

## **Zintegrowany system zarządzania zagrożeniami w kopalniach – koncepcja rozwiązania**

Występujące w kopalniach zagrożenia górnicze są zjawiskami realnie wpływającymi na bezpieczeństwo pracy i efektywność funkcjonowania zakładów górniczych. Z tego też względu powinny być i są przedmiotami i podmiotami realizowanych w kopalniach procesów zarządzania.

Cechą charakterystyczną zagrożeń jest zawsze towarzyszący im czynnik przypadkowości i niepewności. Z drugiej strony obowiązujący system prawa i przepisów niższej rangi, wymagają precyzyjnej oceny, prognozy i zwalczania każdego z nich. Biorąc dodatkowo pod uwagę skutki występowania zagrożeń, mogące w decydujący sposób wpływać na strategiczne i bieżące decyzje, można stwierdzić, że sprawny i efektywny system zarządzania zagrożeniami występującymi w kopalniach, jest ważnym elementem funkcjonowania każdej kopalni. Problem ten jest w praktyce dostrzegany i doceniany, co przejawia się stosowaniem w tym zakresie różnorodnych narzędzi wspomagających bieżącą działalność służb prewencji zagrożeń, BHP oraz menedżerskiego zarządzania kopalnią.

W zakresie zagrożeń występujących w kopalniach, a w szczególności zagrożeń naturalnych, systemy wspomagające ograniczają się jednak zwykle tylko do gromadzenia, wizualizacji i alarmowania w centrach dyspozycyjnych występowania ich mierzalnych przejawów. Są one zorientowane na pojedyncze zagrożenia lub zagrożenia o podobnych sposobach kontroli ich przejawów, np. pomiary stężenia gazów, parametrów wentylacji itp. Wyjątkiem w tym zakresie jest jedynie program HESTIA (Sikora 2003), który realizuje procedury przewidziane w kompleksowej metodzie oceny stanu zagrożenia tapaniami (Zasady... 1996). Generalnie, systemy te stanowią bazy danych z rozbudowanymi prezentacjami gromadzonych informacji. Najczęściej brak w nich:

- opcji rejestracji decyzji związanych ze zwalczaniem zagrożeń,
- rejestracji skutków przedsięwzięć profilaktycznych,
- powiązania personalnej odpowiedzialności za wydawane i realizowane decyzje,
- integracji danych dotyczących wszystkich występujących w danym miejscu zagrożeń,
- rozbudowanych funkcji powiadamiania o stanach krytycznych upoważnionych osób funkcyjnych, niekoniecznie związanych z ich obecnością w centrum dyspozycyjnym,
- syntezy ocen stanów zagrożeń, czy też
- oceny ryzyka zawodowego.

W niniejszym artykule odnosić się będziemy wyłącznie do naturalnych zagrożeń górniczych, chociaż koncepcja rozwiązania systemu uwzględni docelowo możliwość objęcia nim wszystkich zagrożeń.

W polskich kopalniach węgla kamiennego powszechnie występują zagrożenia naturalne – można stwierdzić, że pod tym względem Górnoląskie Zagłębie Węglowe należy do najbardziej zagrożonych w świecie. Występowanie tych zjawisk ma ścisły związek z bezpieczeństwem pracy w kopalniach i znajduje swoje odzwierciedlenie praktycznie we wszystkich najistotniejszych aspektach funkcjonowania tych zakładów. Z tego też powodu stanowią one bardzo ważny aspekt zarządzania ruchem kopalń.

Realizacja procesu zarządzania zagrożeniami górniczymi w kopalniach, organizacyjnie oparta jest o odpowiednie służby ich prewencji oraz służby dyspozytorskie ruchu. Stan ten wynika z Prawa geologicznego i górniczego, które w artykule 73 stwierdza, że:

*Art. 73.*

*Przedsiębiorca jest obowiązany w szczególności:*

- 1) rozpoznawać zagrożenia związane z ruchem zakładu górniczego i podejmować środki zmierzające do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń, w tym oceniać i dokumentować ryzyko zawodowe występujące w ruchu zakładu górniczego oraz stosować niezbędne środki profilaktyczne zmniejszające to ryzyko,*
- 2) posiadać odpowiednie środki materialne i techniczne oraz właściwie zorganizowane służby ruchu do zapewnienia bezpieczeństwa pracowników i bezpieczeństwa ruchu zakładu górniczego.*

