



Artur DYCZKO\*, Dawid KOŁOMAŃSKI\*\*, Iwona KOWALCZYK\*

## Modelowanie blokowe skał stropowych pokładów węgla LW Bogdanka SA

Streszczenie: Znajomość charakterystyki górotworu, wyrażonej ogólną jakością mas skalnych wraz z kombinacjami różnych parametrów geologicznych odgrywa istotną rolę w trakcie prowadzenia eksploatacji. Na podstawie tej informacji o górotworze wybierana jest technika eksploatacji złoża oraz projektowany taki sposób kierowania stropem, aby maksymalnie ograniczyć niebezpieczeństwo wystąpienia obwałowań. Niestety często litologia skał stropowych jest tak zmienna, że trudno przewidzieć sposób ich zachowania się, zwłaszcza w momencie naruszenia górotworu eksploatacją. Aktualnie jednym z najczęstszych niekorzystnych zjawisk towarzyszących eksploatacji (zwłaszcza cienkich pokładów węgla) związanych z właściwościami stropu jest jego opad w postaci skały płonnej. Jej pojawienie się w urobku powoduje dodatkowe koszty oraz wpływa na obniżenie parametrów jakościowych produktu handlowego. Szczególnie problematyczne jest to zjawisko w przypadku prowadzenia eksploatacji strugowej, gdzie część stropu w wyrobiskach eksploatacyjnych jest odsłonięta (Dyczko i in. 2015). Artykuł przedstawia opis metodyki prowadzenia na bieżąco szczegółowych badań litologii skał stropowych pokładu węgla w chodnikach przyścianowych oraz w ścianach eksploatacyjnych wraz z postępem ściany. Jak wynika z prowadzonych badań, prognozowanie wielkości opadu stropu na etapie planowania robót górniczych może być istotną wskazówką dla zastosowania odpowiednich środków zaradczych, aby zminimalizować to zjawisko jeszcze przed uruchomieniem ściany. Może to znacząco obniżyć koszt prowadzonego procesu wydobywczego. Do prognozowania wielkości opadu skał przypokładowych posłużono się modelowaniem blokowym, dzięki któremu z powodzeniem określono ilość skały płonnej z opadu stropu, jaka może zanieczyścić urobek w analizowanej parceli wydobywczej.

W artykule przedstawiano sposoby modelowania opadu skał stropowych będące efektem prac Zespołu Pracowni Pozyskiwania Surowców Mineralnych IGSMiE PAN i LW Bogdanka SA. W przyszłości proponowana metodyka może być wykorzystana do analizy przebiegu opadu stropu oraz wyliczenia masy opadających skał stropowych oraz kalibracji systemu ciągłego pomiaru jakości urobku w wyrobiskach górniczych.

Słowa kluczowe: opad skał stropowych, geologiczny model złoża, modelowanie blokowe, zanieczyszczenie urobku, LW Bogdanka

\* Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;  
e-mail: arturdyczko@min-pan.krakow.pl

\*\* Mgr inż., LW Bogdanka SA, Puchaczów

## **Block modeling roof coal seam in LW Bogdanka SA**

**Abstract:** Knowledge of the characteristics of the rock mass, expressed in terms of the overall quality of rocks, including combinations of different geological parameters and their relative significance to the whole rock mass, plays an important role in the course of mining operation. With this information we select the technique of mining the deposit and try to protect the roof to minimize the roof fall. Unfortunately, the lithology of roof rocks is often so variable that it is difficult to exactly predict their behavior, especially when the rock mass is violated by exploitation. Currently, one of the most of characteristic unfavorable phenomena related to the roof's properties accompanying the mining operation, in particular mining of thin coal seams is the roof fall. Its appearance in the winning generates additional costs and reduces the quality parameters of the commercial product. This phenomenon is particularly problematic in the case of plow exploitation, where part of the roof in mining excavations is exposed. The article presents a description of the methodology of conducting detailed studies of roof rock lithology of the coal seam in longwall headings and in the longwalls with the current progress of the longwall. As it is clear from the conducted research, forecasting the size of roof fall in the planning stage of the mining operation can be an important indication for the use of appropriate measures to minimize this phenomenon before commencing the longwall, which can significantly reduce the cost of the mining process. To predict the amount of roof fall of the by-seam rocks, block modeling was used, through which the amount of waste rock from the roof fall was successfully determined, which can contaminate the output in the analyzed mining area. The article presented ways of modeling roof fall of rocks which are the result of the works of the Department of Acquisition of Mineral Resources of the Polish Academy of Sciences and LW Bogdanka SA. In the future, the proposed methodology can be used for analysis of the roof fall, for calculating the mass of the roof fall and calibration of continuous system for measuring the quality of the winning in the mine workings.

**Keywords:** roof fall, geological deposit model, block modeling, contaminants in the winning, LW Bogdanka

## **Wprowadzenie**

W kopalniach węgla kamiennego jednym z podstawowych źródeł występowania skały płonnej w urobku jest zjawisko opadu stropu. Powoduje ono zwiększenie zanieczyszczenia urobku skałą płoną, co z kolei zwiększa koszty operacyjne kopalni (Kryj i in. 2011).

