

**REKONSTRUKCJA MAP PODSTAWOWYCH
KOPALNI SOLI „WIELICZKA”
WRAZ Z ICH NUMERYCZNYM OPRACOWANIEM**

prof. dr hab. inż. Jan Pielok
mgr inż. Tadeusz Pieniążek
mgr inż. Marian Poniewiera

Przedsiębiorstwo Miernictwa Górniczego Sp. z o.o. w Katowicach

Referat przedstawia sposób pozyskiwania, wizualizacji i analizy danych opisujących wyrobiska górnicze w Kopalni Soli „Wieliczka”. Pozyskanie danych opiera się o bezpośredni pomiar mierniczy wszystkich dostępnych wyrobisk metodą biegunową (sferyczną), a także o numerycznie przetworzone mapy podstawowe i o materiały muzealne. W celu wizualizacji danych wykonano komputerowe mapy płaskie i przestrzenne. Referat przedstawia także własne rozwiązania topologicznych analiz bazy danych. Do opracowania numerycznego map wykorzystano programy AutoCAD i ArcCAD

Istniejąca mapa podstawowa wyrobisk górniczych Kopalni Soli „Wieliczka” utworzona została w latach 30-tych i była bieżąco uzupełniana w miarę zinwentaryzowanych zmian w układzie wyrobisk górniczych. Mapa ta wykazuje kilka zasadniczych usterek, do których należą:

- format sekcji podstawowych (400 x 600) niezgodny z obowiązującymi normami,
- rodzaj podkładu kartograficznego, ulegającego skurczowi,
- błędy w lokalizacji wyrobisk, przekraczające wielkości dopuszczalne wg aktualnej instrukcji, wynikającej z małej dokładności prowadzonych w przeszłości pomiarów oraz ze skrócenia układów odniesienia.

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 1994 r. (Dz. U. Nr 91 z 1994 r. poz. 422) § 1, p.3, przepisy „Prawa geologicznego i górniczego” dotyczące prowadzenia robót z zastosowaniem techniki górniczej wykonywanych w celu ochrony zabytków odnoszą się także do Kopalni Soli „Wieliczka”. W związku z powyższym właściwy organ nadzoru górniczego, tj.

OUG Kraków polecił przeprowadzenie rekonstrukcji mapy podstawowej tej kopalni. Mapa przede wszystkim powinna stanowić podstawę projektowania i wykonywania odpowiednich robót górniczych (obecnie w głównej mierze zabezpieczające zabytkową część kopalni), a ponadto ma stanowić inwentaryzację aktualnego stanu wyrobisk górniczych Kopalni Soli „Wieliczka”, zaliczonej w 1978 roku przez UNESCO do dziedzictwa kultury ludzkości.

Uwzględniając powyższe przesłanki PMG Sp. z o.o. opracowało projekt tworzenia nowej mapy podstawowej dla wyrobisk górniczych kopalni. Projekt ten obejmuje:

1. Dostosowanie podziału mapy na sekcje do Polskiej Normy PN-84-G-09000/03,
2. Kartowanie elementów treści mapy,
 - a) na podstawie wyników nowego pomiaru szczegółów, prowadzonego w wyrobiskach dostępnych do pomiaru ,
 - b) z archiwalnych wyników pomiarów aktualnie niedostępnych wyrobisk,
 - c) graficznie, z istniejącej mapy podstawowej lub z map muzealnych wyrobisk niedostępnych, dla których brak dokumentacji pomiarowej,
 - d) wyników pomiarów fotogrametrycznych wykonanych przez AGH Kraków,
3. Utworzenie komputerowej bazy danych dla mapy numerycznej, która w swoim założeniu winna dać możliwość generowania wtórnika mapy podstawowej, map pochodnych w mniejszych skalach, oraz przestrzennego obrazu wybranych części kopalni.

