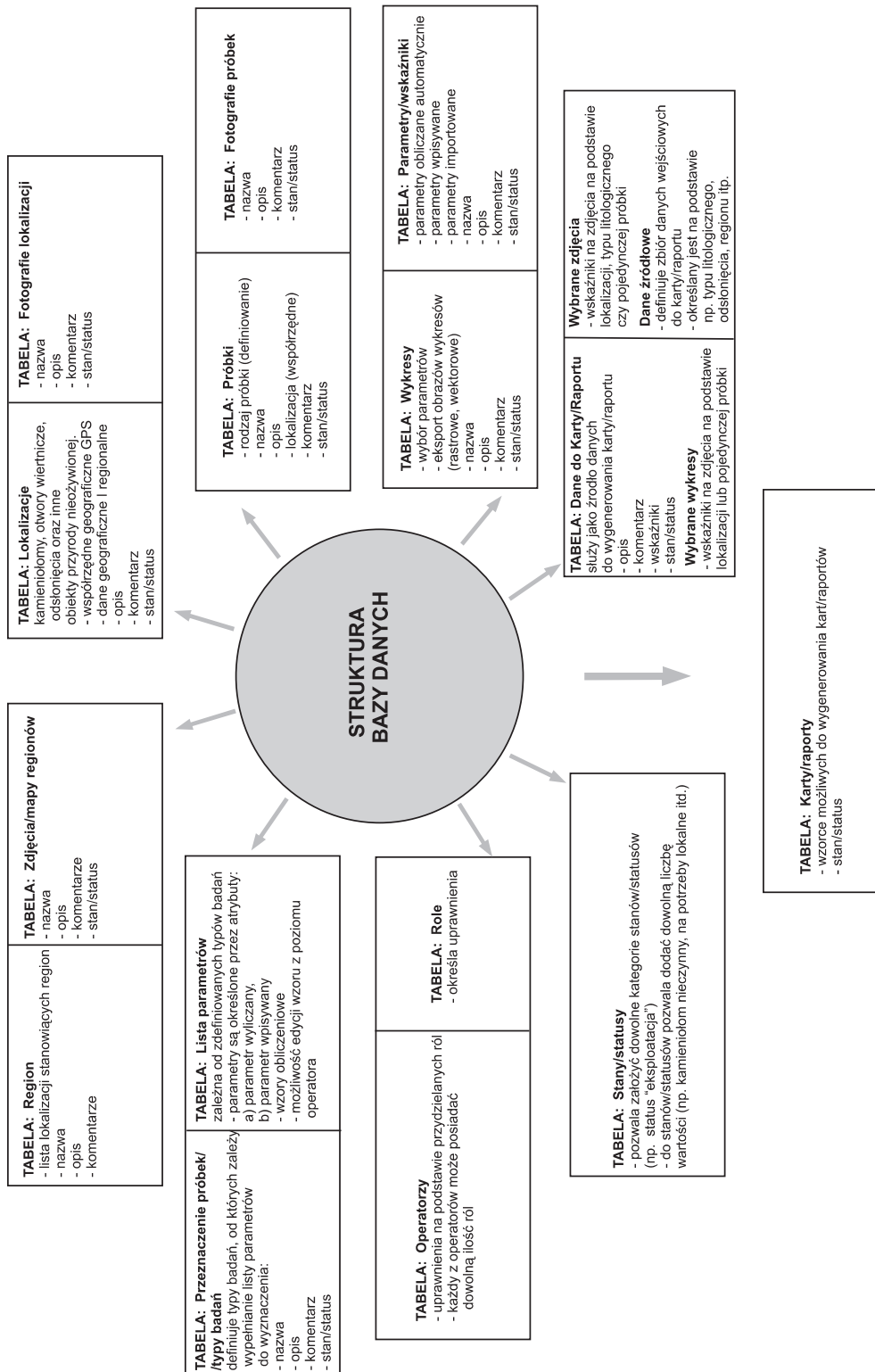


Fig. 1. Modułarny system bazy danych geomechanicznych

Modular geomechanical database system

# KARTA DOKUMENTACYJNA

UŻYTKOWA NAZWA SKAŁY: margiel  
 MIEJSCOWOŚĆ: Rejowiec Fabryczny

## 1. DANE OGÓLNE

- 1.1. Województwo: **lubelskie**  
 1.2. Powiat: **chełmskie** 1.3. Gmina: **Rejowiec Fabryczny**  
 1.4. Użytkownik: **Grupa Ożarów, Cementownia „Rejowiec” S.A.**  
 1.5. Eksploatacja: **na skalę przemysłową**  
 1.6. Zastosowanie: **materiał do produkcji cementów specjalistycznych**  
 1.7. Opis makroskopowy: **skala węglanowa ilasta o teksturze bezładnej**  
 1.8. Uproszczona klasyfikacja petrograficzna: **wakston wapnisty**  
 1.9. Wiek: **kreda (mastrycht)**  
 1.10. Barwa: **jasnoszara**  
 1.11. Układ spekań wg Mencla (1970): **H, K**

1.12. Lokalizacja - wg Auto Route Express Europe 98 (Microsoft, 1998):



1.14. Obraz powierzchni polerowanej:



1.13. Współrzędne geograficzne:  
 $\lambda : 23^{\circ} 13' 20''$   $\phi : 51^{\circ} 07' 50''$

## 2. WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE

2.1. Gęstość pozorna $\rho_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]:	1.42 ÷ 1.54	(1.49)
