

ZASTOSOWANIE NOWOCZESNYCH TECHNIK GEODEZYJNYCH W PRACACH MIERNICZYCH KOPALNI ODKRYWKOWEJ PGE KWB „TURÓW” SA

Tadeusz Kaczarewski, Andrzej Bąk, Tomasz Waliński

PGE Kopalnia Węgla Brunatnego „Turów” SA w Bogatyni

Streszczenie. Kopalnia „Turów”, której historia rozpoczęła się praktycznie od 1904 roku i gdzie obecnie odkrywkową eksploatację złoża węgla brunatnego prowadzi się na rozległym obszarze ponad 25 km² i na głębokościach nawet ok. 300 m, przemieszczając corocznie ok. 65 mln m³ mas ziemnych, wielokrotnie narażona była na poważne zagrożenia deformacji zboczy. Wdrożenie w latach 90. autorskiego Górniczego Systemu Informatycznego na bazie nowoczesnych technik geodezyjnych i informatycznych (w tym zastosowanej po raz pierwszy w Polsce techniki GPS) pozwoliło między innymi skutecznie opanować te problemy. Jednym z podstawowych użytkowników GSI jest służba miernicza kopalni, która realizuje swoje zadania w sposób zintegrowany z działaniami innych służb – współużytkowników systemu w zakresie: geodezji, geologii, geotechniki i technologii górniczej. Celem tych zintegrowanych działań jest zapewnienie właściwych efektywności i bezpieczeństwa procesu eksploatacji odkrywkowej na tak dużą skalę. Niezwykle ważną rolę w tym procesie odgrywają pomiary: sieci przestrzennej terenu górniczego, w sieciach lokalnych, deformacji zboczy oraz stale aktualizowana i dostępna dla wszystkich zainteresowanych służb mapa cyfrowa obszaru górniczego (w tym wyrobiska odkrywkowego i zwałowisk).

Słowa kluczowe: deformacje, system kontrolno-pomiarowy, sieć przestrzenna, przemieszczenia, sieci geodezyjne

WSTĘP

KWB „Turów” jest jedną z najstarszych i najbardziej rozległych czynnych kopalń odkrywkowych węgla brunatnego w Europie. Jej historia datuje się praktycznie od roku 1904, pod polską administracją od 1947 r. Plany eksploatacji złoża węgla brunatnego „Turów” sięgają roku 2040, a jednym z bardziej istotnych warunków ich zrealizowania jest skuteczne zabezpieczenie kopalni i jej otoczenia przed zagrożeniami geotechnicznymi. W bogatej historii odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego w kopalni „Turów” wielokrotnie dochodziło do poważnych zagrożeń, z czego dwa osuwiska zagroziły dalszemu

Adres do korespondencji – Corresponding author: Tadeusz Kaczarewski, PGE Kopalnia Węgla Brunatnego Turów SA, 59-916 Bogatynia 3

prowadzeniu ruchu zakładu górniczego oraz bezpieczeństwu powszechnemu w otoczeniu kopalni. W latach 1988–1990 zagrożony osunięciem był odcinek zachodniego zbocza odkrywki – filar ochronny rzeki granicznej z Niemcami – Nysy Łużyckiej, a w latach 1993–1994 osunął się odcinek wschodniego zbocza zwałowiska zewnętrznego w pobliżu granicy z Republiką Czeską. Przeprowadzone wówczas – z użyciem bardzo dużych nakładów finansowych i technicznych – działania ratownicze i naprawcze zakończyły się pomyślnie. Szczególnie trudnym do rozpoznania było osuwisko filara rzeki Nysy Łużyckiej, ponieważ kopalnia wówczas nie dysponowała dostatecznie precyzyjnym sprzętem pomiarowym oraz nie było odpowiednich kadr, gotowych do samodzielnego analizowania tego zdarzenia.

Udokumentowane [Kaczarewski i Nowak 2009] doświadczenia z tamtych zdarzeń ukazały, jak niezbędne jest systematyczne prowadzenie odpowiednich działań profilaktycznych oraz przestrzeganie zasad bezpieczeństwa w planowaniu, przygotowaniu, realizacji, a także odpowiednie monitorowanie przebiegu procesu odkrywkowej eksploatacji złoża „Turów”.

Uwidocznione problemy dostatecznie precyzyjnego monitorowania dynamicznych zmian dużych powierzchni, nierozwiązywalne tradycyjnymi wówczas metodami geodezyjnymi, jak również bardzo dynamiczny rozwój specjalistycznego sprzętu geodezyjnego i komputerowego oraz oprogramowania, umożliwiły tworzenie nowoczesnych, cyfrowych rozwiązań, wspomagających prace inżynierskie także w geodezji górniczej.

