

Marian Poniewiera
Politechnika Śląska

Rozwój Numerycznego Modelu Złoża w zakresie wprowadzania danych geologicznych

Streszczenie

W artykule krótko zaprezentowano oprogramowanie pozwalające na sporządzanie różnorodnej dokumentacji geologicznej. Omówiono technologię wykonania Numerycznego Modelu Złoża na podstawie map podstawowych. Przedstawiono wdrożenie NMZ w Kompanii Węglowej SA.

Development of a Numerical Deposit Model with respect to the introduction of geological data

Abstract

In the article shortly the software allowing to prepare various geological documentation was presented. The technology of carrying out of the Numerical Deposit Model on the basis of fundamental maps has been discussed. The implementation of this Model in the Coal Company JSC has been presented.

1. WPROWADZENIE

Prowadzenie prac wydobywczych w zakładach górniczych wymaga sporządzania dokumentacji techniczno-ruchowej (mapy podstawowe, przeglądowe i specjalne), przygotowywania Planów Ruchu Zakładu Górniczego, tworzenia Projektów Zagospodarowania Złóż.

Obecnie wszelką dokumentację mierniczo-geologiczną możemy sporządzać i przechowywać w postaci elektronicznej. Umożliwia to nie tylko szybki rozwój nauk informatycznych i powstanie licznych programów geodezyjnych, ale także obowiązujące prawo. Wszelkie dokumenty i te utworzone wcześniej i te powstające na bieżąco możemy zgromadzić w jednej bazie danych tworząc System Informacji o Przestrzeni Górniczej.

Co ważne: nowoczesne systemy informatyczne zapewniają duże bezpieczeństwo administrowania danymi i łatwe archiwizowanie informacji. Pozwalają na wersjonowanie danych, porównanie, co zostało zmienione w danym okresie czasu

Wiele zakładów górniczych posiada mapy wektorowe zawierające olbrzymią ilość danych. Można je wykorzystać, w stosunkowo prosty sposób, do budowy przestrzennego jakościowego modelu złoża. W artykule podano przykład Kompanii Węglowej SA, w której system wdrażano w latach 2008–2010.

Posiadając bazę danych o złożu można wykreślić dowolną mapę tematyczną w wybranej skali np. pokolorować parcele w zależności od kategorii rozpoznania. Możemy utworzyć kartę otworu wiertniczego, sporządzić profil wyrobiska, wygenerować przekrój geologiczny itp. System ułatwia obliczenie zasobów złoża, strat i eksploatacji na bazie wprowadzonych danych. Trzeba podkreślić, że tabelaryczne zestawienia danych o złożu oparte o mapę będą znacznie dokładniejsze, wolne od błędów np. liczenia powierzchni metodą mechaniczną czy uproszczonego przyjęcia średniej wartości miąższości pokładu.

2. ORGANIZACJA I PRZEBIEG PROCESU WDRAŻANIA SYSTEMU NUMERYCZNEGO MODELU ZŁOŻA NA PRZYKŁADZIE KOMPANII WĘGLOWEJ SA

Najważniejszym wynikiem wdrożenia jest to, że obecnie poszczególne kopalnie same aktualizują i rozbudowują bazę danych Numerycznego Modelu Złoża. Poszczególne elementy Systemu zostały zestandaryzowane, opracowano dokument o nazwie „Standard Mapy Górni-

czej w Kompanii Węglowej SA”. Proces wdrożenia Systemu trwał 2 lata i został podzielony na szereg etapów. Poniżej opisano najważniejsze czynności wykonane w każdym z nich.

2.1. Prace przygotowawcze; wybór oprogramowania

Wynikiem tego etapu było: zaprojektowanie przebiegu prac wdrożeniowych, przeszkolenie użytkowników Systemu z podstaw obsługi urządzeń i oprogramowania oraz nadanie im odpowiednich uprawnień sieciowych, dostarczenie i zainstalowanie sprzętu (stacji roboczych, skanerów, ploterów), uruchomienie głównego serwera i skonfigurowanie na nim systemu archiwizacji.