Również w przepisach prawnych niższej rangi, np. w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. stwierdza się między innymi, co następuje:

- § 8. 1. W zakładzie górniczym powinna być zorganizowana i wyposażona w odpowiednie środki techniczne służba dyspozytorska ruchu.  
2. Zadaniem służby dyspozytorskiej ruchu jest bieżąca kontrola ruchu i stanu bezpieczeństwa wykonywania pracy.
- § 28. 1. Zakład górniczy wyposaża się w:  
(...)  
b) system kontroli stanu zagrożeń.
- § 309. W zakładzie górniczym ... powinna być zorganizowana służba zwalczania zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.
- § 325.1. W zakładach górniczych ... organizuje się:  
1) służby do spraw tępań,  
2) stacje geofizyki górniczej, (...)
- § 347.1. Zakład górniczy powinien posiadać:  
1) odpowiednio zorganizowaną i wyposażoną służbę przeciwpożarową.

W praktyce w kopalniach GZW w różnych konfiguracjach występuje zagrożenie pożarowe, metanowe, pyłowe, tąpnięciami, klimatyczne, wodne, radiacyjne, a ostatnio ujawnia się zagrożenie wyrzutami metanu i skał. Każde z tych zagrożeń posiada odpowiednio zorganizowane służby prewencji. Funkcjonowanie tych służb jest wspierane przez różnorodne automatyczne systemy monitoringu oraz programy wspomagające zarządzanie zagrożeniami. Wraz z obowiązującym systemem regulacji prawnych i wydawanymi decyzjami administracyjnymi stanowią one źródło informacji dla decydentów – osób funkcyjnych odpowiedzialnych za zarządzanie zagrożeniami górniczymi. Informacje te posiadają różny stopień szczegółowości i wiarygodności, zwykle akceptowalny w odniesieniu do pojedynczych zagrożeń. Jednakże w praktyce często zagrożenia występują wspólnie, tworząc tzw. zjawisko zagrożeń skojarzonych, mogące skutkować odmiennymi jakościowo i ilościowo stanami zagrożenia bezpieczeństwa pracy. Również nakaz określania ryzyka zawodowego powoduje konieczność uwzględniania współwystępowania zagrożeń. W takich przypadkach wiarygodność pozyskiwanych o zagrożeniach informacji jest znacznie mniejsza.

Wszystkie znane i stosowane systemy monitoringu zagrożeń, oceny ich stanów oraz systemy wspomaganie zarządzania zagrożeniami nie umożliwiają wspólnej, syntetycznej oceny stanu zagrożeń górniczych oraz odpowiadającej jej oceny ryzyka zawodowego. Budowany zintegrowany system zarządzania zagrożeniami musi korzystać z informacji zbieranych przez istniejące w kopalniach systemy, a docelowo spełniać również warunek oceny stanu zagrożeń skojarzonych i oceny ryzyka.

Stosowane w kopalniach informatyczne systemy wspomagające zarządzanie bezpieczeństwem, można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- systemy monitoringu stanów i przejawów zagrożeń,
- systemy dyspozytorskie nadzoru ruchu kopalni.

Do pierwszej grupy można zaliczyć między innymi:

- system monitorowania zagrożeń metanowo-pożarowych SMP-NT,
- system mikrosejsmiczny ARAMIS M,
- system przetwarzania i wizualizacji zjawisk sejsmicznych ARAMIS Win,
- system sejsmoakustyczny ARES-5,
- system obserwacji sejsmologicznych SOS GIG,
- system HESTIA.

Grupę drugą tworzą natomiast między innymi:

- system ZEFIR,
- system SD2000,
- system dyspozytorski MINTECH,
- system wspomaganie akcji ratowniczej SWAR-1,
- system monitorujący pracę kombajnu ścianowego SMOK.

Osobną grupę rozwiązań stanowią infrastruktury integrujące istniejące i funkcjonujące w kopalniach systemy monitoringu, kontroli i zarządzania zagrożeniami. Częściowo realizują one funkcje syntezy

oceny stanu wielu zagrożeń, jednak ich zasadniczym celem jest aktywna ochrona (awaryjne wyłączenie energii elektrycznej, urządzeń i maszyn, kierowanie wycofywaniem ludzi itp.) ludzi i wyrobisk.