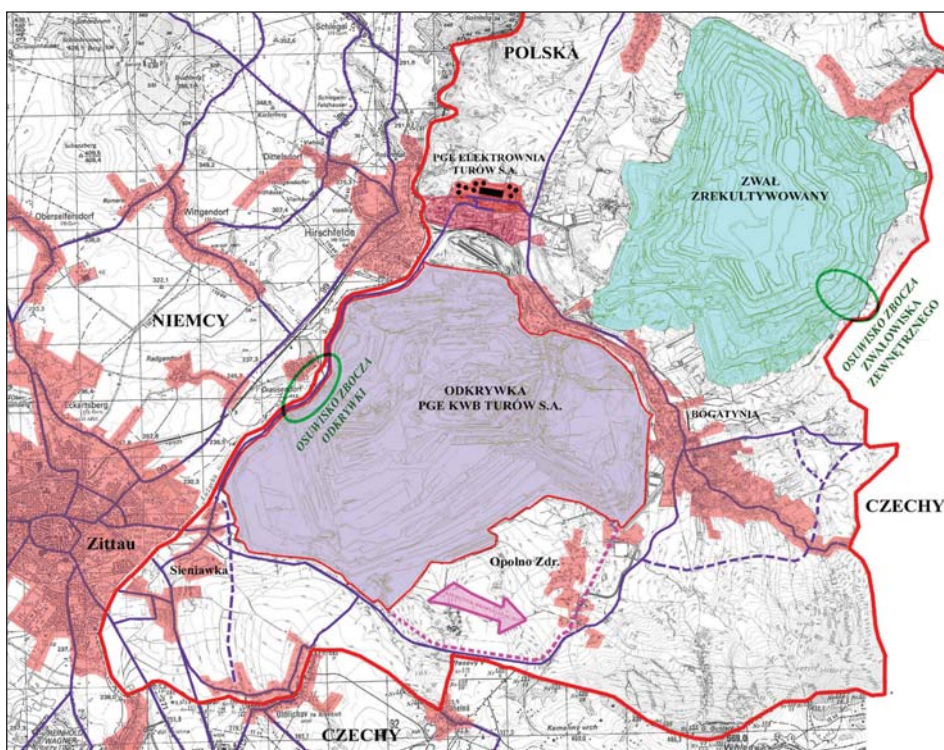
Na takich nowych rozwiązaniach oparto działania służby mierniczej KWB „Turów”, a mianowicie:

- Już w I połowie lat 90. zakupiono wysokiej klasy geodezyjny sprzęt pomiarowy, pozwalający na spełnienie rygorów dokładności (odbiorniki satelitarne GPS, tachimetrie elektroniczne, niwelatory kodowe).
- W 1993 r. został opracowany „Projekt kompleksowego systemu obserwacji deformacji górotworu KWB „Turów” z wykorzystaniem pomiarów satelitarnych GPS” przez zespół Katedry Geodezji i Fotogrametrii Akademii Rolniczej we Wrocławiu, pod kierunkiem prof. Stefana Caconia.
- W 1997 r. rozpoczęto tworzenie zintegrowanego Górniczego Systemu Informatycznego we współpracy z Przedsiębiorstwem Robót Geologiczno-Wiertniczych z Sosnowca. W wyniku tych prac powstały między innymi: relacyjna Baza Danych Górniczego Systemu Informatycznego oraz cyfrowe mapy wyrobisk górniczych, skonfigurowane na bazie SQL Serwera i w środowisku graficznym MicroStation, współpracujące ze specjalistycznymi pakietami programów narzędziowych. System ten wykorzystywany jest obecnie przez służby: mierniczą, geologiczną, geotechniczną oraz do technologii górniczej i nadal jest rozwijany.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW EKSPLOATACJI

PGE Kopalnia Węgla Brunatnego „Turów” SA prowadzi wielkomasową eksploatację odkrywkową złoża węgla brunatnego „Turów” zlokalizowanego w woj. dolnośląskim, w bezpośrednim sąsiedztwie miasta Bogatynia, przy granicy państwowej z Niemcami i Republiką Czeską (rys. 1).

Teren ten charakteryzuje znaczne zróżnicowanie rzeźby naturalnej i sztucznie wytworzonej. Wielkość obszaru górniczego (OG i TG utworzony decyzją, tj. Koncesją nr 65/94 z dnia 27.04.1994 r. /21.03.1996 r. udzieloną przez MOŚZNiL) wynosi 66,08 km². Powierzchnia odkrywki wynosi obecnie 25,2 km². Na tej powierzchni prowadzone są intensywne roboty górnicze polegające przede wszystkim na przemieszczaniu mas ziemnych do ok. 65 mln m³/rok. Głębokość wyrobiska liczona od poziomu 225 m n.p.m. obecnie wynosi 225 m, miejscami przekracza 300 m. Powierzchnia zrekułtywowanej już powierzchni zwału zewnętrznego o kubaturze 1,47 mln m³ wynosi blisko 22 km² (31 marca 2006 roku zakończono zwałowanie zewnętrzne kopalni, osiągając wysokość +465 m n.p.m.) i jest nadal przedmiotem obserwacji geodezyjnych.