W Kompanii Węglowej SA zastosowano architekturę bazującą na następujących aplikacjach inżynierskich: AutoCad Civil 3D, Oracle Spatial, EDBJ, GEONET, system obsługi lokalnianych map numerycznych GEOLISP.

2.2. Skanowanie i kalibracja map

Zeskanowano ponad 800 sekcji map podstawowych, które następnie skalibrowano i zwektoryzowano. Mapy kolorowe skanowano w rozdzielczości 200DPI. W procesie kalibracji wykorzystano wszystkie widoczne na mapie przecięcia linii siatki. Dla 50 równomiernie rozłożonych punktów zalecane jest stosowanie wielomianu kalibracji 3 stopnia. W uzasadnionych wypadkach możliwe jest wprowadzenie dodatkowej poprawki Hasusbrandta, powodującej naciągnięcie rastra w pobliżu punktu dopasowania.

2.3. Wektoryzacja map analogowych i import map cyfrowych

Utworzono, za pomocą narzędzi programu Geolisp, mapy wektorowe dla blisko półtora tysiąca sekcji. Zaadoptowano istniejące mapy numeryczne. Nowsze obiekty na mapę wektorową wprowadzono na podstawie dzienników pomiarowych. Dzięki temu zwiększyła się dokładność mapy i jej kartometryczność – tak wprowadzone obiekty mogą być wykorzystane do wykonywania bezpośrednich obliczeń. Starsze wyrobiska wniesiono metodą wektoryzacji zeskanowanych uprzednio map podstawowych. Zwektoryzowane mapy wydrukowano, a następnie porównano je z mapami analogowymi. Zaakceptowano tylko te różnice w wyglądzie map, które wynikały ze zestandaryzowania znaków umownych oraz wprowadzenia części obiektów ze współrzędnych.

2.4. Zaktualizowanie map i stworzenie map pochodnych

Do aktualizacji map wykorzystano system Geolisp, gdyż umożliwia on: weryfikację baz danych na podstawie pomiaru bezpośredniego, zeskanowanych map i zdjęć lotniczych, odczytanie i zapisanie plików tekstowych w wielu różnych formatach, wykonanie wielu obliczeń geodezyjnych bezpośrednio na mapie numerycznej. Do wykonywania skomplikowanych obliczeń geodezyjnych (wyrównanie osnowy, wielomianowa transformacja współrzędnych) użyto programu Geonet autorstwa Romana Kadaja.

Utworzono również mapy pochodne w skali 1:5000. Kopie wszystkich map przetworzono do układu 2000/6, aby z poziomu Centrali Kompanii Węglowej SA był dostęp do jednolitych danych.

2.5. Budowa modelu przestrzennego wyrobisk górniczych

W tym etapie wykonano przestrzenny model wyrobisk górniczych. System Geolisp umożliwia automatyczne utworzenie brył wyrobisk na podstawie mapy płaskiej – osi wyrobisk, linii ociosów, kot wysokościowych i rodzaju obudowy.

Do Systemu NMZ włączono przykładowe mapy powierzchni i wykonano wizualizację skutków robót górniczych w górotworze i na powierzchni, za pomocą oprogramowania **EDBJ-OPNIW**. Dzięki zintegrowaniu go z całością Systemu, możliwe jest: utworzenie danych o eksploatacji na podstawie mapy numerycznej, zaznaczenie na mapie obiektów o kategorii odporności niższej od kategorii prognozowanych wpływów, sporządzanie różnorodnych raportów.

2.6. Budowa przestrzennego jakościowego modelu złoża

Utworzono przestrzenny model złoża, do budowy którego wykorzystano dane automatycznie pobierane z map podstawowych: koty wysokościowe spągu, miąższości pokładu oraz wyniki analiz chemicznych.