Eksploatacja coraz cieńszych pokładów, stosowanie technologii strugowej, wzrastająca prędkość postępu eksploatacji – wszystkie te czynniki wpływają w istotny sposób na czystość wybierania pokładów węgla.

W kopalni Bogdanka w przeciągu ostatnich kilku lat nastąpiły znaczące zmiany w technice urabiania węgla w związku z tym, iż rozpoczęto przemysłową eksploatację pokładów cienkich poniżej 1,5 m (Stopa i Kurek 2016).

W niskich ścianach kombajnowych istnieje zarówno naturalna, jak i wymuszona wymiarami geometrycznymi urządzeń ścianowych tendencja do zwiększania wysokości ściany, co najczęściej realizowane jest poprzez przybieranie spągu oraz stropu pokładu. Prowadzi to do pogorszenia jakości urobku.

Mając to na uwadze oraz dbając o racjonalne i efektywne zagospodarowanie posiadanych zasobów węgla zalegających w pokładach o małej miąższości, LW Bogdanka SA uruchomiła eksploatację węgla z zastosowaniem techniki strugowej (Dyczko i in. 2011, 2014).

Zmiana technologii eksploatacji spowodowała, że uzysk węgla ze ścian strugowych stał się silnie uzależniony od czynników wpływających na pojawianie się skały płonnej w urobku, co spowodowało, że zaczęto szukać metod prognozowania skłonności skał stropowych do opadu, aby określić jego wielkości oraz pomóc w optymalizacji procesu urabiania, zwłaszcza pod kątem ustalenia sposobów kierowania stropem (Kicki i in. 2015).

W celu określenia wpływu opadu stropu na koszty produkcji, Zespół Pracowni Pozyskiwania Surowców Mineralnych IGSMiE PAN w Krakowie prowadził na bieżąco szczegółowe badania litologii skał stropowych węgla w chodnikach przyścianowych oraz ścianach eksploatacyjnych wraz z postępowaniem ściany, a następnie na ich podstawie wykonał model blokowy skał stropowych, który w przyszłości może być wykorzystany do analizy przebiegu opadu stropu, wyliczenia masy opadu stropu oraz kalibracji ciągłego systemu pomiaru jakości urobku w wyrobiskach górniczych.

## 1. Geologia skał stropowych w LZW

W literaturze przedmiotu (Gabzdyl 1987; Krajewski 1955; Zdanowski 1999; Dodatek nr 3) geologia skał przystropowych pokładów węgla eksploatowanych obecnie w Lubelskim Zagłębiu Węglowym (LZW) jest stosunkowo szeroko opisana, stanowią ją zazwyczaj ilowce popielate o poddzielności zbliżonej do równoległej, gęsto spękane, z konkrekcjami syderytów różnych rozmiarów, nierzadko ze skamieniałościami roślinnymi, bądź ilowce wyraźnie laminowane i smugowane substancją syderytową (ilowce syderytyczne). Częstość zjawiskiem jest występowanie w partiach ilowców czy łupków stropowych, cienkich (1–5 mm) warstewek węgla, które decydują o utracie spójności części stropu bezpośredniego. Utwory ilowcowe przy ostukiwaniu ich młotkiem charakteryzują się tzw. głuchym dźwiękiem, który świadczy o obecności bardzo licznych, nawet niewidocznych (nieujawnionych) spękań, sugerujących niebezpieczeństwo albo wręcz pewność opadu skał stropowych.

## 2. Pomiar i obserwacje dołowe

Na przełomie lat 2014 i 2015 Zespół Pracowni Pozyskiwania Surowców Mineralnych IGSMiE PAN poszerzony o grupę młodych geologów z AGH przeprowadził w LW Bogdan-ka SA szereg dołowych obserwacji i pomiarów geologicznych w celu wykonania modelu blokowego skał stropowych z rejonów, w których eksploatację prowadzono techniką strugową. Głównym zadaniem realizowanego projektu było poznanie genezy samego zjawiska, jak i opracowanie algorytmów prognozowania występowania opadu stropu oraz możliwości technicznych jego zapobiegania. Łącznie wykonano 68 profilowań (rys. 1).

Kartowanie ścian było prowadzone co 2–3 dni, odpowiadało to 13–40 mb postępu ściany, dzięki czemu obserwowano zmienność pokładu w poszczególnych rejonach wydobywczych. Ze względu na małą zmienność miąższości pokładu i przerostów, częstotliwość pomiarów w chodnikach została ustalona co 10 m. Co 5 m wykonywano profile jedynie w tych chodnikach, w których obserwowano w skałach przywęglowych występowanie jakichkolwiek, nawet najmniejszych zaburzeń zwykle związanych z pojawieniem się piaskowca. Pomiar realizowano na podstawie przygotowanej i zatwierdzonej instrukcji stanowiskowej przy pomocy dalmierza laserowego, mierząc miąższość pokładu oraz każdej wydzielonej warstwy litologicznej z zaznaczeniem opadu w skałach stropowych. Wyniki obmiaru notowano wraz ze szczegółowym opisem litologicznym skał stropowych widocznych na czole wyrobiska eksploatacyjnego (Dyczko i in. 2015).