Rys. 1. Lokalizacja Kopalni „Turów” oraz miejsca osuwisk

Fig. 1. The localization of Open Pit Mine "Turów" and the places of landslide

POMIARY DEFORMACJI – KONCEPCJA SYSTEMU POMIAROWO-KONTROLNEGO

Opracowany w 1993 r. „Projekt kompleksowego systemu obserwacji deformacji górotworu KWB „Turów” z wykorzystaniem pomiarów satelitarnych GPS” miał na celu zorganizowanie procesów pomiarowych tak, aby możliwe było pozyskiwanie wiarygodnych wyników pomiarów do interpretacji specjalistycznych, obejmujących swym zasię-

giem zarówno odkrywkę, zwałowisko zewnętrzne, jak i tereny przyległe. Kopalnia jest prekursorem stosowania tej techniki w polskim górnictwie i prawdopodobnie w ogóle w krajowym przemyśle.

System pomiarowo-kontrolny oparty na tamtych rozwiązaniach nadal funkcjonuje i jest systematycznie rozwijany. Składa się z trzech podstawowych segmentów, powiązanych ze sobą odpowiednio w „przestrzeni” i w „czasie”, zgodnie z ogólnym schematem przedstawionym w tabeli 1.

Tabela 1. Schemat systemu kontrolno-pomiarowego
Table 1. The scheme of monitoring system

Charakter obserwacji	Charakterystyka segmentów obserwacyjnych			
	I rząd (dokł.)	II rząd (dokł.)	III rząd (dokł.)	
			pomiary powierzchniowe	pomiary wgłębne
	Obserwacje bezwzględne		Obserwacje względne	
Rodzaje sieci, metody pomiarowe, instrumenty pomiarowe	Geodezyjna sieć przestrzenna (sieć satelitarna GPS), sieć niwelacji precyzyjnej II klasy	Lokalne sieci poziome i wysokościowe lub przestrzenne (odbiornik GPS, precyzyjne tachimetry i niwelatory)	Proste związki geometryczne jak: pary punktów; stała prosta (zmiany odległości między punktami; zmiany różnic wysokości między punktami)	Pomiary w otworach pojedynczych bądź w siatce otworów (inklinometr)

Pomiary sieci przestrzennej i sieci niwelacji precyzyjnej II klasy

Pomiary deformacji w I rzędzie dokładności wykonywane są na podstawie m.in. sieci przestrzennej, która od roku 1994 mierzona jest z wykorzystaniem metody statycznej GPS w cyklach dwuletnich. Punkty sieci zlokalizowane zostały na terenie kopalni i poza zasięgiem jej oddziaływania (rys. 2). Zastabilizowano je słupami betonowymi z głowicami do wymuszonego centrowania instrumentów. Stabilizacja wszystkich punktów poniżej poziomu zamrażania gruntu, a także części z tych punktów na wychodniach skał krystalicznych (bazalt, granit), stanowi o zabezpieczeniu warunków pozwalających na uzyskanie wysokiej wiarygodności wyników pomiarów.

Obserwacje satelitarne sieci przestrzennej w 2006 r. wykonano na 75 punktach, łącznie ze stacją referencyjną KWBS. Zastosowano metodę statyczną, wykonano 18 sesji obserwacyjnych w ciągu trzech dni (fot. 1). Współrzędne punktów sieci przestrzennej w układzie WGS 84 określono z błędami nieprzekraczającymi wartości ± 3 mm, co bardzo dobrze charakteryzuje wewnętrzną zgodność pomiarów z uwagi na wzajemne skorelowanie wektorów w każdej sesji. Ostatecznie otrzymane współrzędne w lokalnym układzie Grossenheim charakteryzowały się błędami średnimi, które wyniosły:

$$m_x = \pm (3,0-4,7) \text{ mm},$$

$$m_y = \pm (3,0-4,7) \text{ mm},$$

$$m_z = \pm (3,3-9,0) \text{ mm}.$$



Rys. 2. Szkic rozmieszczenia punktów sieci GPS KWB PGE Turów SA (2006 r.)

Fig. 2. The scheme of the distribution of points of network GPS in Open Pit Mine Turów (2006 r.)



Fot. 1. Pomiar metodą statyczną GPS na punkcie sieci przestrzennej nr 5113

Phot. 1. The measurement with static method GPS (point 5113)

Kolejnym ważnym elementem systemu kontrolno-pomiarowego są pomiary sieci niwelacji precyzyjnej II klasy, które od roku 1992 wykonuje się w cyklach dwuletnich. Sieć reperów jest ciągle rozbudowywana i zlokalizowana na obszarze całego „Worka Turowskiego” (w 2008 r. pomierzono 395 reperów).

Wyniki przeprowadzanych pomiarów niwelacyjnych wraz ze znajomością budowy geologicznej, rozwoju leja depresji wód podziemnych w czasie oraz wyznaczeniem właściwości fizykomechanicznych gruntów, są podstawą do prognozowania wielkości deformacji powierzchni. Pozwala to przewidzieć zasięg i skalę odwodnienia górotworu związanego z eksploatacją górniczą oraz określić jego skutki (m.in. w formie osiadań powierzchni). Z kolei określenie kategorii górniczej terenów wraz z przeprowadzoną oceną odporności obiektów budowlanych pozwala na przygotowanie dokumentacji techniczno-roboczej oraz wykonanie zabezpieczeń profilaktycznych i robót naprawczych w obiektach budowlanych.