2.2. Gęstość właściwa $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]:		(2.63)
2.3. Porowatość n [%]:	41.37 ÷ 46.01	(43.30)
2.4. Nasiąkliwość objętościowa $n_v$ [%]:	39.93 ÷ 42.53	(41.19)
2.5. Nasiąkliwość wagowa $n_w$ [%]:	26.07 ÷ 28.95	(27.60)
2.6. Szczelność $S_z$ [%]:	53.99 ÷ 58.63	(56.70)
2.7. Ścieralność S [mm]:		(15.50)
2.8. Mrozoodporność:		zła

## WŁAŚCIWOŚCI GEOMECHANICZNE

### STAN PRZEDKRYTYCZNY

#### 3. WYTRZYMAŁOŚĆ

3.1. Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe $R_c$ [MPa]:	Klasa wytrzymałości: wg PN-84/B-01080:	<b>mala</b>
	wg ISRM: <b>S3, A2-3, F1-2</b>	<b>EL Va</b>
a) stan powietrzno-suchy $R_{cs}$ :	wg Millera: 11.6 ÷ 16.2	(14.2)
b) po nawilgoceniu $R_{cn}$ :	wg Protodiakonowa: 4.2 ÷ 5.8	(5.1)
c) po 25 cyklach zamrażania $R_{c25}$ :	- ÷ -	-
d) współczynnik odporności na mięknięcie $\tau$ :		(0.36)
e) współczynnik odporności na zamrażanie $m$ :		-
3.2. Wytrzymałość na rozciąganie $R_t$ [MPa]:	1.17 ÷ 1.69	(1.45)
3.3. Wytrzymałość na ścinanie $\tau$ [MPa]:	2.33 ÷ 3.39	(2.91)
3.4. Wskaźnik odporności na pęknięcie $K_{Ic}$ [MPa · m <sup>1/2</sup> ]:	0.17 ÷ 0.24	(0.21)