System umożliwia: uzyskanie przekroju przez górotwór, obliczenie zasobów węgla kamiennego według zadanych kryteriów i wyszukanie parcel o określonych parametrach.

2.7. Rozbudowa warstwy integracyjnej

Kopia wszystkich map znajduje się w bazie Oracle Spatial. Pozwala to na przeglądanie ich za pomocą zwykłej przeglądarki internetowej. Dodatkowo możliwe jest sporządzanie różnorodnych raportów, wykresów i rysów map. Jednak podstawową zaletą przechowywania danych w relacyjnej bazie danych jest łatwa integracja z innymi systemami, które już pracują w Kompanii Węglowej SA lub zostaną wdrożone w przyszłości.

3. POBIERANIE DANYCH Z NUMERYCZNEGO MODELU ZŁOŻA

NMZ rozumiany jest tutaj jako zestaw powierzchni – siatek trójkątów, opartych na punktach posiadających współrzędne płaskie i liczbowy parametr np. miąższość, spąg pokładu, zasiarczenie. Powierzchnia może zostać zwizualizowana przez izolinie, mapę hipsometryczną czy siatkę trójkątów. Istnieje też możliwość obliczenia objętości zawartej między dwoma powierzchniami.

W praktyce często sporządzane są różne zestawienia i mapy tematyczne. Jeżeli dysponujemy mapą numeryczną zawierającą: słupki miąższości, koty spągu, linie nieciągłości, próby – to automatycznie możemy pobrać dane o złożu na danym obszarze. Sposób postępowania może być następujący:

1. Budujemy szereg powierzchni dla miąższości, spągu pokładu, zapozielenia, zasiarczenia itp.
2. Rysujemy lub wskazujemy interesujący nasz obszar np. parcelę zasobową. System automatycznie, na podstawie zbudowanych powierzchni, wpisze do wskazanej parceli takie atrybuty jak: pole, objętość, średnie zapozielenie itp.
3. Sporządzamy dowolne raporty i mapy tematyczne. Kilka przykładów podano w punkcie 4 i 5 niniejszego artykułu.

Obecnie baza opisowa i mapa przeważnie nie są ze sobą powiązane, co może być źródłem błędów. Tworzenie i kontrola utworzonych baz danych powinna odbywać się w sposób graficzny. Łatwość wprowadzania zmian w danych wejściowych pozwala na wykonanie wielowariantowych wariantów eksploatacji.

AutoCad Civil umożliwia utworzenie powierzchni trójkątów na podstawie istniejących w rysunku obiektów: punktów, linii nieciągłości, warstwic, bloków. Pozwala również na dołączenie do definicji powierzchni plików tekstowych. Generalnie wartość współrzędnej Z musi odpowiadać wartości parametru, który chcemy modelować. Przykładowo budując powierzchnię miąższości wartość współrzędnej Z musi być równa wartości miąższości w danym punkcie.

Użytkownik może zdecydować, jakie komponenty utworzonej powierzchni będą widoczne (trójkąty, izolinie, punkty, siatka itd.) oraz jakie cechy np. kolor będą miały wyświetlane elementy.

Utworzoną powierzchnię można uprościć redukując liczbę definiujących ją punktów lub skracając krawędzie trójkątów. Można ją również wygładzić – program na podstawie odpowiedniego wielomianu aproksymującego wstawi dodatkowe punkty np. w centroidach istniejących trójkątów.

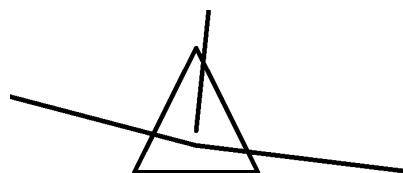
W systemie Geolisp stworzono programy, które na podstawie bloków: analizy chemicznej, miąższości, punktów osnowy, kot wysokościowych, otworów geologicznych, szybów, wstawiają punkty. Współrzędne X i Y tych punktów pokrywają się z punktem wstawienia bloku, natomiast ich wartość Z jest równa wartości wybranego atrybutu. Wstawiając do rysunku w ten sposób utworzone punkty można równocześnie utworzyć na ich podstawie powierzchnię (spągu, miąższości, stropu) i wybrać sposób jej wizualizacji (kolorowanie, trójkąty, izolinie).