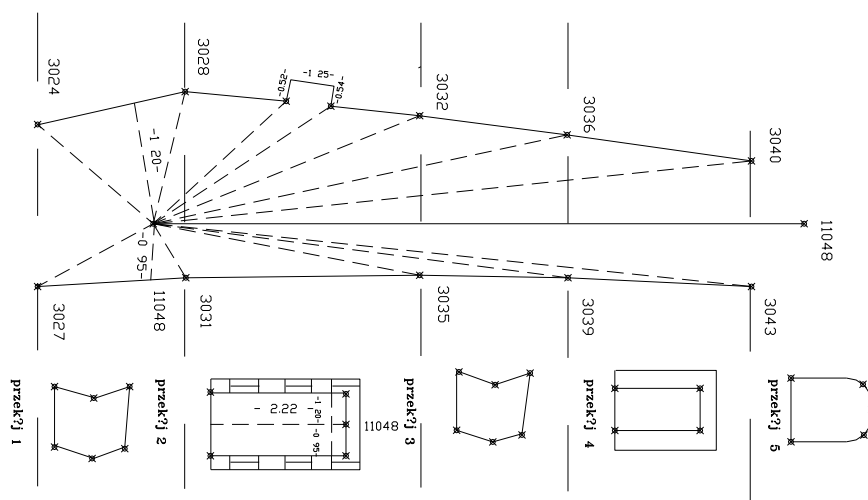
W celu realizacji tego projektu opracowano technologię wykonywania omawianej mapy, obejmującą:

1. Zasady pomiaru szczegółów w wyrobiskach górniczych,
2. Zasady wykonywania mapy podstawowej w skali 1:1000,
3. Zasady opracowania mapy numerycznej.

1 Pomiar szczegółów

Pomiar szczegółów , w założeniu technologicznym prowadzony jest metodą biegunową i jest oparty na poziomej i wysokościowej osnowie podstawowej i szczegółowej, wykonanej przez PMG Katowice i AGH Kraków zgodnie z „Instrukcją wykonywania prac geodezyjnych na potrzeby zakładów górniczych”, stanowiącą załącznik do Zarządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 26.09.1994 r. (MP Nr 48.poz.392). Dla pomiaru szczegółów zostanie rozbudowana osnowa

szczególowa i pomiarowa, w miarę możliwości w postaci ciągów poligonowych nawiązanych dwustronnie. Metodą biegunową rejestrowane są przekroje pionowe, o tak dobranych i kodowanych pikietach, aby spełniały one wymogi numerycznego opracowania, również dla przestrzennego, graficznego przedstawienia wyrobisk górniczych.



Rys. 1 Schemat pomiaru metodą biegunową w wyrobisku korytarzowym

2 Mapa podstawowa

Sposób wykonania mapy podstawowej metodami tradycyjnymi regulują odpowiednie normy. Szereg problemów nie regulowanych normami rozwiązano następująco :

- materiały ze starych map zostały wykorzystane po wyznaczeniu przeskalowania i skręcenia układów w oparciu o nowe pomiary prowadzone w wyrobiskach przyległych,
- materiały pochodzące z pomiarów metodami fotogrametrycznymi wykorzystano po ich numerycznym przetworzeniu,
- wyrobiska skartowane ze starych map zostały wniesione odmiennymi kolorami,

- wyrobiska, których rzut poziomy krzyżował się, a także wyrobiska nadpoziomowe i podpoziomowe zostały wniesione różnymi typami linii,

3 Zadania stojące przed mapą numeryczną

Mapa numeryczna, rozumiana tutaj jako komputerowa baza danych wraz z oprogramowaniem, dla Kopalni Soli „Wieliczka” powinna umożliwić wypełnienie przez nią pewnych funkcji obejmujących:

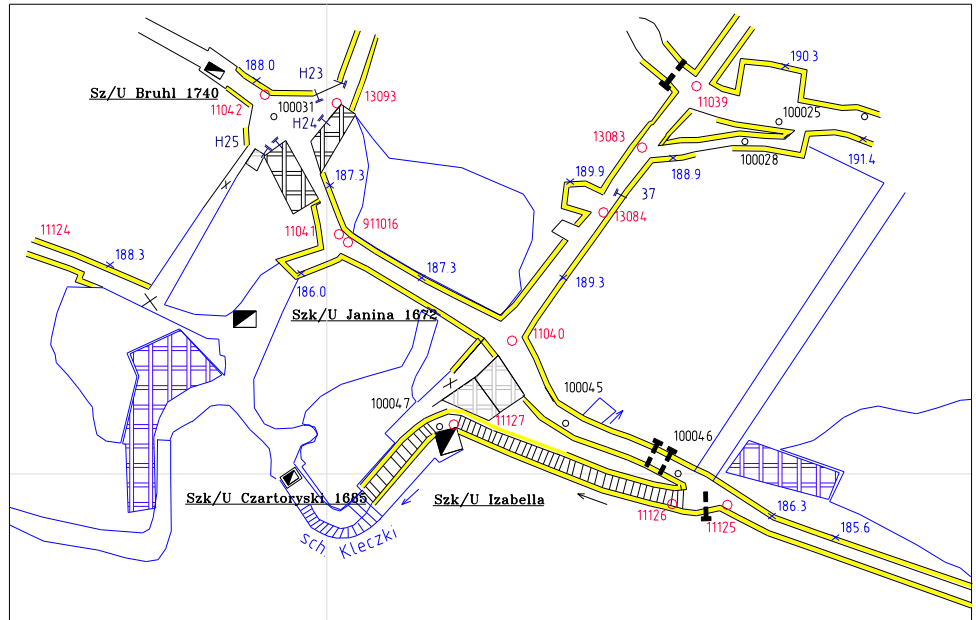
- wizualizację wybranego fragmentu kopalni,
- programy wspomagające pracę mierniczego górniczego,
- programów aktualizacji i edycji bazy danych,
- zabezpieczenie przed przypadkową lub celową ingerencją w jej zawartość.

3.1 Wizualizacja mapy numerycznej

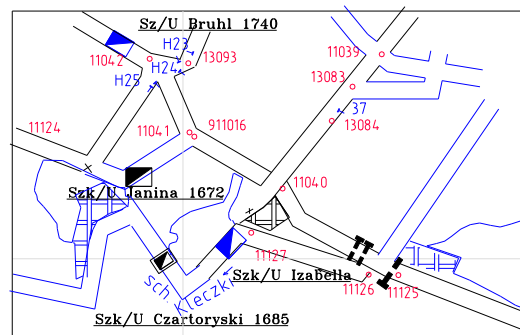
Podstawowym założeniem jest to aby wygląd graficzny mapy komputerowej był identyczny jak wygląd mapy wykonanej metodą tradycyjną.

Wykonano programy umożliwiające wizualizację komputerowej bazy danych, a w szczególności:

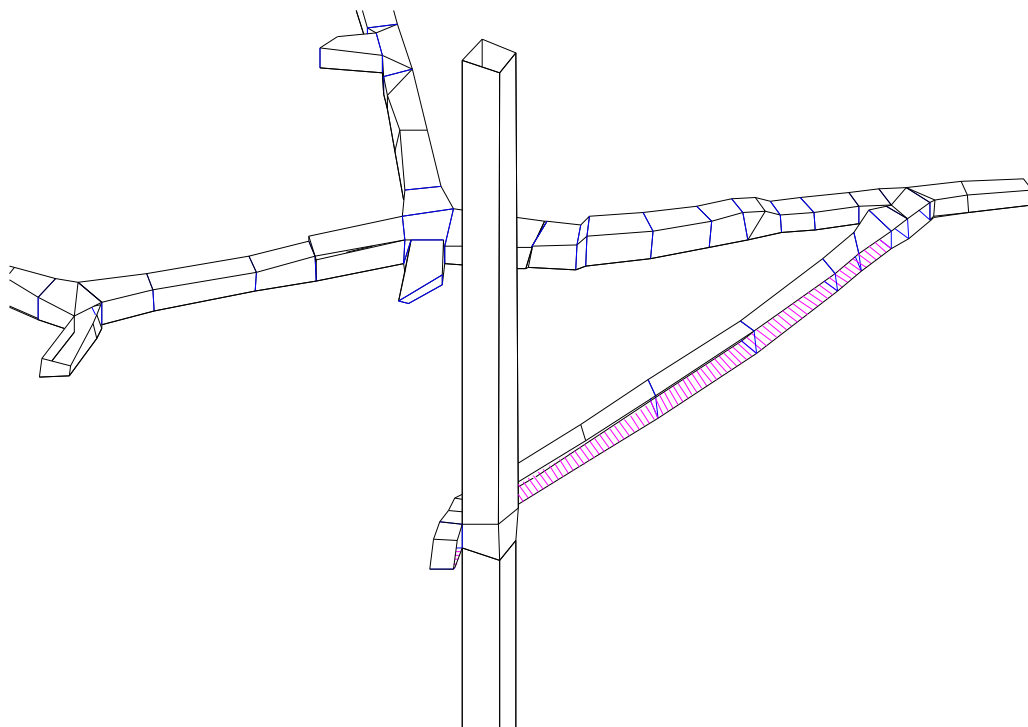
- uzyskanie wtórника mapy podstawowej w skali 1:1000 dla arkusza mapy lub dla dowolnie zdefiniowanych wycinków tej mapy – rys 1,
- uzyskanie map pochodnych w skali 1:2000, 1:5000 dla arkusza mapy lub dla dowolnie zdefiniowanych wycinków tej mapy. Uwzględniono odpowiednie przeskalowanie bloków, kreskowań i napisów – rys 3,
- utworzenie przestrzennych obrazów wybranych wyrobisk lub zespołu wyrobisk - rys 4,
- utworzenie przekroju podłużnego i poprzecznego przez dane wyrobisko lub zespół wyrobisk,



Rys. 2. Fragment mapy Kopalni Soli Wieliczka w skali 1:1000



Rys. 3. Fragment mapy Kopalni Soli Wieliczka w skali 1 : 2000



Rys. 4. Rzut izometryczny wyrobisk

3.2 Programy wspomagające pracę mierniczego górniczego

Wykonano programy umożliwiające wykorzystanie właściwości mapy numerycznej, a w szczególności :

- pomiary i obliczenia na mapie : obliczenie pola powierzchni, obliczenie azymutu, długości, nachylenia danego odcinka, odczytywanie współrzędnych z mapy,
- dostęp do danych dodatkowych elementów : błędu położenia punktu, objętości komory itp.

3.3 Programy aktualizacji mapy numerycznej

Wykonano szereg programów i procedur umożliwiających aktualizację mapy numerycznej, a w szczególności :

- wkreślanie nowych i aktualizację starych wyrobisk. Stworzono możliwość aktualizacji zarówno poprzez edycję plików z danymi jak i bezpośrednią edycję rysunku mapy w edytorze graficznym. Dzięki topologicznej budowie mapy np. wyrównanie osnowy automatycznie pociąga za sobą zmianę położenia pikiet i linii wyrobisk opartych na tej osnowie,
- automatyczne wkreślanie obudowy,
- utworzono bibliotekę znaków umownych, stylów linii, stylów kreskowań, słowniki nazw a także procedury ułatwiające korzystanie z nich.

3.4 Zabezpieczenie bazy danych

Aktualizacja odbywa się na twardym dysku komputera, z okresowym archiwizowaniem na nośnikach trwałych. Przy każdej aktualizacji dodaje się notatkę kto i kiedy dokonał aktualizacji. Dodatkowo zdefiniowano procedurę porównującą bieżącą mapę numeryczną z wzorcową i wynotowującą wszystkie dokonane zmiany.

4 Wykonanie mapy numerycznej

Wykonanie mapy numerycznej podzielono na 2 etapy obejmujące:

1. Utworzenie mapy wektorowej na podstawie zeskanowanych map podstawowych i materiałów muzealnych,
2. Utworzenie mapy numerycznej na podstawie prowadzonych pomiarów.