#### 4. ODKSZTAŁCALNOŚĆ

4.1. Progowe naprężenia fazy odkształceń:	[MPa]:	% $R_c$
a) próg wstępnej kompaktacji:	3 ÷ 3 (3)	17 ÷ 30 (21)
b) stabilna propagacja szczeliny:		
- próg mikrodyfuzji - mikropeknięcia		
granica liniowości odkształceń obwodowych:	4 ÷ 5 (5)	28 ÷ 44 (34)
granica liniowości odkształceń osiowych:	8 ÷ 10 (9)	61 ÷ 76 (65)
c) niestabilna propagacja szczeliny:		
- próg makrodyfuzji - makropeknięcia:	11 ÷ 16 (14)	90 ÷ 100 (97)
- próg bifurkacji:	- ÷ -	- ÷ -
4.2. Stałe sprężystości [GPa]:		
a) moduł Younga (badania statyczne) $E_{st}$ :	2.0 ÷ 2.7	(2.4)
b) dynamiczny moduł sprężystości $E_d$ :	4.2 ÷ 6.1	(5.2)
c) statyczny moduł odkształcenia objętościowego $K_{st}$ :	0.7 ÷ 0.9	(0.8)
d) dynamiczny moduł odkształcenia objętościowego $K_{d}$ :	1.8 ÷ 4.3	(2.9)
e) statyczny moduł odkształcenia postaciowego $G_{st}$ :	1.0 ÷ 1.4	(1.2)
f) dynamiczny moduł odkształcenia postaciowego $G_d$ :	1.9 ÷ 2.4	(2.2)
g) statyczna stała Lamego $L_{st}$ :	0.2 ÷ 0.4	(0.3)
h) dynamiczna stała Lamego $L_d$ :	0.5 ÷ 2.7	(1.4)
4.3. Współczynnik Poissona (badania statyczne) $\nu_{st}$ [-]:	0.07 ÷ 0.12	(0.09)
4.4. Dynamiczny współczynnik Poissona $\nu_d$ [-]:	0.10 ÷ 0.27	(0.17)
4.5. Odkształcenie $\epsilon$ [%]:		
osiowe $\epsilon_z$ :		
a) wartość krytyczna $\epsilon_{z,cr}$ :	0.75 ÷ 1.02	(0.88)
b) na granicy liniowości $\epsilon_{z,lin}$ :	0.42 ÷ 0.66	(0.52)
obwodowe $\epsilon_{xy}$ :		
a) wartość krytyczna $\epsilon_{xy,cr}$ :	-0.13 ÷ -0.27	(-0.19)
b) na granicy liniowości $\epsilon_{xy,lin}$ :	-0.01 ÷ -0.03	(-0.02)
objętościowe $\epsilon_v$ :		
a) wartość krytyczna $\epsilon_{v,cr}$ :	0.39 ÷ 0.63	(0.50)
b) na granicy liniowości $\epsilon_{v,lin}$ :	0.19 ÷ 0.44	(0.31)

#### 5. WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNE

5.1. Prędkość fali [m/s]:	
a) podłużna $V_p$ :	1657 ÷ 1985 (1844)
b) poprzeczna $V_s$ :	1106 ÷ 1215 (1148)
c) powierzchniowa $V_k$ :	1035 ÷ 1246 (1130)
5.2. Wskaźniki:	
a) anizotropii akustycznej A [-] (średnio): $A_{ps} = 1.01$ $A_T = 1.02$ $A_n = -$ $A_m = -$	
b) zmiany prędkości B [%] (średnio): $B_T = 17.31$ $B_n = -1.22$ $B_m = -$	
5.3. Emisja akustyczna (procentowy udział zdarzeń):	
a) do progu mikropeknięcia [%]:	18
b) w zakresie mikropeknięcia [%]:	-
c) w zakresie makropeknięcia [%]:	82



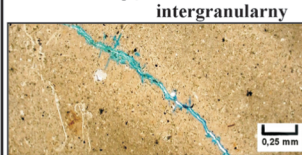
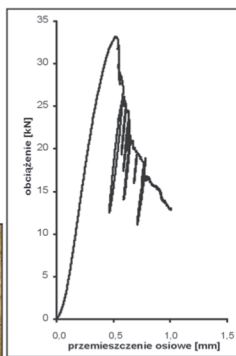
### STAN POKRYTYCZNY