Tworząc powierzchnię należy pamiętać o przeprowadzeniu kontroli rzędnych tworzących ją punktów oraz o dodaniu do niej linii nieciągłości (np. uskoki, skarpy).

4. TOPOLOGIA, GENEROWANIE MAP TEMATYCZNYCH

Topologia jest zestawem geometrycznych relacji między poszczególnymi elementami rysunku. Określa ona, w jaki sposób linie, węzły i regiony łączą się i odnoszą do siebie. Pozwala na wykonanie przestrzennych analiz takich jak np. znalezienie najkrótszej drogi, znalezienie właścicieli działek, przez które przebiega planowany gazociąg itd. Topologia gwarantuje nam, że regiony np. parcele zasobowe nie nachodzą na siebie, ani nie ma między nimi pustych przerw.

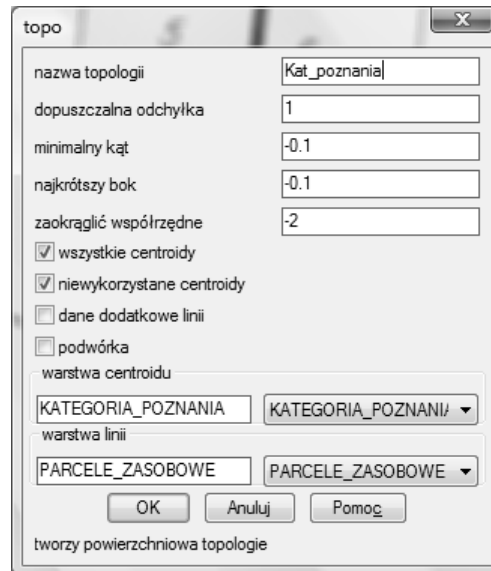
AutoCAD Map wyszukuje błędy powstałe podczas tworzenia mapy, np.: powtarzające się obiekty, krótkie odcinki, niedociągnięcia, obiekty o zerowej długości. Na rysunku 1 program zaznaczył trójkątem niedociągnięcie linii.



Rys. 1. Błąd niedociągnięcia linii

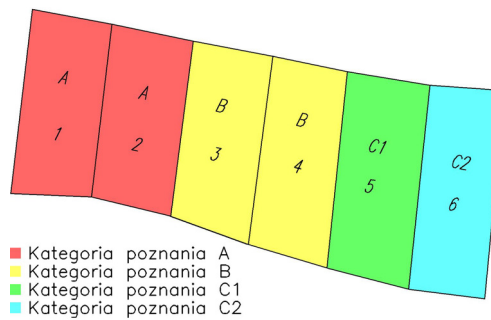
W systemie Geolisp istnieje procedura ułatwiająca skontrolowanie topologicznej poprawności obiektów i stworzenie topologii. Najpierw sprawdzane są linie, następnie centroidy. W przypadku znalezienia błędów (niedociągnięć linii, krótkich odcinków, braku lub podwójnej centroidy) program zaznacza błędne miejsca i oczekuje ich poprawy. Program należy uruchamiać do momentu, gdy wszystkie błędy zostaną usunięte a topologia wykonana.

Geolisp daje również możliwość sporządzania raportów z wykonanej topologii. Można powiązać teksty wewnątrz danego wieloboku, zapisać raport do pliku, wstawić tekst podsumowujący w środku regionu i dodać informację do danych dodatkowych.