Ponadto opracowano odpowiedni system dla tworzenia przestrzennego modelu kopalni lub jej wybranych fragmentów. System taki wymaga przypisania rzędnej wysokości wszystkim obiektom mapy.

Z uwagi na ograniczony zakres tekstu niniejszego referatu w dalszym ciągu ograniczono się jedynie do tworzenia i wizualizacji mapy numerycznej w przestrzeni 2D.

4.1 Wykonanie mapy wektorowej na podstawie zeskanowanych map podstawowych

4.1.1 Skanowanie map podstawowych i matryc

Sposób wykonania :

- użyto tablicowy skaner wielkogabarytowy,
- zastosowano technikę monochromatyczną,
- wybrano rozdzielczość 350 DPI,
- skanowano obszarami o różnym zastosowaniu filtrów eliminacji szumów i zanieczyszczeń.

4.1.2 Czyszczenie, kalibracja uzyskanego obrazu rastrowego.

Sposób wykonania :

- stosuje się półautomatyczne czyszczenie (usuwanie zanieczyszczeń i niepotrzebnych obiektów) uzyskanego rastra,
- podmienia się obszary o złej jakości z rastra mapy podstawowej na obszary z rastra matrycy,
- można zastosować narzędzia do automatycznego wykrywania krawędzi
- wybiera się 20 - 40 punktów dopasowania (o znanych współrzędnych) na mapie rastrowej,
- ocenia się dokładność wprowadzonych punktów (ew. wyłącza się niektóre z nich),
- kalibruje się mapę rastrową.

4.1.3 Wektoryzacja mapy rastrowej

- wrysowanie poszczególnych obiektów na mapę, przy użyciu obowiązujących znaków umownych,
- pogrupowanie obiektów mapy o podobnych cechach (rozwarstwienie),
- utworzenie relacyjnej bazy danych dla wybranych obiektów (wyrobiska podstawowe, otwory wiertnicze, wypływy wody)
- wraz z opracowaniem mapy numerycznej z pomiarów dokonuje się przeskalowywania, skrócenia części mapy wektorowej (rastrowej) w oparciu o nowe pomiary prowadzone w wyrobiskach przyległych.

4.2 Utworzenie mapy numerycznej z pomiarów

Technologia wykonania mapy numerycznej z pomiarów jest następująca :

4.2.1 Wczytanie plików danych do komputera

Wykorzystuje się wykonane w terenie pliki z rejestratora polowego Psion Workabout. Pliki te zawierają dane pomiarowe m.in. nr pikiety, kąt poziomy, kąt pionowy, długość, a także kody dotyczące mierzonego obiektu.

4.2.2 Automatyczna kontrola plików danych:

Wykonano szereg procedur dokonujących kontroli danych na podstawie uprzednio pomierzonej i obliczonej osnowy a także porównujących wielokrotnie pomierzone długości i kąty. Dane zapisywane są w również w formacie systemu obliczeń geodezyjnych „Geonet”, gdzie następuje ich dalsza kontrola i obliczenie współrzędnych na podstawie ścisłego wyrównania.

4.2.3 Wczytanie pikiet do rysunku

- każdy punkt pomiarowy w rysunku otrzymuje informację :

nr pikiety	nr stanowiska	współrzędne	ustawienie	kod	materiał
------------	---------------	-------------	------------	-----	----------

- każdy punkt osnowy w rysunku otrzymuje informację :

nr punktu	nr punktów sąsiednich	współrzędne	błąd położenia	rzęd dokładności
-----------	-----------------------	-------------	----------------	------------------

- punkty mają odnośniki do bazy danych
Wykorzystano tu standardowy moduł AutoCADa - ASE

4.2.4 Wrysowanie konturów wyrobisk.

- kontury wyrobisk są rysowane liniami o geometrii zgodnej z normami
Opracowano program automatycznie łączący punkty pomiarowe. Działa on na zasadzie analizy celowych i odległości między pikietami, bierze też pod uwagę m.in. kody pikiet i sąsiednie punkty osnowy.
- dla wyrobisk z obudową rysowana jest linia równoległa, obszar między liniami wypełniany jest cieniowaniem o odpowiednim kolorze,
Zdefiniowano procedurę automatycznie wykonującą powyższe zadanie. Procedura ta korzysta m.in. z kodu „materiał” pikiety i z numeru stanowiska.
- każda linia jest połączona z bazą danych,

- linie są powiązane z odpowiadającymi im punktami obliczeniowymi a także z wielobokami do którego należą.