#### 6. WYTRZYMAŁOŚĆ

6.1. Wytrzymałość rezydualna $R_{rez}$ [MPa]:	3.1 ÷ 3.5	(3.3)
6.2. Fazy makropeknięcia $f_g$ :		
a) liczba faz:	0 ÷ 3	(1)
b) poziomy relaksacji naprężeń $\Delta N_{E_1}$ [MPa]:	3.2 ÷ 6.6	[3.5] [6.5]
6.3. Fazy mikropeknięcia $f_i$ :		
a) liczba faz:	16 ÷ 23	(19)
b) poziomy relaksacji naprężeń $\Delta N_{E_2}$ [MPa]:	0.1 ÷ 3.0	[0.3]

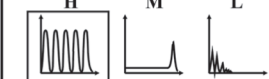
#### 7. ODKSZTAŁCALNOŚĆ

7.1. Odkształcenie objętościowe $\epsilon_v$ [%]:	4.76 ÷ 8.50 (7.13)	7.6. Typowa krzywa deformacji*:
a) pokrytyczne $\epsilon_{v,cr}$ :	0.43 ÷ 7.26	model deformacji (wg Pinińskiej) typ: II
b) faz makropeknięcia $\epsilon_{v,g}$ :	[0.50] [5.00]	
c) faz mikropeknięcia $\epsilon_{v,i}$ :	0.01 ÷ 0.17	
7.2. Moduł faz makropeknięcia $E_{fg}$ :	$\approx E_{st}$	
7.3. Rezydualny moduł sprężystości $E_{rez}$ [GPa]:	(2.0)	
7.4. Stopień uszkodzenia w fazie rezydualnej $W$ :	(0.05)	
7.5. Charakter pęknięcia:	intergranularny	



#### 8. EMISJA AKUSTYCZNA (wg Pinińskiej)

8.1. Typ emisji pokrytycznej:	H
	M L



#### 9. WSKAŹNIKI PORÓWNAWCZE

9.1. $R_{rez}/R_{cs}$ [%]:	(23.3)
9.2. $E_{st}/E_d$ [-]:	(0.46)
9.3. $E_{st}/E_{fg}$ [-]:	$\approx 1$
9.4. $E_{st}/E_{rez}$ [-]:	(1.18)
9.5. $R_{cs}/R_t$ [-]:	(9.8)

## OCENA MASYWU

10. OCENA PUNKTOWA RMR (wg Bieniawskiego)	11. SZCZELINOWATOŚĆ
10.1. Wytrzymałość $R_c^{**}$ :	11.1. Liniowa: 6.3 /mb
10.2. RQD:	11.2. Powierzchniowa: 3.6 m/m <sup>2</sup>
10.3. Odstęp spekań:	11.3. Objętościowa: 4.1 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
10.4. Zawodnienie:	11.4. Klasa: III/IV
10.5. Charakter spekań:	12. ODBOJNOŚĆ
10.6. Orientacja szczelin***-25	12.1. Wskaźnik odbojności $r_s$ :
Klasa: V suma (na 100): 17	20 ÷ 30 (23)

### OBJAŚNIENIA:

<sup>1)</sup> dane z literatury  
 \* badania ze stałą prędkością odkształcenia obwodowego  
 \*\* prasa wytrzymałościowa sztywna MTS-815 stan powietrzno-suchy  
 \*\*\* dla osuwisk  
 $x_p$  -  $x_s$  - przedział wartości [x] - wartość najwyższa (modalna)  
 (x) - wartość średnia [x] - wartość bezwzględna

$A_{ps}$ ,  $A_T$ ,  $A_n$ ,  $A_m$  - współczynniki akustycznej anizotropii kierunkowej: w stanie powietrzno-suchym ( $A_{ps}$ ), po suszeniu w 105°C ( $A_T$ ), po nawilgoceniu ( $A_n$ ), po 25 cyklach zamrażania i odmrzania ( $A_m$ )  
 $B_T$ ,  $B_n$ ,  $B_m$  - wskaźniki akustyczne: zmiany prędkości fali podłużnej pod wpływem: temperatury ( $B_T$ ), nawilgocenia ( $B_n$ ), zamrażania i odmrzania ( $B_m$ )