Rys. 2. Okno dialogowe polecenia tworzącego topologię

Na bazie utworzonej topologii można wykonać mapę tematyczną, Sposób przedstawiania elementów mapy uzależniony jest od wartości atrybutów. Można np. rozróżnić kolorystycznie parcele należące do poszczególnych kategorii rozpoznania złoża lub uzależnić intensywność wyświetlanego koloru od zasiarczenia.



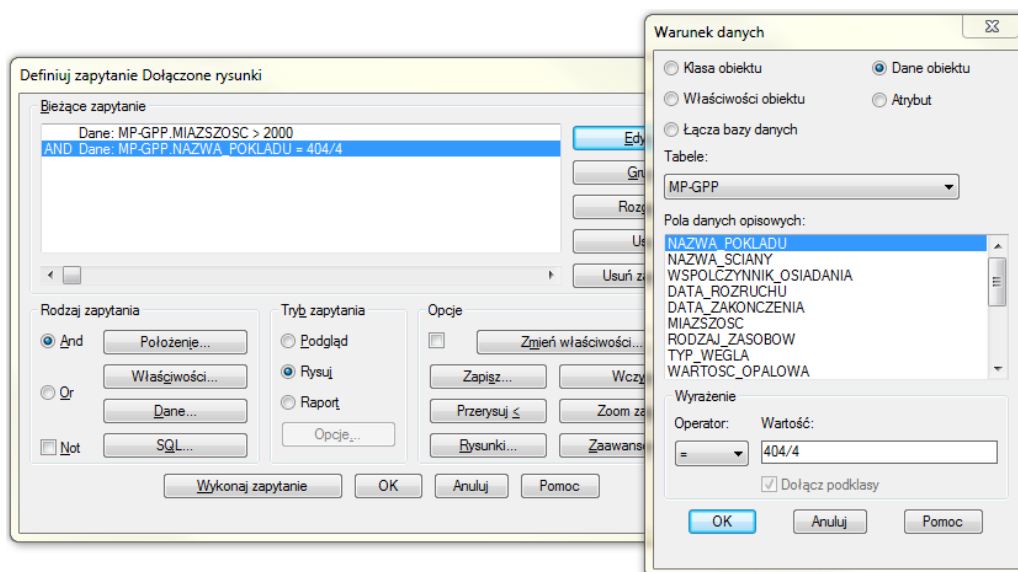
Rys. 3. Mapa tematyczna wykonana na bazie topologii

5. WIZUALIZACJA PARCEL SPEŁNIAJĄCYCH ZADANE KRYTERIA

AutoCAD Map jest wyposażony w polecenie, które pozwala na wyszukanie i zwizualizowanie obiektów spełniających zadane kryteria. Można zadawać pytanie do zestawu wielu rysunków jednocześnie. Kryteriami wyboru obiektów mogą być:

- położenie obiektów, np. obiekty znajdujące wewnątrz zdefiniowanego okręgu,
- właściwości obiektów, np. kolor obiektu, pole powierzchni, warstwa itd.,
- dane opisowe (atrybuty) np. data rozruchu ściany eksploatacyjnej,
- określony warunek języka SQL.

Po zdefiniowaniu kryterium wyszukiwania obiektów program przeszuka wskazane mapy i skopiuje wybrane obiekty do bieżącego rysunku. Można zdefiniować, jak dany obiekt ma zostać wyświetlony, np. każdy pokład innym kolorem.



Rys. 4. Zdefiniowanie zapytania w programie AutoCAD MAP

W systemie Geolisp stworzono narzędzie umożliwiające utworzenie raportu dla wskazanych na mapie parcel zasobowych lub eksploatacyjnych. Program ten przenosi do arkusza kalkulacyjnego takie informacje, jak: nazwa pokładu, pole, objętość, średnia miąższość, średnie zasiarczenie itd.