Pomiary w sieciach lokalnych

Część punktów sieci przestrzennej jest zarazem punktami odniesienia II rzędu stanowiącymi nawiązanie do lokalnych pomiarów deformacji. Pomiary te prowadzone są głównie metodą niwelacji trygonometrycznej (wcięcia kątowno-liniowe) wykonywaną z punktów bazowych przy zastosowaniu stacji totalnych, wzmocnioną niwelacją geometryczną lub trygonometryczną „ze środka”, a także obserwacjami satelitarnymi GPS. Obejmują one newralgiczne rejonry kopalni, a mianowicie: filar ochronny rzeki Nysy Łużyckiej, rejonry pochylni transportowych IV i V oraz rejonry na zwałowisku wewnętrznym i zewnętrznym.

Zastosowanie satelitarnej technologii obserwacji stworzyło możliwości znacznego podwyższenia dokładności sieci obserwacyjnych, szczególnie w płaszczyźnie poziomej.

Każdy pomiar sieci lokalnych nawiązywany jest (poprzez obserwacje satelitarne GPS) do stałych punktów sieci przestrzennej. Następnie wykonywany jest pomiar punktów kontrolowanych metodą klasyczną z punktów bazowych.

Wyrównanie sieci lokalnych przeprowadza się metodą ścisłą, parametryczną, z uwzględnieniem błędów punktów nawiązania (punktów bazowych i punktów pomierzonych techniką GPS). Następnie oblicza się składowe przemieszczeń jako różnice współrzędnych punktów kontrolowanych z pomiarów aktualnego i poprzedniego, przeliczonego do tego samego układu odniesienia.

Dzięki zastosowaniu satelitarnej technologii obserwacyjnej czynności pomiarowi obliczeniowe związane z oceną stałości punktów uległy zasadniczemu skróceniu w czasie, przy jednoczesnym zapewnieniu bardzo wysokiej precyzji pomiarów. Otrzymywane wyniki pomiarów stworzyły możliwość znacznego podwyższenia dokładności sieci obserwacyjnych, szczególnie w płaszczyźnie poziomej (rzędu kilku milimetrów).

Pomiary z zastosowaniem techniki GPS RTK

Kolejną bardzo istotną modernizacją technologii pomiarowych w pracach prowadzonych na terenie PGE KWB „Turów” SA była instalacja stacji referencyjnej GPS.

W 1999 r. zainstalowano stację referencyjną typ ZF-X CORS z kompletnym wyposażeniem informatycznym. Stacja referencyjna została zainstalowana w Dziale Mierniczym (fot. 5, 6). Początkowo jednak służyła ona do generowania danych w postprocesingu ze względu na wydłużoną procedurę otrzymania koncesji na używanie systemów radiowych (kopalnia zlokalizowana jest w strefie przygranicznej).



Fot. 2. Antena GPS stacji referencyjnej
Phot. 2. The aerial GPS of the reference station



Fot. 3. Odbiornik stacji referencyjnej i komputer zarządzający
Phot. 3. The receiver in the reference station and the controller computer

W 2001 r. do stacji referencyjnej dołączono moduł radiowy i ustawiono go w konfiguracji do pracy w trybie zapisu obserwacji i dystrybuowania korekt RTK. Zainstalowano również radiomodem pracujący jako repeater (powielacz sygnału radiowego ze stacji bazowej RTK) na terenie odkrywki. Od tego momentu stacja referencyjna stała się również stacją bazową dla odbiorników mobilnych pracujących w systemie czasu rzeczywistego.

Rozwiązanie technologiczne, jakie zostało wprowadzone, pozwoliło na ustawienie niezbędnych opcji pozwalających na pracę wszystkich użytkowników wykorzystujących obserwacje satelitarne GPS zarówno w czasie rzeczywistym RTK, jak i w postprocesingu. System stacji referencyjnej obejmuje odbiornik z anteną GPS, komputer zarządzający stacją oraz radiomodem Satel z anteną nadawczą (fot. 2, 3, 4).



Fot. 4. Antena nadawcza stacji referencyjnej
Phot. 4. The broadcasting aerial of the reference station

Po wprowadzeniu tych wszystkich modernizacji i przeszkoleniu, pracownicy służby mierniczej kopalni uzyskali możliwość korzystania z szybkiej i dokładnej techniki pomiarowej GPS RTK (fot. 5).