Dla zobrazowania najważniejszych cech systemów monitoringu zagrożeń oraz systemów dyspozytorskich przedstawiono wybrane ich przykłady.

### System obserwacji sejsmologicznych SOS GIG

System obserwacji sejsmologicznych SOS produkcji GIG składa się z cyfrowej aparatury sejsmologicznej AS1-SEISGRAM (rys. 1 I RYS. 2)) do automatycznej rejestracji i analizy wstrząsów górotworu oraz programu MULTILOK służącego do analizy i obrazowania rejestrowanych wstrząsów.



Rys. 1. Zestaw powierzchniowej aparatury systemu SOS



Rys. 2. Geofon

Charakterystyka techniczna aparatury AS1-SEISGRAM (Rys. 3):

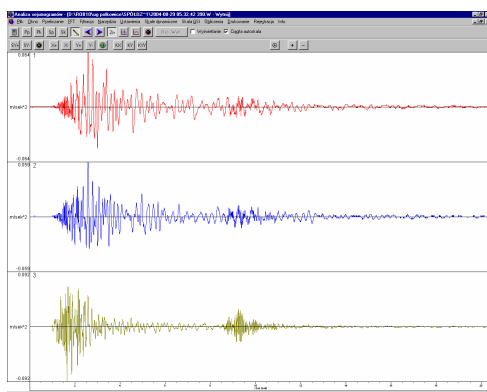
- liczba kanałów..... 16,32 lub 64,
- zakres częstotliwości..... od 1 do 3000 Hz (wybiera użytkownik),
- próbkowanie sygnału..... 16-bitowe,
- zakres napięć wejściowych sygnału.....  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 2,5$  V,  $\pm 1,25$  V,
- automatyczne wyzwalanie zapisów wstrząsów,
- system ciągłego zapisu danych,
- zapisywanie wszystkich rejestracji w bazie danych o wstrząsach,
- system operacyjny..... Windows XP, Windows 2000, Windows 98,
- sposób detekcji sygnałów z użyciem komunikacji międzyprocesowej (interprocess communication) oraz procesy wielowątkowe (multithread processing),
- synchronizacja czasu systemowego..... GPS lub DCF,
- zasilanie..... 220 V.



Rys. 3. Linia transmisyjna

#### Charakterystyka oprogramowania

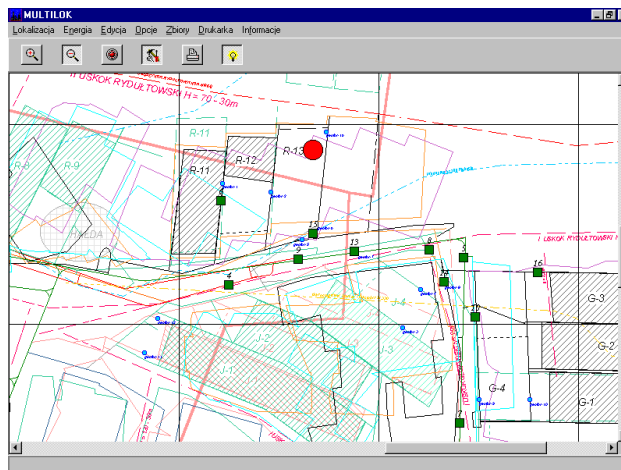
- prezentacja graficzna zarejestrowanych wstrząsów (rys.4),
- analiza fouriera (FFT),
- filtracja częstotliwościowa sejsmogramów (w celu wycinania szumów i zakłóceń),
- różniczkowanie i całkowanie sejsmogramów,
- korekcja linii bazowej,
- wydruki sejsmogramów na dowolną drukarkę i wpisywanie plików graficznych do innych programów (np. WORD),
- zapis grafiki do plików wektorowych typu windows metafile,
- eksport i import sejsmogramów w plikach ASCII.