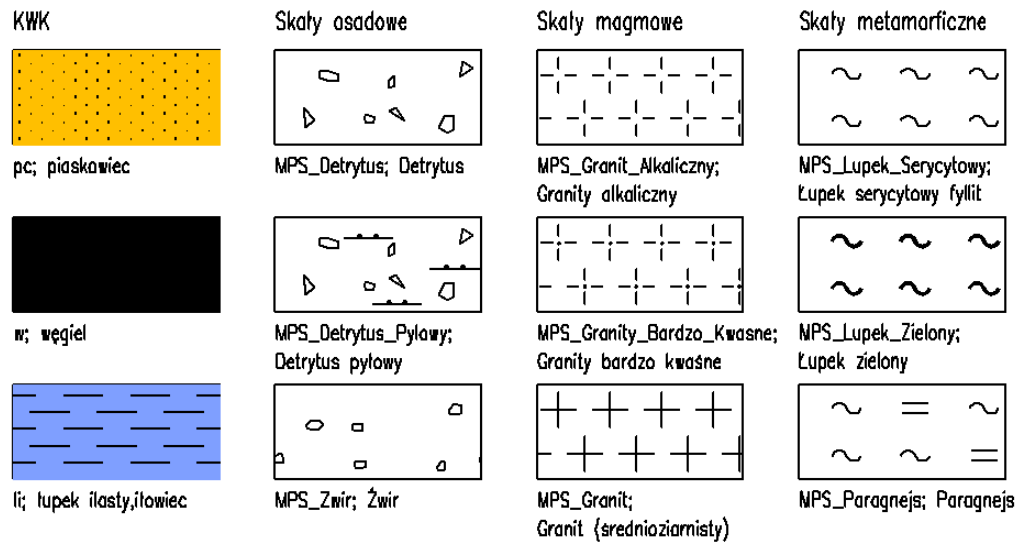
	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Pole	Objętość	Miaższość	Głębokość	Kaloryczność	Rozpoczęcie	Zakończenie	Wsp. a	Typ węgla	Popiół	Zasiarczenie	Gęstość	Upad
2	242480.52	315224.67	1300	-733.75	0	2010-07-01	2012-01-01	0.8	31.1	13.21	2.74	1.26	0
3	242 481	315 225	1 300	-734	0	2010-07-01	2012-01-01	0.8	31.1	13.21	2.74	1.26	0
4	242 481	315 225	1 300	-734	0	2010-07-01	2012-01-01	0.8	31.1	13.21	2.74	1.26	0
5	242 481	315 225	1 300	-734	0	110.07	112.01	0.8	31.1	13.21	2.74	1.26	0
6	242 481	315 225	1 300	-734	0	2010-07-01	2012-01-01	0.8	31.1	13.21	2.74	1.26	0
7	242 481	315 225	1 300	-734	0	2010-07-01	2012-01-01	0.8	31.1	13.21	2.74	1.26	0
8													

Rys. 5. Fragment raportu parcel utworzonego poleceniem RPRC

6. POMOCNICZE APLIKACJE W SYSTEMIE GEOLISP

6.1. Kreskowanie geologiczne

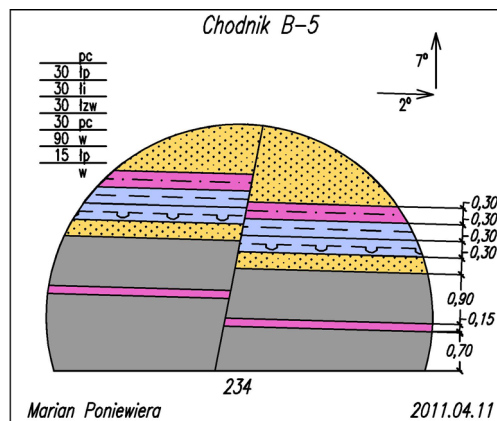
W systemie Geolisp zdefiniowano wszystkie normowane znaki umowne skał i surowców mineralnych.