Fot. 5. Pomiar RTK z wykorzystaniem mobilnego odbiornika GPS Z-Max
Phot. 5. The measurement RTK with use of mobile receiver GPS Z-Max

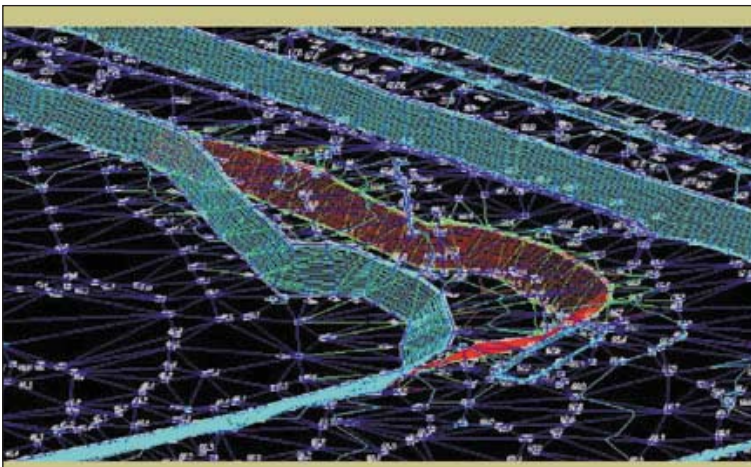
MAPA CYFROWA W PGE KWB „TURÓW” SA

W KWB „Turów” mapa cyfrowa funkcjonuje od stycznia 1998 r. Powstała na bazie programu Microstation i obejmuje swym zasięgiem odkrywkę, zwałowisko zewnętrzne oraz rejon przedpola. Zastąpiła ona tradycyjną mapę analogową. Poprzez połączenia sieciowe mapa cyfrowa niemal natychmiast po aktualizacji jest udostępniana wszystkim zainteresowanym służbom. Elementy nanoszone na mapę w poszczególnych miesiącach dla wygody użytkowników są rozróżniane kolorami, co pozwala na szybką identyfikację elementu mapy z datą jego pomiaru. Mapa kopalni jest trójwymiarowa (3D), co stwarza możliwość wykonania modelu powierzchni rejonów eksploatacyjnych (rys. 3).

Pozwala to na opracowywanie postępu eksploatacji dla odkrywki w cyklach miesięcznych, a jednocześnie liczenie wybranych mas nadkładu i węgla (rys. 4).



Rys. 3. Numeryczny model terenu ze śladami uskoków tektonicznych
 Fig. 3. The numerical model of area with marks of tectonical faults

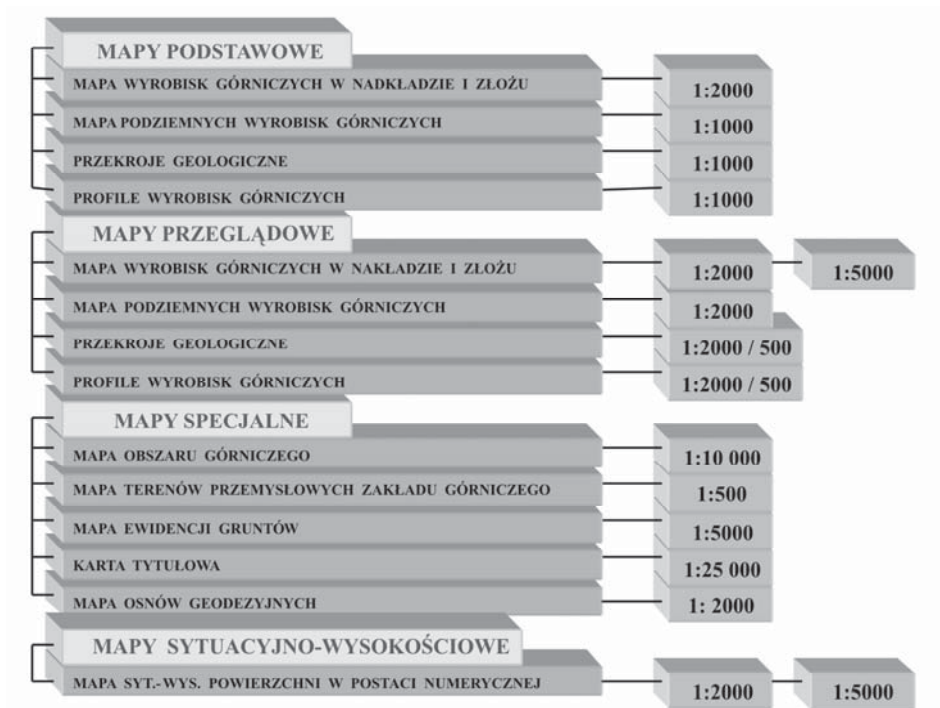


Rys. 4. Fragment modelu wyrobiska wykonany na podstawie mapy numerycznej
 Fig. 4. The fragment of excavation model made at the base of numerical map

Modele powierzchni są wykorzystywane m.in. do tworzenia przekrojów geologicznych, wyznaczania śladów uskoków w wybranych rejonach. Mają również szerokie zastosowanie przy pracach projektowych dla służb technologicznych lub przez geotechników do opracowania map zagrożeń geotechnicznych. Podstawowa mapa cyfrowa w KWB „Turów” prowadzona jest w skali 1:2000, a aplikacja pracująca pod Microstation umożliwia automatyczne przeskalowanie jej do dowolnej skali na życzenie użytkowników (rys. 5). Mapa cyfrowa dzięki swojej wielowarstwowości daje duże możliwości tworzenia map tematycznych. Można to uzyskać poprzez wyłączenie z treści mapy elementów nieistotnych lub też nadanie im mniejszego znaczenia. Powoduje to, że stanowią one tło mapy, natomiast elementy istotne można wyeksponować. Dzięki stworzeniu cyfrowej

„matrycy” zaoszczędza się mnóstwo czasu, a taka wersja jest nieporównywalna z tradycyjną odbitką.

Oprogramowanie dające możliwość numerycznego zapisu mapy pozwala również na odpowiednie zabezpieczenie dokumentacji. Stara, zeskanowana dokumentacja, jak również powstająca od 1997 r., archiwizowana jest i przechowywana na nośnikach cyfrowych. Drogą sieciową przesyłana jest w cyklach miesięcznych mapa, uaktualniona o postęp robót na odkrywcę oraz wszelkie inne zmiany, jakie zaszły na terenie zakładu górniczego w tym okresie. Odpowiednie priorytety dostępu oraz stosowane zabezpieczenia nie pozwalają nieupoważnionym użytkownikom na dokonywanie zmian w treści mapy cyfrowej. Mogą to uczynić jedynie na wykonanych przez siebie kopiach. Tak jak drogą sieciową dział mierniczy kopalni w postaci mapy cyfrowej przekazuje wyniki swojej pracy, tak też inni użytkownicy na bazie tej mapy drogą sieciową przekazują informacje niezbędne do prawidłowego funkcjonowania zakładu górniczego. Dotyczy to między innymi zasięgów postępu robót górniczych, określania miejsc zagrożeń w postaci występowania wód podziemnych, uskoków czy też projektów planowanych inwestycji. Wszystkie te dane służą służbie mierniczej za podstawę do wytyczenia określonych miejsc w terenie. Komputeryzacja i zapis cyfrowy map wydatnie skróciły obieg dokumentacji. Ze względu na rozległość zakładu górniczego i fakt, że wszystkie służby, których praca w jakimś stopniu opiera się na korzystaniu z mapy, mają natychmiastowy dostęp do niej, co ma duży wpływ na ich operatywność.



Rys. 5. Schemat skal i rodzajów map tworzących dokumentację mierniczo-geologiczną

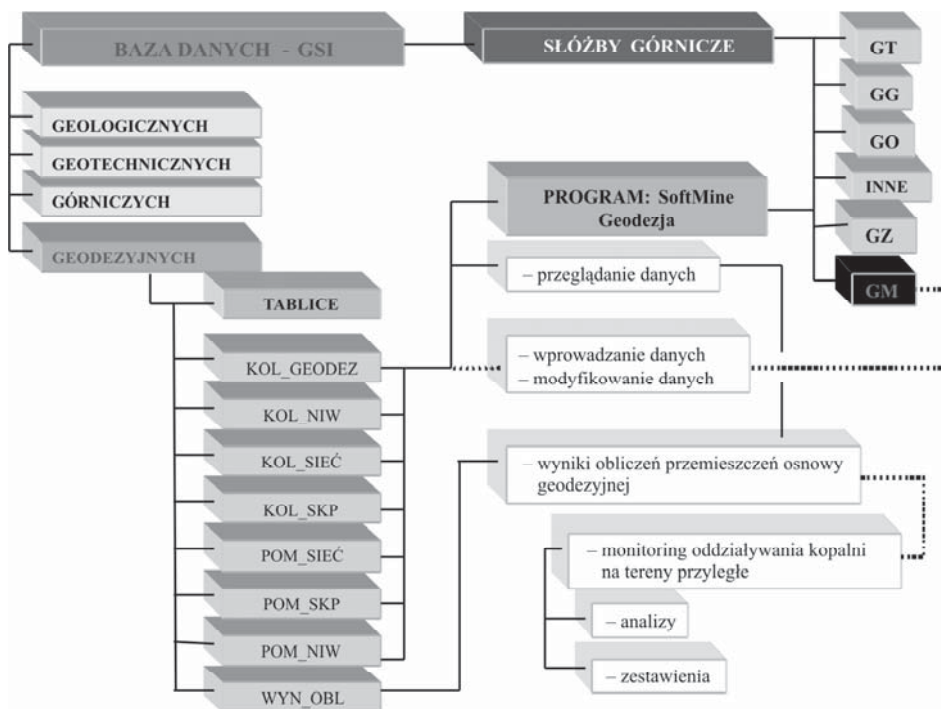
Fig. 5. The schema of scales and types of maps establishing the surveying-geological documentation

MODERNIZACJA I ROZBUDOWA BAZY DANYCH GÓRNICZEGO SYSTEMU INFORMATYCZNEGO W CZĘŚCI GEODEZYJNEJ

W 1997 r. rozpoczęto prace nad utworzeniem systemu informatycznego w kopalni przy współpracy z Przedsiębiorstwem Robót Geologiczno-Wiertniczych z Sosnowca. W wyniku tych prac powstała relacyjna Baza Danych Górniczego Systemu Informatycznego (GSI) w obrębie SQL Serwera wraz ze współpracującym pakietem specjalistycznych programów.

W 2004 r. kolejny raz zmodernizowano i rozbudowano Bazę Danych GSI części geodezyjnej, tj. stworzono aplikację SoftMineSKP i SoftMineVector (rys. 6). Rozbudowano i uszczegółowiono wprowadzanie danych dotyczących wyników z pomiarów sieci przestrzennej, niwelacyjnej i lokalnych Systemu Kontrolno-Pomiarowego (SKP) m.in. o następujące informacje:

- sposób stabilizacji punktu,
- data stabilizacji / zniszczenia punktu,
- wykonawca stabilizacji / pomiaru,
- opis położenia punktu,
- nazwa rejonu pomiarowego,
- współrzędne X, Y, Z oraz ich błędy w układzie lokalnym Grossenheim,
- współrzędne X, Y, Z w układzie 2000.



Rys. 6. Schemat Bazy Danych GSI – część geodezyjna

Fig. 6. The scheme of Database GSI – surveying part

Program **SoftMineSKP** na podstawie danych wybranych przez użytkownika oblicza i zestawia następujące wartości:

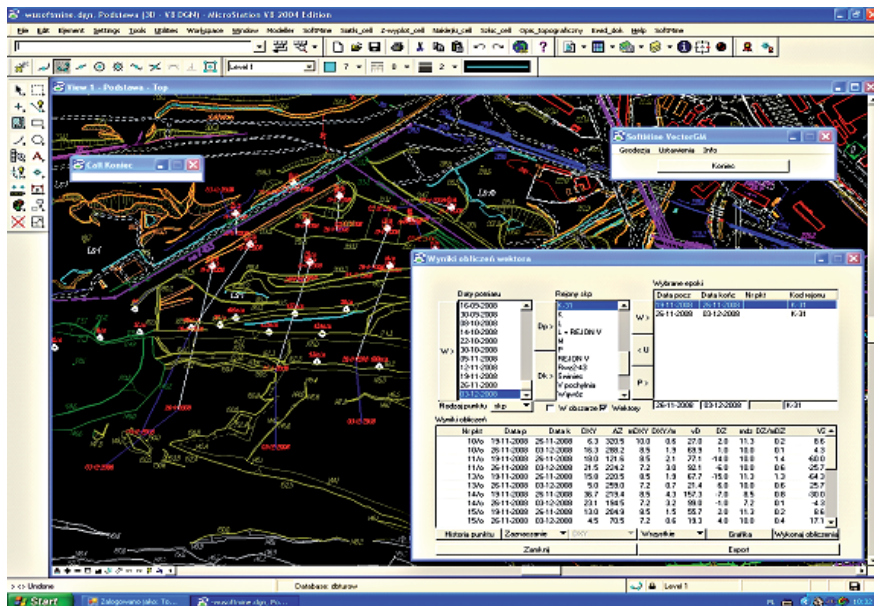
- kod_ob – nazwa punktu,
- epoka – cykl pomiarowe,
- krotność błędu – kryterium stałości,
- DX, DY, DZ – składowe przemieszczeń przestrzennych,
- D – przemieszczenie przestrzenne,
- mdx, mdy, mdz – błąd pomiaru poszczególnych składowych,
- md – błąd pomiaru przemieszczenia przestrzennego,
- D/md – kryterium istotności przemieszczenia przestrzennego,
- DXY – obliczone przemieszczenie w płaszczyźnie poziomej,
- AZ – azymut przemieszczenia,
- mDXY – błąd wektora poziomego,
- DXY/Md – kryterium istotności przemieszczenia poziomego,
- vD – prędkość przemieszczenia poziomego [mm/miesiąc],
- Dz/mDZ – kryterium istotności przemieszczenia pionowego,
- vZ – prędkość przemieszczenia pionowego [mm/miesiąc].

Program **SoftMineVector** może między innymi spełniać następujące funkcje:

- Kreślenie w środowisku graficznym MicroStation wektora przemieszczeń (rys. 7).

Graficzny obraz wektora ma następujące cechy:

- długość wektora w zdefiniowanej skali,
- możliwość kreślenia wektorów: przestrzennego, poziomego i pionowego,
- możliwość automatycznego kreślenia wektora poziomego w postaci łączących się ze sobą wektorów w różnych kolorach dla kolejnych przedziałów czasowych (cykli pomiarowych).



Rys. 7. Kreślenie składowych przemieszczeń poziomych DXY – rejon zbocza północnego
Fig. 7. The plotting of horizontal displacement DXY – the area of north hillside

- Obliczenie i kreślenie wektorów w zadanych cyklach pomiarowych:
 - wszystkie (wynikające z różnicy współrzędnych),
 - istotne,
 - w zadanym przedziale wielkości przemieszczeń (np. większe od).
- Automatyczne aktualizowanie mapy punktów pomiarowych „osnowy” na wybrany dzień (w przypadku informacji „zniszczony” punkt nie zostaje wykreślony).

PODSUMOWANIE

Wdrożone w służbie mierniczej Kopalni „Turów” nowoczesne rozwiązania umożliwiły prowadzenie skutecznego monitoringu potencjalnych zagrożeń o kapitalnym znaczeniu dla bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego i jego otoczenia poprzez:

- pokonanie występujących wcześniej barier technologicznych,
- podniesienie jakości i efektywności pozyskiwania informacji o terenie,
- zredukowanie kosztów i ograniczenie usług firm obcych,
- umożliwienie szybkiej i kompleksowej analizy informacji istotnych dla zidentyfikowania potencjalnych zagrożeń.

Należy mieć na uwadze fakt, że eksploatacja złoża „Turów” planowana jest do 2040 r., a jej warunki będą coraz bardziej złożone. Najbardziej predysponowane pod względem zagrożeń geotechnicznych będą w przyszłości ruchome zbocza zwałowiska wewnętrznego w zasadzie na całym jego obszarze oraz docelowo formowane zbocza odkrywkowe. Warunki bezpieczeństwa, zwłaszcza prawidłowej stateczności tych zboczy, należy tworzyć na bieżąco poprzez planowanie, przygotowanie oraz monitorowanie procesu odkrywkowej eksploatacji złoża. Ze względu na ciągle zmiany zakresu i charakteru potencjalnych zagrożeń wskutek gigantycznych i dynamicznych przemieszczeń mas ziemnych (nawet do ok. 60 mln m³/rok), niezbędne jest zapewnienie rozwoju i modyfikacji systemu monitorowania zmian powierzchni. W tym celu należy wykorzystywać nowe, coraz skuteczniejsze technologie rozpoznawania i obserwacji czynników generujących potencjalne zagrożenia geotechniczne. Jest to jeden z podstawowych warunków zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania kopalni i jej bezpośredniego otoczenia.

System mierniczy kopalni, jak każde ważne rozwiązanie techniczne, wymaga stałej dbałości o jego sprawność i bieżącej modernizacji w celu utrzymania odpowiednich standardów technicznych. Obecnie rozważane jest w Kopalni „Turów” wdrożenie rozwiązań, które umożliwią monitorowanie dużych powierzchni zwałowiska i zboczy odkrywkowe w krótkich cyklach (np. poprzez skanowanie terenu) z automatyczną aktualizacją danych w Górnym Systemie Informatycznym.

PIŚMIENNICTWO

- Cacoń S., Kontny B., Mąkolski K., 1993. Projekt kompleksowego systemu obserwacji deformacji górotworu KWB „Turów” z wykorzystaniem pomiarów satelitarnych GPS. Wrocław.
- Fułat E. i in., 2001. System informatyczny wspomagający monitoring osiadań terenu pod wpływem odwodnienia wglębnego w KWB Turów. Konferencja Naukowo-Techniczna – VI dni miernictwa górniczego i ochrony terenów górniczych, Ustroń.

- Kaczarewski T., Waliński T., 1999. Charakterystyka pomiarów deformacji powierzchni spowodowanych eksploatacją węgla w KWB Turów. Konferencja Naukowo-Techniczna – dni miernictwa górniczego i ochrony terenów górniczych, Szczyrk.
- Kaczarewski T., Nowak J., 2009. Warunki bezpieczeństwa eksploatacji złoża „Turów” w aspekcie zagrożeń geotechnicznych. Wyd. Miesięcznik WUG, Nr 12.
- Rybicki St., Wachelka L., Fułat E., Rupala M., Płonka E., Wiśniewski J., Milkowski D., Dymarski J., Informatyczne wspomaganie prac przy zagrożeniach naturalnych w górnictwie odkrywkowym na przykładzie KWB „Turów”. Mat. Konferencji Naukowo-Technicznej nt. „Optymalizacja wydobycia kopalin przy wykorzystaniu technik informatycznych”.
- Wachelka L., Kłos M., Michałowski M., 2005. Modernizacja i rozbudowa górniczego systemu informatycznego w KWB Turów SA. Sosnowiec.

THE APPLICATION OF MODERN GEODETIC TECHNIQUES IN SURVEYOR WORKS IN THE TURÓW STRIP MINE OF BROWN COAL CO.

Abstract. Mine Turow, whose story began almost from 1904, where he is currently open-cast lignite deposit is carried out over a vast area more than 25 km², and even at depths of 300 m moving annually approximately 65 million m³ of soil mass, has repeatedly been exposed to serious risk of slope deformation. Implementation in the 90's Mining Informatics System (GSI/MIS) based on modern surveying techniques and computer (including the applied for the first time in Poland GPS technology) has allowed, inter alia, to effectively control these problems. One of the primary users of GSI is to serve Measuring Mine, which performs its tasks in an integrated manner with other departments – concurrent system in the following areas: geodesy, geology, geotechnical and mining technology. The aim of these integrated measures is to ensure proper performance and safety of the process of strip mining on such a large scale. An extremely important role in this process is played by the measurements: Spatial mining area networks, local area networks, slope deformation, and continuously updated and available to all departments concerned digital map of the mining area (including pit mine and dump).

Key words: deformation, the control-measure system (monitoring system), spatial network, the displacement, geodetic spatial network

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 30.03.2010

Do cytowania – For citation: Kaczarewski T., Bąk A., Waliński T., 2010. Zastosowanie nowoczesnych technik geodezyjnych w pracach mierniczych kopalni odkrywkowej PGE KWB Turów S.A. Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr., 9(1), 23–37.