$W = 1 - (E_{rez}/E_{st})$   
 \* - znak „-” oznacza wzrost odkształceń objętościowych i obwodowych w stosunku do wartości początkowej ze względu na kierunek pomiaru

Fig. 2. Karta dokumentacyjna odsłonięcia, margiel z Rejowca Fabrycznego

Documentary card of exposure, marl from Rejowiec Fabryczny

Modele te, zarówno ogólny w UML, jak i implementacyjne, spełniają założenia modeli przyjętych w Znacznikowym Języku dla Nauk o Ziemi – GeoSciML (GeoScience

Markup Language) i w Znacznikowym Języku dla Poszukiwań i Wydobywania – XMML (eXploration and Mining Markup Language) (Michalak, 2003).

## INFORMATYCZNY SYSTEM APLIKACJI BAZY DANYCH

System aplikacji bazy danych opiera się na wielowarstwowej architekturze klient – serwer, a każda z warstw wykonuje ściśle określone zadania, co zapewnia odciążenie centralnego komputera od obsługi interfejsu użytkownika.

Na serwerze znajdują się dane oraz oprogramowanie zapewniające dostęp do danych (tzw. serwer baz danych), jak również następuje realizacja zapytań, realizacja ograniczeń oraz przetwarzanie danych. Klient, po którego stronie umieszczony jest interfejs użytkownika, jest odpowiedzialny za wprowadzanie oraz wizualizację danych.

Warstwa serwerowa składa się z kilku niezależnych serwisów, świadczących różnego rodzaju usługi (fig. 3). Serwer baz danych sprawuje pełną kontrolę nad danymi, w tym udostępnia je na żądanie innych programów i jest także odpowiedzialny za bezpieczeństwo całego systemu. Serwer raportów pozwala na budowę nowych oraz modyfikację już istniejących raportów, dla których źródłem danych jest serwer baz danych. Serwer FTP pozwala umieszczać aktualizacje aplikacji na serwerze w celu wykonywania automatycznych uaktualnień stacji klienckich. Serwer WWW umożliwia, przy użyciu przeglądarki internetowej, dostęp do generowania raportów z danych zawartych w bazie. Zastosowana technologia ClickOnce sprawdza, czy istnieje na serwerze WWW nowsza wersja aplikacji klienckich oraz pozwala instalować aplikacje bez uprawnień administracyjnych na lokalnym komputerze. Dostęp do danych zewnętrznych umożliwiają usługi WebServices, obsługujące aplikacje wywodzące się ze środowisk innych niż Microsoft Windows, np. Linux.

Warstwa klienta odpowiedzialna jest przede wszystkim za interfejs użytkownika i związane z nim przetwarzanie danych. Zastosowana technologia ADO.NET zapewnia dostęp do danych przy użyciu standardowego protokołu wbudowa-

nego w Microsoft Sql Server. Za wizualizację, eksport i drukowanie raportów odpowiedzialne są Reporting Services, zaś do realizacji obliczeń używana jest technologia IronPython. Skrypty służące obliczeniom mogą realizować rozbudowane algorytmy matematyczne i mogą być dowolnie zmieniane przez użytkownika systemu.