Rys. 1. Pomiary i obserwacje geologiczne Zespołu Geologów IGSMiE PAN (Dyczko i in. 2015)

Fig. 1. Geological measurements and observations of the Geologists Team of MEERI PAS (Dyczko et al. 2015)

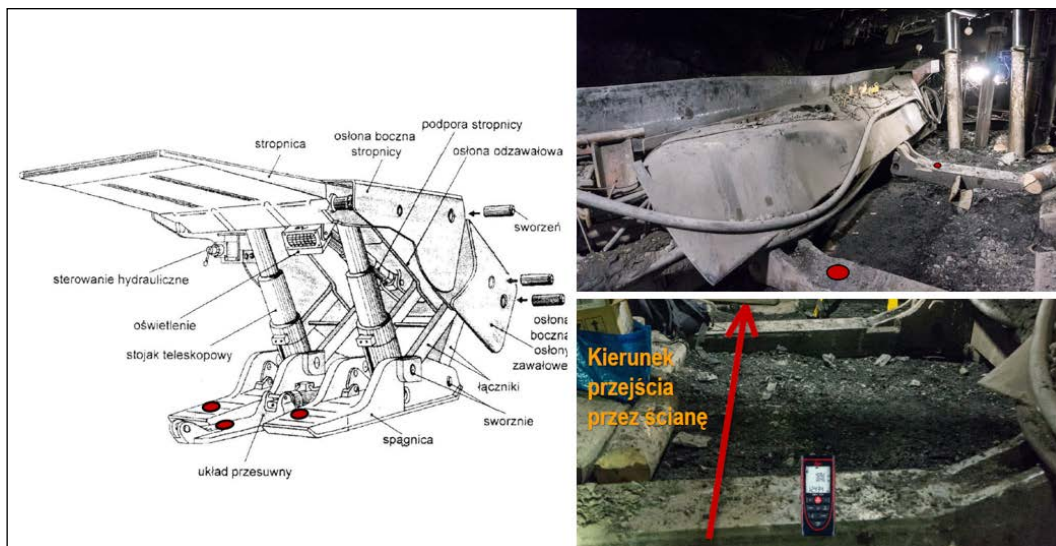
Obmiar ścian, jeżeli była taka możliwość, wykonywano średnio co 20 sekcji. W przypadkach zaciśnięcia ściany, wykonywano pomiary w miejscach najbardziej dostępnych. Dodatkowe pomiary prowadzono w miejscach, w których występowały zaburzenia geologiczne (uskoki, wymycia). W trakcie pomiarów, w miejscach występowania w eksploатовanym pokładzie jakichkolwiek zaburzeń geologicznych lub anomalii wykonywano dokumentację fotograficzną. Na zakończenie każdego obmiaru zespół geologów przeprowadzał pomiar niwelacji spągu pokładu (rys. 2).

Ponadto każdorazowo po wyjściu ze ściany wykonywano pomiar metra bieżącego ściany również w drugim chodniku, który następnie profilowano.

Wyniki obserwacji geologicznych archiwizowano w postaci:

- bazy danych liczbowych,
- rysunków profili ścian, chodników i przodków,
- podlegającej każdorazowo zatwierdzeniu przez geologa górniczego notatce służbowej.

W programie MS Excel stworzono pliki, w których dla każdej ściany w osobnych arkuszach wpisywano wyniki pomiarów. Dane liczbowe wprowadzane do arkuszy kalkulacyjnych zawierały informacje dotyczące oznaczenia wyrobiska (nazwa ściany/chodnika), wybiegu ściany na obu chodnikach (w metrach bieżących ściany), miąższości pomierzonych warstw, litologii, numeru sekcji, przy której wykonywany był pomiar, pomiarów niwelacji, stosunku grubości pokładu do sumarycznej grubości przerostów w nim zawartych, daty,



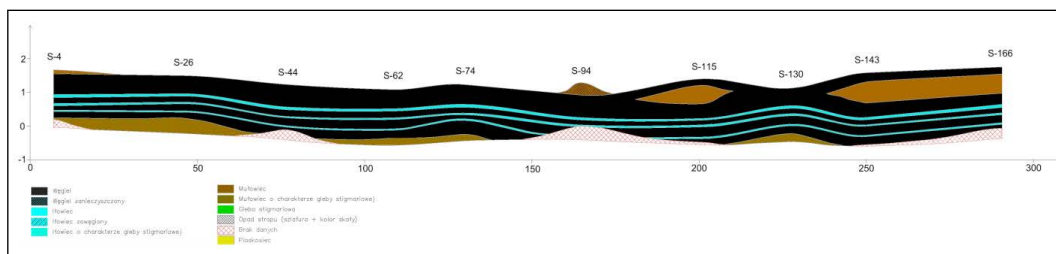
Rys. 2 Procedura pomiaru nachylenia ścian eksploatacyjnych z wykorzystaniem dalmierzy elektronicznych (Dyczko i in. 2015)

Fig. 2. Procedure of measuring of inclination of longwalls with the use of electronic range finders (Dyczko et al. 2015)

wielkości opadu stropu, a także dodatkowych informacji zaobserwowanych podczas prowadzenia obserwacji, m.in. wyniki dodatkowych pomiarów niwelacji, informacji o wystąpieniu uskoków, itp.