Rys. 4. Przykładowy obraz sejsmogramu

#### Charakterystyka programu MULTILOK:

- cztery nowoczesne algorytmy lokalizacji ognisk wstrząsów w wariacie płaskim i przestrzennym,
- obliczenia energii wg definicji, całki z sejsmogramu prędkości i metodą spektralną,
- informacja o błędzie dopasowania czasów w procesie lokalizacji na poszczególnych stanowiskach sejsmometrycznych,
- wprowadzanie różnych modeli prędkościowych górotworu,
- obliczanie nowych informatywnych parametrów źródła wstrząsu: moment sejsmiczny, spadek naprężeń, przemieszczenia w ognisku, energy index,
- drukowanie wyników analizy wstrząsów na tle mapy wyrobisk, tektoniki i innych elementów (rys.5)
- możliwość bezpośredniego wykorzystywania sejsmogramów do analizy stanu zagrożenia sejsmicznego metodą tomografii pasywnej.



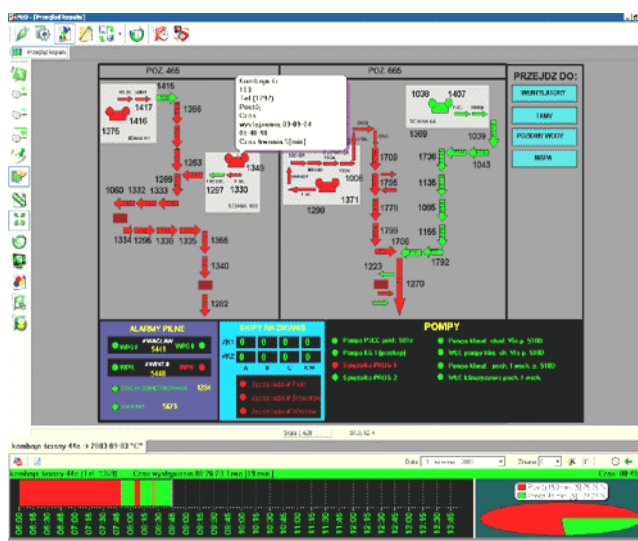
Rys. 5. Lokalizacja ogniska wstrząsu na tle mapy eksploatowanego pokładu

### System dyspozytorski SD2000

System SD2000 sprawuje stały nadzór nad funkcjonowaniem większości istotnych procesów technologicznych oraz stanami zagrożeń górniczych, celem skutecznego zarządzania procesem produkcyjnym i bieżącą kontrolą stanu bezpieczeństwa pracy. Źródłem danych dla systemu są czujniki, kontrolujące pracę maszyn i urządzeń, czujniki testujące parametry atmosfery kopalnianej, jakość urobku itd. System SD2000 korzysta z informacji zbieranej przez inne podsystemy monitorowania. W systemie SD2000 zastosowano system zarządzania relacyjną bazą danych SQL Server 2000 firmy Microsoft. W szczególności umożliwia:

- szybki i łatwy dostęp do danych bieżących i archiwalnych,
- poprawę efektywności reagowania w stanach awaryjnych,
- możliwość tworzenia zaawansowanych zestawień długoterminowych analiz w oparciu o techniki: bazodanowe, systemy informacji przestrzennej (GIS) oraz systemy ciągłego monitorowania produkcji (SCADA),
- poprawę wydajności produkcji,
- poprawę bezpieczeństwa pracy,
- zmniejszenie kosztów produkcji i serwisu.

Struktura systemu SD2000 opiera się na relacji klient-serwer. Do jednostek gromadzących i przechowujących informacje, dostęp posiadają jedynie uprawnione osoby funkcyjne ujęte w strukturze organizacyjnej kopalni. Funkcje wizualizacji i raportowania realizowane są przez stacje klienta (Rys.6).



Rys. 6. Wizualizacja procesów technologicznych w systemie SD2000

Podstawowe funkcje systemu SD2000:

- wizualizacja i monitorowanie procesów technologicznych oraz kontrola zagrożeń naturalnych na różnych poziomach dozoru kopalnianego na planszach, mapach i schematach przygotowywanych na bieżąco przez służby kopalniane,
- alarmowanie o stanach krytycznych,
- ostrzeganie o stanach zagrożeń, rejestracja zmiennych procesowych,
- prezentacja na ekranach monitorów i ścianach graficznych stanu pracy i zagrożeń na tle rzeczywistych map kopalni w układzie przestrzennym oraz na planszach technologicznych,
- raportowanie:
  - zdarzeń w kopalni,
  - informacji bilansowo-statystycznych,
  - danych w postaci zestawień, tabel i wykresów,
- archiwizacja danych,
- zdalna diagnostyka, serwis i pielęgnacja oprogramowania systemu.