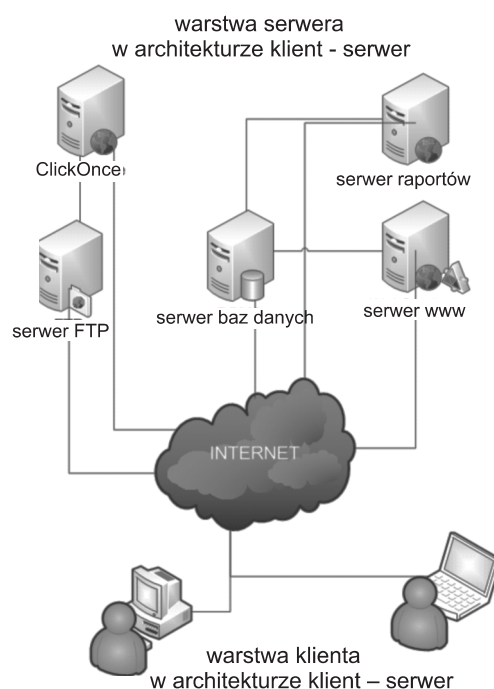


Fig. 3. Wielowarstwowa architektura bazy danych geomechanicznych

Multi-layer architecture of geomechanical database

## PODSUMOWANIE

Przedstawiona koncepcja usystematyzowanego i ujednoczonego systemu gromadzenia i przetwarzania danych geomechanicznych pozwala na uporządkowanie istniejącego już, bogatego archiwum informacji o właściwościach ośrodków skalnych. Odnosi się to przede wszystkim do surowców skalnych, które w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat były wielokrotnie badane, ale uzyskane dane są obecnie rozproszone i mało dostępne.

Uniwersalny system bazy danych i możliwość dostępu do niej poprzez stronę WWW umożliwi korzystanie z jej zasobów bardzo szerokiemu gronu zainteresowanych. Wprowadzenie ujednoczonego systemu identyfikacji obiektowej

w postaci współrzędnych geograficznych pozwoli z kolei na łatwe wyszukiwanie, przejrzystą wizualizację i lokalizację podmiotów informacyjnych, takich jak kamieniołomy, kopalnie, odwierty, naturalne bądź sztuczne odsłonięcia skalne lub kamienne obiekty budowlane. Relacyjne powiązanie danych daje natomiast możliwość sięgania do bardzo zróżnicowanych poziomów informacji o właściwościach ośrodków skalnych i ich znaczeniu gospodarczym oraz umożliwia integrację z sytuacją topograficzną i przyrodniczo-geologiczną. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby w dalszych etapach integracja ta sięgała głębiej, do warstw antropogenicznych, takich jak populacja, infrastruktura, plany użytkowania terenu

czy prognozy zagrożeń wynikających z osłabienia właściwości wytrzymałościowych skał wskutek wietrzenia lub procesów starzenia skalnych obiektów zabytkowych.

### Słowniczek pojęć informatycznych

**Obiektowo-relacyjna baza danych** – struktura takiej bazy opiera się na relacjach prezentowanych np. w postaci tabeli, gdzie każda relacja posiada nagłówek i zawartość, oraz na obiektach, którymi są np. mapy, zdjęcia itp.

**Modułarny system bazy danych** – zbiór (system) zintegrowanych ze sobą programów (modułów), z których każdy umożliwia rozwiązywanie określonej grupy problemów i zdefiniowanych zadań.

**Model implementacyjny** – służy do reprezentacji określonych na poziomie modelowania conceptualnego jednostek, atrybutów i związków w systemie bazy danych; najczęściej obecnie stosowanym modelem implementacyjnym jest model relacyjny.

**Język UML** (ang. *Unified Modeling Language*, Ujednoczony Język Modelowania) – język formalny, graficzny służący do obrazowania, specyfikowania, tworzenia i dokumentowania elementów systemów informatycznych; UML jest wspólnym językiem analityków biznesowych, projektantów i programistów.

**Język SQL** (ang. *Structured Query Language*, Strukturalny Język Zapytań) – najbardziej znany język zapytań, stosowany w praktycznie wszystkich współczesnych systemach relacyjnych baz danych; dzięki SQL możliwe jest przeszukiwanie bazy, modyfikowanie, eksportowanie, a także przenoszenie całej bazy wraz z opisem jej struktury.