4.2.5 Wrysowanie konturów wyrobisk niedostępnych.

- dla wyrobisk dla których istnieją dokumenty pomiarowe w dziale mierniczym Kopalni Soli "Wieliczka" obliczone zostały współrzędne pikiet i tryb postępowania był analogiczny jak dla pikiet pomierzonych bezpośrednio,
- kontury wyrobisk górniczych dla których brak dostępu celem wykonania pomiaru bezpośredniego, względnie brak danych pomiarowych zostały przeniesione graficznie na nowe mapy z map istniejących lub z materiałów fotogrametrycznych po ich opracowaniu komputerowym.

4.2.6 Tworzenie wieloboków wyrobisk

Wielobok wyrobiska stanowi zamkniętą figurę posiadającą pewne informację. Pojęcie to wprowadzono w celu maksymalnego uproszczenia obsługi mapy numerycznej. Zaznaczenie danego wieloboku bezpośrednio pokazuje wykonane dla niego przekroje podłużne i poprzeczne oraz podaje powiązaną z nim informację. Podział mapy numerycznej na takie elementy znacznie przyspiesza działanie programu generalizującego (przeskalowującego), a także programów statystycznych liczących np. objętość wyrobisk danego obszaru.

Wieloboki charakteryzują się :

- nazwą,
- warstwą,
- odnośnikiem do bazy danych,
- informacją o odpowiadającymi mu krawędziami (liniami),
- powiązaniem z liniami przekrojowymi,
- znakiem umownym (typem kreskowania),
- średnią szerokością , obszarem i objętością,
- współrzędnymi linii stosowanej w przypadku generalizacji,

4.2.7 Wstawienie znaków umownych

Większość znaków umownych do opracowania przyjęto zgodnie z Polskimi Normami dla map górniczych. Dla elementów mapy, których normy nie definiują, a także dla niektórych nietypowych znaków,

specyficznych w warunkach Kopalni Soli Wieliczka opracowano nowe wzory znaków. Podkreślić tu należy dużą pomoc za strony B. Słowika z OUG Kraków i Z. Stawarczyka z Kopalni Soli „Wieliczka”. Wszystkie znaki umowne są przedstawione w relacyjnej bazie danych, połączonej z rysunkiem. Poszczególne znaki posiadają dane opisowe widoczne np. rzędna spodka szybu jak i niewidoczne na rysunku mapy (np. rzędne wysokościowe, objętość komory itp.), które są dostępne poprzez odpowiednie polecenia. Znaki umowne mogą mieć swoją powierzchnię (skalę znaku) jak np. szyb.

Elementy są ze sobą powiązane zgodnie ze strukturą węzłową tj. wieloboki (komory, wyrobiska) są wyposażone w informację z jakich linii składa się dany wielobok; linie „wiedzą” o punktach składającą się na daną linię. Jeżeli norma przewiduje opis znaku to opis ten jest przedstawiony jako tzw. widoczny atrybut. Znaki powierzchniowe są wypełniane kreskowaniem. W miarę możliwości standardem kreskowania, kształtu liter itp. jest ANSI. W przypadku gdy szereg elementów graficznych składa się na jeden znak umowny (np. schody), są tworzone tzw. nazwane zbiory wskazań.

Literatura

Przedsiębiorstwo Miernictwa Górniczego Spółka z o.o. w Katowicach 1997. *Technologia wykonania mapy podstawowej wyrobisk górniczych Kopalni Soli "Wieliczka"*.