Dodatkowo w arkuszu zawarto informację na temat średnich wartości miąższości pokładu, zidentyfikowanych przerostów, miąższości skał stropowych, przybierki spągu, a także wysokości furty eksploatacyjnej. Na podstawie zebranych danych, wykonywano przekroje przez ścianę i chodniki (rys. 3).

Przekroje wykonywano przy zachowaniu skali poziomej, a skalę pionową przewyższono dziesięciokrotnie, każdorazowo odpowiednio je opisywano: nazwą ściany, metrami bieżącymi, numerami sekcji, niwelacją oraz legendą. Kolory i szrafury wykorzystywane na przekrojach ujednolicono, zachowując kolory stosowane obecnie przez geologów z LW Bogdanka. Wykonane zdjęcia archiwizowano na dysku, każde wykonane zdjęcie odpowiednio katalo-



Rys. 3. Przykładowy przekrój geologiczny (Dyczko i in. 2015)

Fig. 3 An example of geological cross-section (Dyczko et al. 2015)



gowano w folderze opisanym nazwą odwiedzanego oddziału, a także datą wykonania zdjęcia. Same zdjęcia opisano numerem sekcji, na której zostały wykonane. W celu podsumowania zgromadzonych informacji wykonywano notatkę służbową, która przekazywana była do zatwierdzenia geologowi górniczemu. W notatce zamieszczano krótkie sprawozdanie z wykonywanych prac od momentu zjazdu, aż do wyjazdu, ze szczególnym uwzględnieniem przebiegu prac pomiarowych, aktualnej sytuacji geologicznej na profilowanej ścianie oraz napotkanych trudności (Dyczko i in. 2015).

### 3. Modelowanie blokowe skał stropowych pokładów węgla LW Bogdanka SA

Modelowanie geologiczne złoża ma na celu jak najlepsze określenie struktury geologicznej złoża oraz ilości i jakości kopaliny w obrębie obszaru górniczego.

W literaturze przedmiotu (Dyczko i in. 2014; Mucha i Wasilewska-Błaszczuk 2010; Nieć red. 2012) model złoża definiowany jest jako przestrzenna wizualizacja złoża jest podstawą prawidłowego zarządzania każdym zakładem wydobywczym. Obecnie jego rola nabiera coraz większego znaczenia również w polskim górnictwie. Docelowo numeryczny model złoża powinien wspierać działania działu geologicznego związane z projektowaniem i prowadzeniem prac geologicznych oraz interpretacją i dokumentowaniem budowy geologicznej złoża.

Dodatkowo cyfrowy model złoża powinien dostarczać innym działom kopalni kompletnych i aktualnych informacji geologicznych, które pozwolą:

- przygotowywać projekty wyrobisk górniczych na bazie cyfrowych map geologicznych zawierających pełne informacje o strukturze złoża i jego jakości,
- tworzyć szybciej i sprawniej harmonogramy robót przygotowawczych i eksploatacyjnych, w których zarówno niektóre założenia harmonogramu, jak i wyniki obliczeń będą bazowały na zamodelowanych danych geologicznych,
- prognozować jakość wydobywanego urobku,
- szybko reagować na zmiany w rozpoznaniu geologicznym złoża wymuszające aktualizację projektów i harmonogramów,
- dostarczać informacji na temat przewidywanego opadu stropu.

Istnieje wiele korzyści z posiadania numerycznego modelu geologicznego złoża, z których najistotniejsze to (Dyczko 2016; Nieć red. 2012; Nieć i in. 1999):

- możliwość przechowywania, w ramach jednego spójnego systemu, pełnej informacji geologicznej o otworach powierzchniowych, dołowych, geotechnicznych, hydrogeologicznych, profilowaniach wyrobisk podziemnych, łącznie z zeskanowaną dokumentacją źródłową otworów,
- możliwość załączenia do profili wykonanych zdjęć geologicznych,
- możliwość przechowywania wyników analiz jakości węgla, wyników badań geomechanicznych oraz obserwacji hydrogeologicznych,
- wizualizacja profili otworów w formie kart otworów według zdefiniowanego szablonu oraz tworzenia zestawień korelacyjnych i graficznego korelowania warstw,
- definiowanie modelu stratygraficznego złoża (definiowanie poszczególnych pokładów węgla i innych jednostek stratygraficznych, definiowanie pięter geologicznych, powierzchni erozyjnych),

- możliwość modelowania zaburzenia pokładów węgla takich jak przerosty, wyklino-  
wania, wymycia, wychodnie, uskoki,
- możliwość modelowania parametrów jakościowych (w szczególności wartości opa-  
łowej, zawartości siarki i popiołu oraz gęstości węgla),
- możliwość modelowania przewidywanego opadu stropu na podstawie modelu bloko-  
wego wykonanego dla wybranych fragmentów złoża,
- obliczanie zasobów złoża oraz strat zasobów,
- dopasowanie/zdefiniowanie sposobu prezentacji wyników modelowania geologicz-  
nego zgodnie z obowiązującymi polskimi normami (mapy, przekroje geologiczne,  
profile wyrobisk).