Systemy wchodzące w skład systemu dyspozytorskiego:

- zintegrowany system iskrobezpiecznej łączności telefonicznej i dyspozytorskiej alarmowo-rozgłoszeniowej STAR,
- urządzenie do transmisji wolnozmiennych sygnałów analogowych i dwustanowych UTS,
- system monitorowania procesów technologicznych MPT,
- system monitorowania parametrów środowiska w kopalni SMP-NT,
- system sterowania tablicą synoptyczną UST,
- system sterowania wyjściami dwustanowymi USP,
- zintegrowany iskrobezpieczny system transmisji ZIST,
- system prezentacji, analiz i raportowania NEO/MORPHEUS.

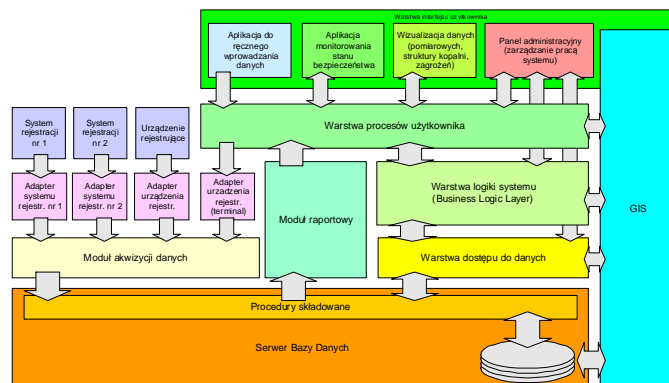
## **KONCEPCJA ARCHITEKTURY ZINTEGROWANEGO SYSTEMU INFORMATYCZNEGO WSPIERAJĄCEGO ZARZĄDZANIE ZAGROŻENIAMI GÓRNICZYMI**

System informatyczny wspierający zarządzanie zagrożeniami górnictwem powinien pełnić następujące funkcje:

- integracja, poprzez repozytorium danych, informacja pomiarowa, pochodząca z różnorodnych systemów informatycznych funkcjonujących w kopalniach oraz pomiarów dokonywanych ręcznie,
- składowanie informacji przetworzonej, opisującej zjawiska zidentyfikowane w kopalni (np. wstrząsy),
- składowanie informacji dotyczącej struktury kopalni oraz powiązanie jej z informacją pomiarową oraz dotyczącą zjawisk,
- przetwarzanie informacji, szczególnie pod kątem identyfikacji zagrożenia oraz wymuszenie obiegu informacji związanej z zagrożeniem w zakładzie górnictwem,
- wizualizacja zgromadzonej informacji.

Oprócz przedstawionej listy, system musi dawać do dyspozycji swoim użytkownikom narzędzia wspomagające administrowanie nim oraz ochronę dostępu, a także możliwość sporządzania raportów dostosowanych do wymogów danej kopalni. Biorąc pod uwagę zakres gromadzonej informacji oraz potencjalny zbiór użytkowników systemu (rozumianych także jako współpracujące z nim inne systemy komputerowe), należy stwierdzić, że opracowywane rozwiązanie będzie należało do klasy dużych systemów, pełniących istotną rolę w funkcjonowaniu przedsiębiorstwa (klasa Enterprise). Choć funkcjonalność działającego w obrębie zakładu górnictwem systemu będzie udostępniona jedynie wybranej grupie użytkowników, należy zwrócić uwagę na dobre skalowanie się systemu, a przede wszystkim na jego efektywność pracy. Należy przy tym zauważyć, że część zadań będzie musiała być realizowana przez system w ścisłych uwarunkowaniach czasowych.

W celu zapewnienia należytej elastyczności oraz efektywności systemu, został on zaprojektowany jako aplikacja warstwowa (rys. 7).