**Język XML** (ang. *eXtensible Markup Language*, Rozszerzalny Język Znaczników) – wywodzi się z tej samej technologii co HTML, a według założeń lepiej obsługuje wymianę informacji, ponieważ obowiązuje w nim m.in. roz-

różnianie wielkości znaków w znacznikach czy też konieczność zamykania poleceń; język XML znajduje zastosowanie wszędzie tam, gdzie ważna jest zawartość dokumentu, a nie jego sposób formatowania; charakteryzuje się elastycznością i rozszerzalnością dzięki wbudowanym mechanizmom nazw, co zapewnia łatwość rozbudowy istniejących dokumentów przy zachowaniu kompatybilności wstecz.

**Język GML** (ang. *Geography Markup Language*, Język Znaczników Geograficznych) – definiuje zbiór elementów przestrzennych (geograficznych) zapisanych w formacie języka XML; schemat GML opiera się na deklaracji zbioru elementów XML, które przeznaczone są do zapisu określonych właściwości przestrzennych danych geograficznych.

**Język GeoSciML** (ang. *GeoScience Markup Language*, Znacznikowy Język Nauk o Ziemi) jest rozwinięciem języka GML na potrzeby nauk o Ziemi; opiera się na języku XML i służy do wymiany danych razem z jednoznacznym umieszczeniem tych danych w geoprzestrzeni; GeoSciML bazuje na kryteriach geologicznych (jednostki, struktury, skamieniałości), jak również na efektach (wynikach) badań geologicznych (próbki, przekroje, pomiary); dodatkowe parametry (skala czasu, słownictwo) mogą być użyte jako klasyfikatory podstawowych obiektów.

**Język XMML** (ang. *Xploration and Mining Markup Language*, Znacznikowy Język dla Poszukiwań i Wydobywania) – oparty jest na sposobie zapisu danych w języku XML dla dziedzin związanych z wydobywaniem i poszukiwaniem; wspiera wymianę informacji w wielu różnych kontekstach: pomiędzy grupą programów w komputerze, pomiędzy użytkownikami a organizacjami i musi być kompatybilny z http; XMML opiera się na założeniu, że dane wydobywcze są ściśle określone w geoprzestrzeni, dzięki czemu dane te mogą być wymieniane z innymi systemami geoprzestrzennych informacji.

## LITERATURA

- ISO, 2002a – ISO 19123 (CD) – Geographic information – Schema for coverage geometry and function. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002b – ISO 19108:2002 – Geographic information – Temporal Schema. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002c – ISO 19104 (DIS) – Geographic information – Terminology. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002d – ISO/TC 211 – Geographic information/Geomatics – Programme of Work. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002e – ISO 19103 (TS) – Geographic information – Conceptual Schema Language. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO 19136: 2007 – Geographic information — Geography Markup Language (GML)
- MICHALAK J., 2003 – Modele pojęciowe hydrogeologicznych danych geoprzestrzennych – podstawy metodyczne. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **406**.
- PINIŃSKA J., 1994 – Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. I. Skały osadowe regionu świętokrzyskiego. T. 1. Katalog. Wyd. Tinta, Warszawa.
- PINIŃSKA J., 1996 – Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. II. Skały magmowe, osadowe i metamorficzne regionu Sudetów. T. 3. Katalog. Tinta, Warszawa.
- PINIŃSKA J., 1999 – Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. III. Jura Krakowsko-Częstochowska. T. 5. Katalog. Wyd. Geol. UW. Warszawa.
- PINIŃSKA J., 2003 – Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. IV. Karpaty fliszowe. T. 7. Katalog. Wyd. Geol. UW. Warszawa.
- PINIŃSKA J., DZIEDZIC A., 2004 – GIS application for geomechanics – a Polish example. *Bull. Eng. Geol. Environ.*, **63**, 1: 83–87
- PINIŃSKA J., DZIEDZIC A., 2006 – Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. V. Region lubelski. T. 9. Katalog. Wyd. Geol. UW. Warszawa.
- PN-EN ISO 14689-1: 2006 – Badania geotechniczne – Oznaczanie i klasyfikowanie skał – Cz. 1: Oznaczanie i opis.