Rys. 6. Przykładowe wzory kreskowań geologicznych

6.2. Przekrój geologiczny chodnika

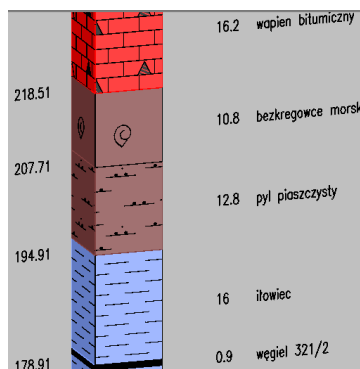
Za pomocą odpowiedniego polecenia można wykonać przekrój geologiczny chodnika. Podczas tworzenia przekroju należy wybrać odpowiedni typ obudowy oraz sposób przedstawienia skał – kolorem czy szrafurą. Dodatkową funkcjonalnością programu jest możliwość obliczenia wielkości zatopienia pierwszej warstwy oraz wprowadzenie uskoku.



Rys. 7. Przekrój geologiczny chodnika

6.3. Profil geologiczny

Istnieje program, który rysuje kartę otworu wiertniczego lub profil szybu; wypełnia właściwym kolorem i szrafurą poszczególne rodzaje skał. Profil wykonywany jest na podstawie danych z pliku tekstowego w odpowiednim formacie. Istnieje możliwość narysowania przekroju w przestrzeni 3D – w postaci brył.



Rys. 8. Profil geologiczny

7. PODSUMOWANIE

Do najważniejszych korzyści związanych z wprowadzaniem danych geologicznych w zintegrowanym systemie Numerycznego Modelu Złoża możemy zaliczyć:

- Automatyczne pobieranie danych z Numerycznego Modelu Złoża, takich jak: powierzchnia, objętość, tonaż, miąższość, zapopielenie, gęstość przestrzenna, zasiarczenie, wartość opałowia, średni upad, średnia rzędna wysokościowa i inne.
- Porównanie istniejących w dokumentacji parametrów z wyliczonymi w Numerycznym Modelu Złoża. Zaznaczenie parcel o odchyłkach przekraczających zadaną wartość.
- Przejście do edycji atrybutów przez wskazanie parceli na mapie i wywołanie mapy przez zaznaczenie parceli w bazie danych.
- Wyświetlenie na mapie i sporządzenie raportu parcel spełniających zadane kryteria – np. o określonej zawartości siarki, popiołu itp.
- Sporządzanie różnorodnych zestawień: zasobów bilansowych, przemysłowych itp.
- Możliwość wydruków i sporządzanie map do PZZ i dokumentacji geologicznej zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami.
- Zestandaryzowanie typowych wydruków.
- Korzystanie z szeregu programów ułatwiających sporządzanie typowych zadań, takich jak: przekrój geologiczny, karta otworu wiertniczego i wiele innych.

Podsumowując należy stwierdzić, że przejście na system numeryczny powinno znacząco podnieść dokładność i jakość sporządzanej dokumentacji geologicznej.

Literatura

1. Krawczyk A., Jura J.: Wybrane problemy wdrażania i prowadzenia zasobu map wyrobisk górniczych. X Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Kraków 2009.
2. Kujawski P., Poniewiera M.: Budowa systemu obsługi kopalnianych map numerycznych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. WUG nr 10(134)2005.
3. Kujawski P., Poniewiera M.: Budowa numerycznego modelu terenu dla celów związanych z obliczeniem objętości. Zeszyty naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo, nr 261, Gliwice, 2004 (s. 225–230).
4. Pomykoł M., Poniewiera M.: Numeryczne projektowanie w geodezji górniczej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2009.
5. Poniewiera M.: Wiadomości górnicze „Model numeryczny złoża węgla kamiennego i jego praktyczne zastosowania”. R.LXI Lipiec-sierpień 2010 str. 458–465. Wydawnictwo Górnicze.

Recenzent: dr hab. inż. Ryszard Hejmanowski, prof. AGH