Aktualnie w LW Bogdanka SA trwają prace wdrożeniowe nad drugą generacją narzędzi informatycznych do modelowania i harmonogramowania procesu wydobywczego. W dniu 2 lutego 2016 roku kopalnia podpisała umowę z IGSMiE PAN oraz z firmami ABB i Deswik na uruchomienie ultranowoczesnego środowiska informatycznego do wielowariantowego planowania górniczego wykorzystywanego bezpośrednio do zarządzania wartością spółki. Fakt ten spowodował, iż w trakcie realizacji prowadzonych badań Zespołowi IGSMiE PAN dane było pracować nad geologicznym modelem złoża „Bogdanka” który wykonywano w oprogramowaniu MineScape firmy ABB (Dyczko 2016).

Oprogramowanie to posiada własne środowisko obliczeniowe, graficzne i raportowe. Zaletą oprogramowania jest pełna integracja Geologicznej Bazy Danych (GDB) z modułami do modelowania złoża. Zastosowane oprogramowanie posiada moduły do modelowania stratygraficznego złoża oraz modelu blokowego. W przypadku wykonania niniejszego projektu, wykonanie obu tych modeli było niezbędne. Dodatkowo oprogramowanie MineScape spełnia następujące wymogi ([www.abb.com](http://www.abb.com)):

- wykorzystuje zróżnicowane metody interpolacji podczas modelowania,
- umożliwia modelowanie parametrów jakościowych węgla (wartość opałowa, zawar-  
tość popiołu, i siarki gęstość),
- pozwala obliczać zasoby złoża oraz straty zasobów,
- potrafi wizualizować model w przestrzeni 2D w zakresie kompozycji mapowych,  
przekrojów geologicznych i profili wyrobisk,
- daje możliwość zapisywania lub eksportowania plików DWG, DXF dla potrzeb wy-  
miany informacji przestrzennych, drukowania i zapisywania plików do formatu PDF,
- pozwala automatyzować działania związane z przeliczaniem wybranych elementów  
modelu geologicznego.

Proces budowy bazy danych geologicznych rozpoczęto od opracowania w tabelach Exce-  
la zestawu danych spreparowanych pod wymogi MineScape’a. Przygotowane w ten sposób  
dane geologiczne zostały wczytane do oprogramowania MineScape – moduł Geologiczna  
Baza Danych (GDB). Na podstawie wykonanego modelu stratygraficznego powstał model  
blokowy dla wybranego fragmentu złoża. Utworzony model miał na celu przedstawienie  
pełnej litologii skał: nadkładu, pokładu oraz przerostów w pokładzie. Wszystko po to aby  
podjąć próbę zamodelowania opadu skał stropowych.

Aby to sprawdzić, z Geologicznej Bazy Danych (GDB) eksportowane zostały dane doty-  
czące litologii w obrębie analizowanego fragmentu złoża. Informacje o litologii wykorzysta-  
ne do budowy modelu pochodziły z wykonanych wcześniej profilowań chodników i ścian.  
Zasięg budowanego modelu blokowego ustalono na 4 m nad pokładem i 3 m pod pokładem,

jak się okazało w trakcie modelowania najbardziej interesującą strefę stanowił pakiet skał stropowych o miąższości około 2 m. Zbudowany model operował wewnątrz bryły, która ogranicza jego obszar, rozmiar komórki macierzystej został ustalony na  $1 \times 1 \times 0,02$  m. Następnie stworzono atrybuty każdej z litologii (rys. 4).

lith descr	lith codes	Color
węgiel humusowy	WH	Black
węgiel zanieczyszczony	WZ	Dark Grey
iłowiec	IC	Cyan
iłowiec zawęglony	IZ	Blue
mułowiec o charakterze gleby (iłowiec o charakterze gleby stigmariowej/gleba stigmariowej)	GLS	Green
mułowiec	MC	Brown
mułowiec zapiaszczony	MZ	Orange
piaskowiec	PC	Yellow
bulwa sfero-syderytowa	BSS	Pink
nieznany	BD	Grey

Rys. 4. Definicje wyświetlania litologii (Dyczko i in. 2015)

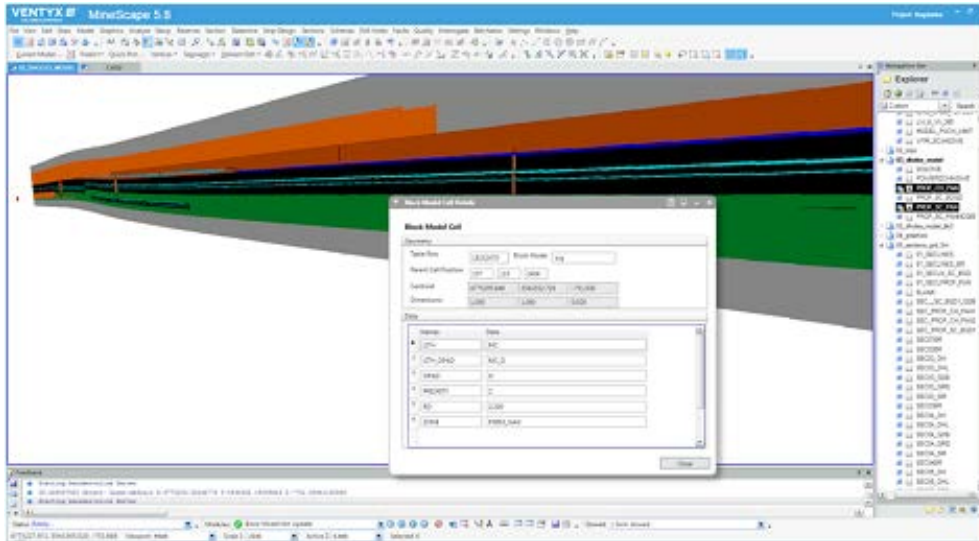
Fig. 4. Definitions display lithology (Dyczko et al. 2015)