Rys. 7. Architektura systemu wspierającego zintegrowane zarządzanie zagrożeniami górnictwem

## ZINTEGROWANY SYSTEM ZARZĄDZANIA ZAGROŻENIAMI GÓRNICZYMI

Ze względu na założony szeroki zakres funkcjonalności udostępnianej przez projektowany system, przyjęto, że jego projektowanie oraz implementacja będą miały charakter iteracyjny. Przewiduje się przeprowadzenie co najmniej trzech cykli (analiza, projektowanie, implementacja, stabilizacja, wdrożenie) przed osiągnięciem przez system założonej funkcjonalności. Doświadczenia zebrane przy opracowywaniu każdej z iteracji będzie wykorzystywane przy opracowywaniu iteracji następnej. W obrębie realizowanych przez system zadań konieczne będzie ustalenie hierarchii, mającej na celu wyodrębnienie tych z nich, które mają najistotniejsze znaczenie z punktu widzenia planowanych zastosowań. Rozwiązanie takie pozwoli na wyodrębnienie tych elementów systemu, dla których konieczne będzie stworzenie środowiska wykonania pozwalającego na ich realizację w możliwie krótkim (najlepiej przewidywalnym) czasie. Ta część realizowanego oprogramowania będzie posiadała cechy systemu czasu rzeczywistego. Należy jednak nadmienić, że na obecnym etapie proponowane jest jedynie wyodrębnienie bloku uprzywilejowanych zadań i co najwyżej zapewnienie wykonania ich przez system jako priorytetowych.

Podstawową cechą przyjętej architektury wielowarstwowej jest separacja opisu funkcji dostarczanych przez każdą z warstw od sposobu jej realizacji. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwa jest zmiana sposobu działania każdej z warstw bez konieczności modyfikacji kodu korzystającego z jej usług. Rozwiązanie to powinno pozwolić na uzyskanie założonej elastyczności systemu i ułatwienie dostosowania go do potrzeb konkretnego zakładu górnictwa. Zakresy funkcjonalności realizowane przez poszczególne warstwy są następujące:

**Repozytorium danych (serwer danych)** odpowiedzialny za fizyczne składowanie danych przetwarzanych przez system, stanowi podstawę jego funkcjonalności.

**Warstwa dostępu do danych** odpowiada za przesyłanie danych z i do repozytorium, niezależniąc tym samym resztę systemu od jego rzeczywistej struktury i implementacji. W warstwie tej odbywa się też przekształcanie danych z formatu wykorzystywanego w repozytorium na format wykorzystywany w pozostałej części aplikacji.

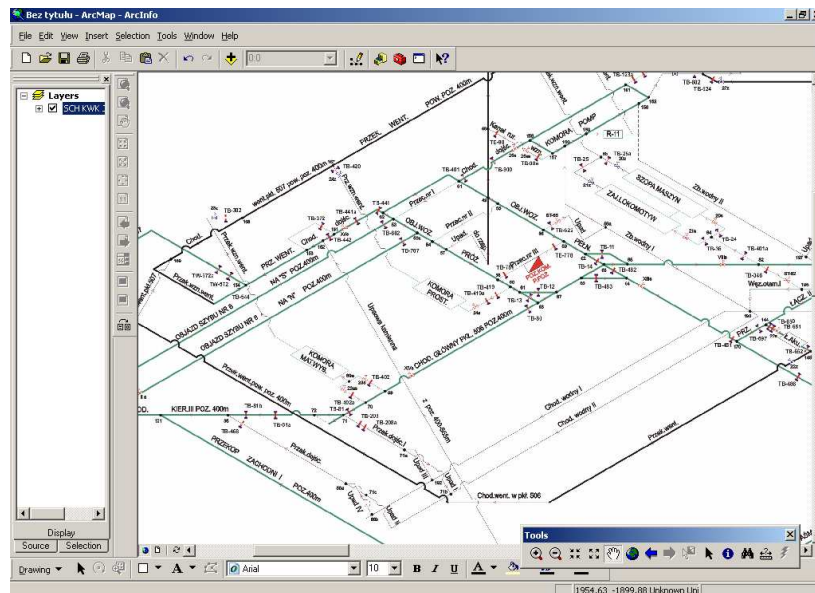
**Warstwa logiki systemu** odpowiedzialna jest za przetwarzanie danych. W tej warstwie zamknięte są komponenty odpowiedzialne za realizację funkcji systemu. Ma ona kluczowe znaczenie z punktu widzenia algorytmów realizowanych przez system.

**Warstwa procesów użytkownika i interfejsu użytkownika** odpowiedzialna jest za zorganizowanie sposobu interakcji systemu z użytkownikiem oraz dostosowaniem wprowadzanych i wykorzystywanych przez niego formatów danych do wymogów systemu.

**Moduł akwizycji danych i Adaptery Systemów Rejestracji** odpowiedzialne są za wymianę danych między wdrożonymi na kopalniach systemami a projektowanym systemem.

**Moduł raportowy** ma za zadanie pobranie informacji z repozytorium danych, jej przetworzenie i przedstawienie użytkownikowi. Zakłada się że w nim będą zawarte algorytmy służące zaawansowanej analizie danych.

**Komponent GIS** będzie elementem, o który zostanie rozwiązana wizualizacja zgromadzonej w systemie informacji, a zwłaszcza jej aspekt mający charakter przestrzenny (rys. 8).



Rys. 8. Przykładowa wizualizacja struktury kopalni przy wykorzystaniu komponentu GIS

Z punktu widzenia użytkownika najistotniejszym elementem jest aplikacja umożliwiająca bezpośrednią interakcję z systemem. Zastosowanie architektury warstwowej sprawia, że interfejs użytkownika pełni rolę nakładki na funkcjonalność systemu, umożliwiającej łatwe z niej skorzystanie. Takie rozwiązanie pozwala na stosunkowo proste dostosowanie wyglądu aplikacji do potrzeb określonej grupy użytkowników oraz na utworzenie zestawu kilku aplikacji dedykowanych dla wyodrębnionych zadań. W ramach tworzonego systemu przewiduje się utworzenie 3 aplikacji: panelu administracyjnego systemu, aplikacji operatorskiej do ręcznego wprowadzania danych, aplikacji użytkownika przeznaczonej do prowadzenia standardowych prac z systemem. Panel administracyjny oraz aplikacja przeznaczona dla operatorów mają charakter zamknięty, tzn. możliwości konfiguracji ich sposobu działania oraz wyglądu będą z założenia ograniczone, natomiast aplikacja użytkownika będzie zbudowana w oparciu o zestaw paneli osadzonych w głównym oknie aplikacji. Każdy z paneli będzie realizował wybrane elementy z zakresu funkcjonalności systemu. Osadzanie paneli w oknie głównym aplikacji będzie się odbywało dynamicznie, w momencie jej startu. To, jakie panele będą uruchamiane, będzie zależało od wymagań i uprawnień użytkownika logującego się do systemu i będzie mogło być konfigurowane w trakcie działania systemu za pomocą wspomnianego panelu administracyjnego. W kolejnych fazach rozbudowy systemu przewiduje się uzupełnienie systemu o aplikację internetową, dającą zdalny dostęp do systemu (w ograniczony sposób).

Implementacja systemu zostanie przeprowadzona w oparciu o platformę .NET Framework 2.0, a docelowym systemem operacyjnym będzie MS Windows Server 2003 wraz z MS SQL Server 2005 (część serwerowa) oraz MS Windows XP/Vista. Prace programistyczne zostaną wykonane przy użyciu pakietu MS Visual Studio 2005.

## PODSUMOWANIE

W artykule przedstawione zostały założenia przyjęte podczas opracowywania koncepcji systemu informatycznego przeznaczonego do wspomaganie zintegrowanego zarządzania zagrożeniami górnictwem. Na podstawie tych założeń opracowano charakterystykę systemu oraz przygotowano koncepcję jego architektury i implementacji. Wybrana została także platforma sprzętowa i programowa oraz środowisko programistyczne. Przedstawione rozwiązanie powinno umożliwić utworzenie systemu cechującego się nie tylko skalowalnością i efektywnością, ale również dużą elastycznością, rozumianą zarówno jako możliwość modyfikacji pracy poszczególnych jego elementów, jak również rozbudowy o nową funkcjonalność. W chwili obecnej w Głównym Instytucie Górnictwa trwają prace nad utworzeniem pierwszej, prototypowej wersji systemu.