Interpolatorem wykorzystanym do modelowania litologii był tzw. poligon wpływu. Dzieli on na połowę odległość między dwoma otworami. W jednym poligonie wpływ na bloki obliczeniowe ma litologia tylko z jednego otworu. Oprogramowanie przypisuje blokom obliczeniowym litologię aż do samej granicy poligonu wpływu, uwzględniając trend zalegania pokładu z modelu stratygraficznego. Dzięki takiemu rozwiązaniu została utrzymana ciągłość przerostów w węglu. Dodatkową zaletą tego rozwiązania była możliwość interpolowania zarówno wartości liczbowych, jak i słownych (np. *lithocode*). W celu wizualizacji opadu stropu do kodu litologicznego wprowadzono przyrostek „O” oznaczający opad pomierzony w czasie profilowań w wyrobisku ścianowym oraz przyrostek „P” oznaczający prognozowany opad dodany na podstawie profilowań chodników przyścianowych. Przez wprowadzenie oznaczeń i stworzenie specyfikacji wyświetlania pokazano na przekrojach: litologię skał stropowych, opad lub jedno i drugie równocześnie, gdzie opad skał i prognozowany opad był oznaczony ciemniejszym odcieniem barwy oznaczającej daną litologię. Zbudowany model pozwalał na przedstawienie przebiegu opadu stropu oraz wyliczenie masy opadu skał stropowych lub wybranej litologii poszczególnych pakietów skał (rys. 5, 6).

W kompletnym modelu geologicznym zawarte są kompleksowe dane opisujące złożę. Tym samym model taki zawiera pełne dane dotyczące jakości i wielkości zasobów kopaliny w rozpatrywanym złożu. W analizowanym podczas trwania projektu rejonie kopalni, w pakiecie skał stropowych, największy procent stanowiły mułowce (średnio 41,2%), nieco mniejszy udział miały iłowce (średnio 38,0%), choć w niektórych rejonach iłowce przeważały nad mułowcami. Stosunkowo niewielki procentowy udział w budowie górotworu w analizowanym rejonie kopalni miały natomiast piaskowce – wahał się on w zakresie 2,8–20,1%, średnio 12,8%.

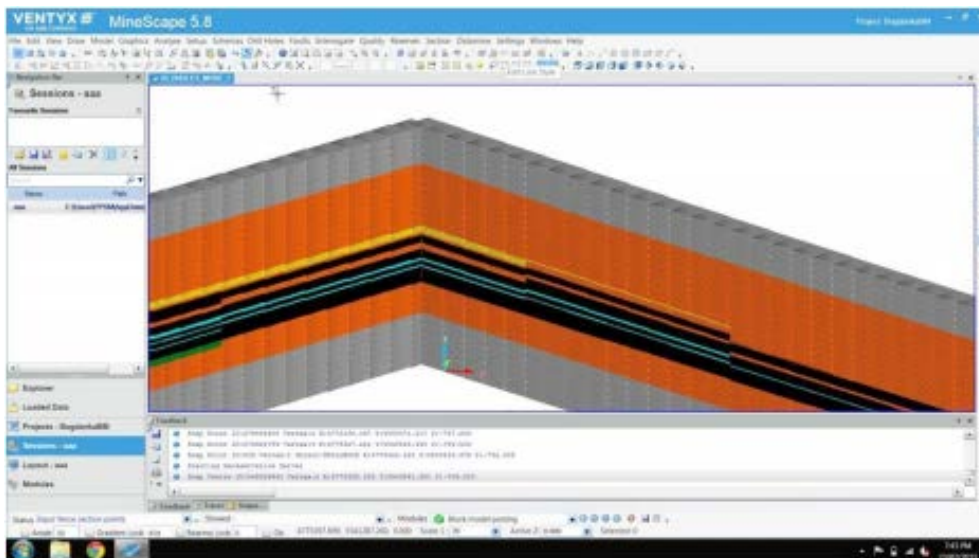
Niejako dla sprawdzenia efektu końcowego modelowania blokowego opadu skał stropowych dokonano na podstawie wyników wykonanych profilowań ścianowych i wyodrębnionych z nich informacji, sumowania miąższości każdej litologii w opadzie oraz przypisano do nich koordynaty X, Y. Mając rozmieszczenie oraz wielkość pomierzonego opadu wygenerowano na ich podstawie mapy izolinowe (rys. 7).





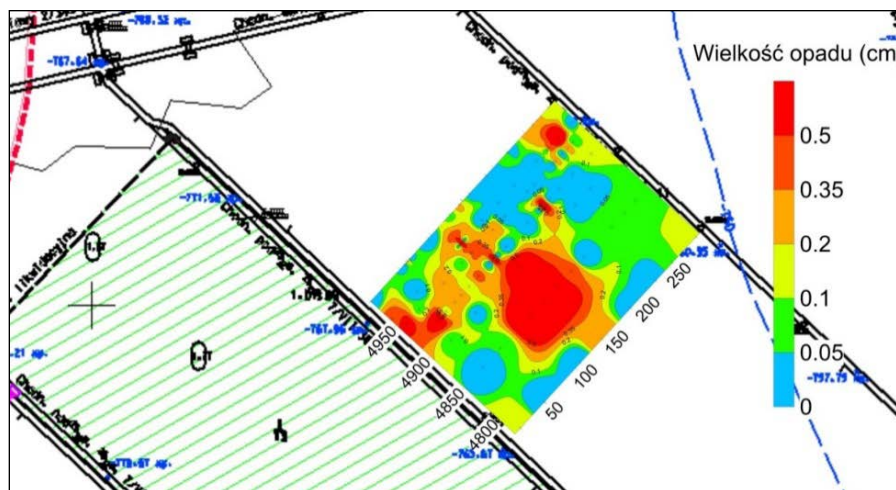
Rys. 5. Model blokowy prognozowanego opadu skał stropowych w chodniku przyscianowym (Dyczko i in. 2015)

Fig. 5. Block model prediction of fallout roof rock in main gate (Dyczko et al. 2015)



Rys. 6. Model blokowy opadu stropu w ścianie (Dyczko i in. 2015)

Fig. 6. Block model of fallout roof rock in the longwall (Dyczko et al. 2015)



Rys. 7. Mapa izolinowa wielkości opadu stropu na fragmencie ściany 6/VII/385 (Dyczko i in. 2015)

Fig. 7. Contour map of the roof fall along a fragment of the longwall 6/VII/385 (Dyczko et al. 2015)

Mapy wykonano oddzielnie dla każdego z analizowanych oddziałów wydobywczych, przy ich tworzeniu zastosowano interpolator odwróconej odległości do potęgi 2 oraz siatkę interpolacyjną co 2 m. Przy generowaniu map zastosowano pięć przedziałów klasowych, przy czym każdy z nich miał inny zakres danych. Spowodowane to było dużą zmiennością opadu wahającego się od 0 do 1,6 m, przy czym większość opadu nie przekraczała 20 cm.

W efekcie prowadzonego modelowania uzyskano mapy izolinowe (rys. 7) wielkości opadu stropu, na których widoczne ciemniejsze wypełnienia przedstawiają miejsca występowania opadu stropu. Jak ustalono w drodze obserwacji geologicznych, zaznaczony opad skał spowodowany był występowaniem w stropie cienkich naprzemianglej warstw mułowca oraz piaskowca smugowanego węglem, które opadały wzdłuż płaszczyzn uławicenia z tendencją do częstego opadania.

### Podsumowanie

LW Bogdanka SA jest jedyną kopalnią w Polsce, w której do planowania i harmonogramowania produkcji wykorzystywany jest pakiet oprogramowania, umożliwiający generowanie harmonogramów robót dla zadanego wariantu rozcinki na podstawie posiadanego modelu złoża.

System, na który składa się szereg narzędzi informatycznych, pozwolił wypracować nowe metodyki projektowania i harmonogramowania produkcji w ścisłym powiązaniu z informacjami dotyczącymi struktury złoża i jego jakości – przełożyło się to wprost na optymalizację planowania i kontroli eksploatacji oraz sterowanie procesem wydobywania węgla, w konsekwencji efektywnie wpływając na racjonalne zarządzanie gospodarką złożem w skali całej kopalni.

W trakcie prowadzenia badań zmierzających do ustalenia genezy opadu skał stropowych w kopalni LW Bogdanka SA wszystkie pokłady węgla wraz z ich parametrami (strop, spąg, miąższość pokładów, przerosty, jakość i parametry chemiczne węgla itd.) zostały zamodelowane jako dwuwymiarowe modele gridowe. Dało to w efekcie ogromną bazę danych o złożu, którą w szybki i prosty sposób można aktualizować w miarę napływu nowych danych, na przykład pochodzących z wierceń rozpoznawczych. Docelowo założono, że wyniki wszystkich obserwacji geologicznych przechowywane będą rozbudowywanym aktualnie systemie mapy obiektowej pozwalającym na jednoczesne przechowywanie informacji geograficznych, jak i informacji opisowych związanych z prowadzonym profilowaniem. Obok informacji dotyczących profilu geologicznego pomiar zawierał będzie także wyniki obserwacji uwzględniających pewne geometryczne wielkości związane z prowadzoną eksploatacją (wielkość opadu stropu, szerokość niepodpartego stropu).

Opracowany w ramach projektu numeryczny model złoża, w którym zawarta jest informacja o opadzie stropu stanowi źródło informacji nie tylko dla działu geologicznego, ale również dla innych działów zakładu górniczego, takich jak: dział planowania produkcji górniczej, kontroli jakości złożem, czy też działów zajmujących się zagrożeniami naturalnymi, a jego poprawność i dokładność może mieć wpływ na wybór sposobu eksploatacji złoża. Rzetelnie wykonany i konsekwentnie aktualizowany model złoża umożliwia zaprojektowanie optymalnego czasoprzestrzennego szczyptywania zasobów złóż w dostosowaniu do pożądaných parametrów handlowych węgla.

Rola geologa górniczego w procesie eksploatacji sprowadza się między innymi do gromadzenia, przetwarzania oraz udostępniania informacji o złożu na potrzeby ruchu zakładu górniczego. Niezależnie od stopnia złożoności budowy złoża, zakres czynności wchodzących w zakres geologicznej obsługi kopalń jest taki sam. W miarę postępu eksploatacji przyrost informacji zwiększa się z czasem. Aby spełnić wymagania stawiane służbie geologicznej kopalń, niezbędne jest wprowadzenie dodatkowego narzędzia informatycznego, jakim jest oprogramowanie do gromadzenia, przetwarzania oraz interpretacji informacji geologicznej (Nycz i Janik 2011).

Podsumowując, należy stwierdzić, iż zbudowany wspólnie przez Zespoły IGSMiE PAN oraz LW Bogdanka model blokowy spełnia zadania dla jakich powstał, co więcej – może, a nawet powinien być rozwijany za pomocą implementacji logiki bieżących obserwacji geologów i górników LWB, tak aby w przypadku występowania bezpośrednio nad węglem warstwy litologicznej mniejszej niż 20 cm, program automatycznie mógł zaznaczyć tę warstwę jako prognozowany opad skał stropowych.

Publikacja zrealizowana w ramach badań statutowych IGSMiE PAN.

## Literatura

- Dodatek nr 3 – Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża węgla kamiennego „Bogdanka” w kategoriach A, B, C1 i C2.
- Dyczko, A. 2016. System wspomaganie zarządzania w LW „Bogdanka” SA – fundament budowy Kopalni Inteligentnych Rozwiązań. *Wiadomości Górnicze* nr 3, s. 230–241.
- Dyczko i in. 2014 – Dyczko, A., Dunst, N. i Galica, D. 2014. Wykorzystanie narzędzi informatycznych do modelowania złoża węgla kamiennego – analiza przypadku. *Wiadomości Górnicze* nr 7–8.

- Dyczko i in. 2011 – Dyczko, A., Kicki, J., Myszkowski, M., Stopa, Z. i Tor, A. *International Mining Forum 2011: new techniques and technologies in thin coal seam exploitation*. Bogdanka.
- Dyczko i in. 2015 – Dyczko, A., Galica, D. i Kowalczyk, I. i inni. *Opracowanie metodyki wykonywania i analizowania dołowych obserwacji geologicznych pod kątem obniżenia ilości skały płonnej i podniesienia dokładności prognoz jakości urobku*. Kraków 2015. Praca niepublikowana.
- Gabzdyl, W. 1987. Petrografia węgla. *Skrypt Uczelniany Pol. Śl.* nr 1337, Gliwice.
- Kicki i in. 2015 – Kicki J., Dyczko A., Kopacz M., i inni. 2015. *Makroekonomiczne uwarunkowania realizacji planów produkcyjnych LW Bogdanka SA*. Praca niepublikowana.
- Krajewski, R. 1955. *Geologiczna obsługa kopalń*. Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne.
- Kryj i in. 2011 – Kryj, K., Szafarczyk, J. i Baic, I. 2011. Problem ekonomicznych skutków urabiania pozapokładowej skały płonnej w kopalniach węgla kamiennego. *Rocznik Ochrona Środowiska* t. 13, s. 1835–1846.
- Materiały wdrożeniowo-szkoleniowe ABB. [Online] Dostępne w: [www.abb.com](http://www.abb.com) [Dostęp: 10.04.2016].
- Mucha, J. i Wasilewska-Błaszczak, M. 2010. Geostatystyka jako narzędzie wspomagające badania polskich złóż – główne kierunki zastosowania. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* Nr 439, Warszawa.
- Nieć, M. red. i oprac. 2012. *Metodyka dokumentowania złóż kopalni stałych Cz. I–IV*. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN.
- Nieć, M. i in. 1999. *Cyfrowe modele złoża i ich wykorzystanie w dokumentowaniu złóż i obsłudze geologicznej kopalń. Optymalizacja wydobywania kopalni przy wykorzystaniu technik informatycznych*. Bogatynia 27–29.10.1999. Katowice: Agencja Wydawnictw i Reklamy Silesia.
- Nycz, J. i Janik T. 2011. *O potrzebie modelowania złoża w warunkach polskich kopalni węgla kamiennego na przykładzie doświadczeń LW „Bogdanka” SA Szkoła Eksploatacji Podziemnej*. Materiały Konferencyjne.
- Stopa, Z. i Kurek, S. 2016. LW „Bogdanka” SA – 40 lat działania na drodze postępu i innowacji. *Miesięcznik Wyższego Urzędu Górniczego* nr 1, Katowice.
- Zdanowski, A. red. 1999. *Atlas geologiczny Lubelskiego Zagłębia Węglowego*. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny.