



Iwona KOWALCZYK*, Dominik GALICA*, Artur DYCZKO*,
Dawid KOŁOMAŃSKI**, Dawid MÓL**

Model geologiczny złoża kopaliny – sposób konstrukcji, rola i znaczenie w procesie planowania i harmonogramowania eksploatacji

Streszczenie: Lubelski Węgiel Bogdanka SA na początku 2015 roku przedstawiła aktualizację strategii spółki do 2020 roku, która zawierała kilka scenariuszy zakładających dalszy rozwój kopalni i eksploatację w obszarach przylegających do OG „Puchaczów V”. Każdy ze scenariuszy budowany był na podstawie geologicznego modelu złoża i harmonogramu produkcji do sczerpania zasobów, przyjmując różne warianty udostępnienia złóż perspektywicznych. Tak przygotowane harmonogramy były podstawą dla konstrukcji modelu ekonomiczno-finansowego spółki na przyszłe lata.

Model złoża to cyfrowa, komputerowa prezentacja złoża kopaliny przedstawiająca wybrane aspekty geologii złoża, w tym jego położenie, geometrię oraz przestrzenne zróżnicowanie jakości. Model złoża to przede wszystkim narzędzie czy też warsztat pracy geologa interpretującego i dokumentującego budowę geologiczną złoża. Ułatwia on stworzenie dokładnego, przestrzennego opisu struktury złoża, jakości kopaliny, warunków hydrogeologicznych, geologiczno-inżynierskich i innych. Możliwości wizualizacyjne stanowiące nieodłączną część narzędzi informatycznych do modelowania złóż ułatwiają zrozumienie budowy geologicznej nawet bardzo skomplikowanych złóż i pozwalają zaprezentować ją w interesujący sposób. Geologiczna baza danych, będąca zwykle elementem systemu do modelowania złoża, ułatwia zarządzanie dużymi zbiorami danych geologicznych i jest niezwykle pomocne przy kontroli jakości tych danych.

Początkiem realizacji każdego planu produkcji jest cyfrowy model złoża, który jest fundamentem efektywnego zarządzania bazą zasobową każdej kopalni. W ocenie praktycznej, prawidłowo wykonany model złoża pozwala na dokładne określenie zasobów geologicznych z uwzględnieniem danych jakościowych i ilościowych. Jest on podstawą dla wariantowej analizy harmonogramów produkcji.

Niniejszy artykuł przedstawia opis procesu tworzenia modelu geologicznego dla złóż perspektywicznych LW Bogdanka SA.

Słowa kluczowe: LW Bogdanka SA, model geologiczny złoża, strategia spółki

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

** Mgr inż., LW Bogdanka SA, Puchaczów

The geological model of deposit – the method of construction, role and meaning in the process planning and scheduling of exploitation

Abstract: At the beginning of 2015, Lublin Coal Bogdanka SA submitted an updated version the Company's strategy to 2020, which included several scenarios which assume continued development and exploitation of mines in areas adjacent to the Puchaczów V mining area. Each scenario was built on the basis of the geological model of the deposit and the production schedule for the exhaustion of resources taking in deposits different variants provide prospective deposits. Based on the calculated schedules, the Company's economic and financial models for the future were created.

The geological model is a digital, computer representation of a mineral deposit, representing some aspects such as: its localization, geometry and spatial differentiation of quality minerals. The deposit model is primarily a tool or workshop for geologist interpreting and documenting the geological structure of the deposit. It facilitates the creation of: an accurate description of the spatial structure of deposits, the quality of the mineral, hydrogeology, geological engineering and others. Visualization is an integral part of the tools for modeling deposits which provides an the understanding of the geological structure of complex deposits and allows the user to present it in an interesting manner. The geological database, which is usually part of the system modeling of the deposit, facilitates the management of large collections of geological data and makes it easier to control the quality of the data.

The beginning of the implementation of each production plan is a digital model of the deposit, which is the base for the effective management of the resource base of each mine. According to practice, the reliable model of the deposit allows geological resources to be measured precisely, taking the qualitative and quantitative data into account. Respective variants are prepared on the basis of the created model.

This article provides a description of the process of creating a geological model for prospective deposits of LW Bogdanka SA.

Keywords: Lublin Coal Bogdanka SA, a geological model of the deposit, the Company's strategy

Wprowadzenie

Kopalnia Bogdanka posiada aktualnie koncesję na wydobycie węgla w dwóch obszarach górniczych „Puchaczów V” (pow. ok. 73 km²) oraz Stręczyn (pow. 9,38 km²). Szacuje się, że zasoby przemysłowe w tych złożach wynoszą około 310 mln Mg. Wystarczalność tych zasobów przy obecnym poziomie wydobycia 8,5 mln Mg rocznie, to około 35 lat (Kicki i in. 2007). W związku z tym, LW Bogdanka SA podjęła działania zmierzające do przedłużenia żywotności kopalni i zainteresowała się graniczącymi z „Puchaczowem V” obszarami perspektywicznymi – Cyców, Ludwin oraz Orzechów. Wielkość zasobów w tych złożach pozwala na eksploatację do około 2082 roku, zakładając obecny poziom wydobycia.

Dynamiczny rozwój sytuacji na rynku węgla kamiennego wywołał konieczność aktualizacji Strategii Rozwoju LW „Bogdanka” SA. Pracownicy LWB wspólnie z IGSMiE PAN zdefiniowali 9 alternatywnych, długoterminowych scenariuszy rozwoju kopalni.

Dla każdego z dziewięciu scenariuszy określono specyficzny plan rozwoju oraz oszacowano wystarczalność zasobów, w przypadku realizacji każdego z nich. Różnice pomiędzy scenariuszami koncentrują się na możliwych kombinacjach wielkości wydobycia. Plany rozwoju w każdym ze scenariuszy determinuje wielkość wydobycia, nakłady inwestycyjne oraz koszty eksploatacji.

Podstawą dla szybkiej i automatycznej pracy nad przyjętymi wariantami był cyfrowy model geologiczny złoża oraz harmonogramy produkcji pozwalające na ich dynamiczną aktualizację. Model złoża, jako przestrzenna wizualizacja złoża, jest podstawą prawidłowego zarządzania każdym zakładem wydobywczym. Obecnie jego rola nabiera coraz większego

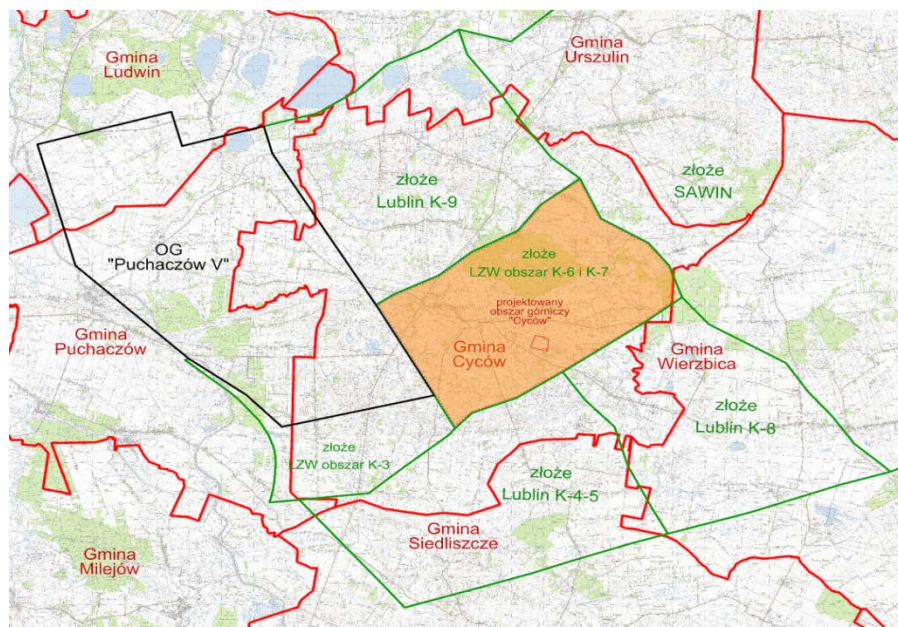
znaczenia w polskim górnictwie dlatego dane geologiczne, na bazie których powstaje cyfrowy model złoża, są punktem wyjścia każdego harmonogramu, ich zgromadzenie oraz umiejętne wykorzystanie pozwalają na prawidłowe wykonanie modelu geologicznego. Ma to istotne znaczenie, ponieważ przekłada się na wyniki kolejnych etapów prac i w konsekwencji na wynik końcowy. Rozbieżności między modelem a rzeczywistością znacząco wpływają na różnice między planowanymi a uzyskiwanymi parametrami produkcyjnymi (Dyczko i in. 2012).

1. Złóża perspektywiczne LW Bogdanka SA

Projektowany obszar górniczy „Cyców” (złoża K-6 i K-7)

Obszar objęty Projektem Zagospodarowania Złoża węgla kamiennego K-6 i K-7 zlokalizowany jest w granicach Centralnego Rejonu Węglowego (CRW) położonego w północno-wschodniej, najlepiej rozpoznanej części Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Obszar ten obejmuje swą powierzchnią (40,72 km²) wschodnią część województwa lubelskiego – gminę Cyców w powiecie łączyńskim.

Projektowany obszar górniczy „Cyców” (rys. 1) graniczy bezpośrednio z aktualnie eksploatowanym przez LW Bogdanka SA obszarem „Puchaczów V”. W planach strategicznych Spółki złoża to ma być zagospodarowane górnictwo poprzez udostępnienie z wyrobisk podziemnych. Warunki geologiczno-złożowe, jak i uwarunkowania przyrodnicze są bardzo zbliżone do tych, które istnieją w obrębie złoża „Bogdanka”.



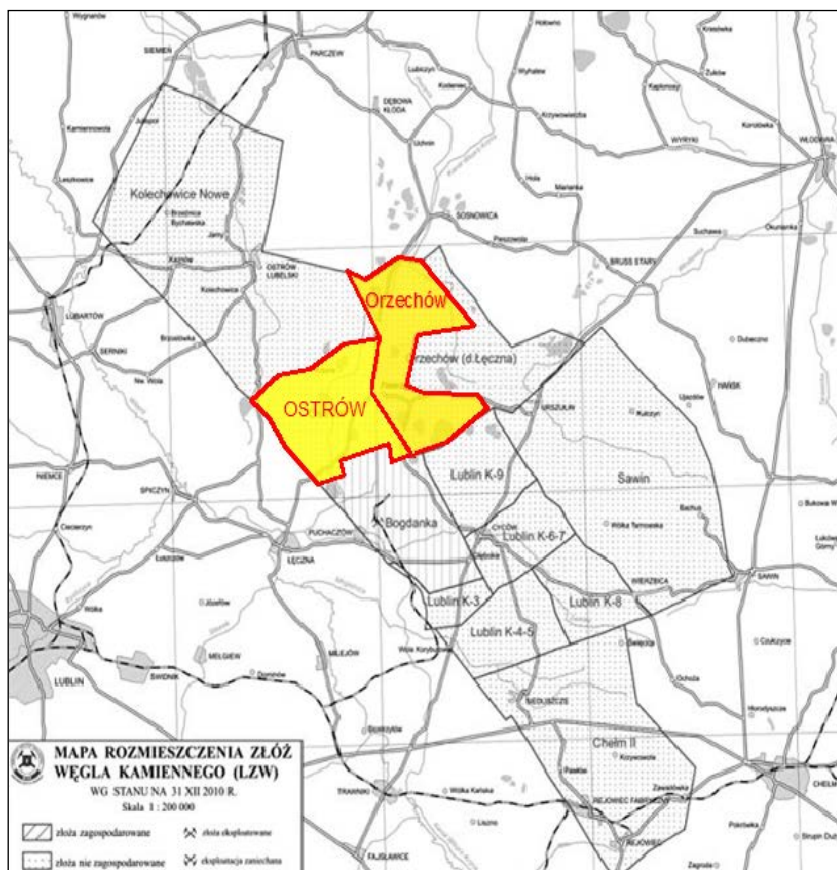
Rys. 1. Złoża węgla kamiennego K-6 i K-7 oraz projektowany obszar górniczy „Cyców” (opracowanie własne)

Fig. 1. The K6 and K7 coal deposit and the “Cyców” proposed mining area (own work)

Obszar koncesyjny „Ludwin” (złoże Ostrów)

LW Bogdanka SA posiada koncesję na rozpoznanie złoże węgla kamiennego „Ostrów” i jest w trakcie jej realizacji. Przyznana koncesja zakłada dodatkowe rozpoznanie obszaru 6 otworami wiertniczymi o głębokości do 1000 m oraz wyrobiskiem chodnikowym badawczym o długości 4020 m, z którego wykonanych zostanie 8 otworów badawczych dołowych. Na początku 2015 roku zakończono wiercenie pierwszego otworu badawczego OS-1 w miejscowości Dąbrowa, w gminie Ludwin. W ramach realizacji koncesji aktualnie prowadzone są przygotowania do wykonania otworu badawczego podszybowego OS-4 w miejscowości Dratów Kolonia, w gminie Ludwin.

Złoże węgla kamiennego „Ostrów” (rys. 2) w granicach projektowanego obszaru górniczego „Ludwin” o powierzchni 78,67 km², pod względem administracyjnym, położone jest w województwie lubelskim na terenie pięciu gmin: Ludwina, Łęcznej, Ostrowa Lubelskiego, Sosnowicy i Uścimowa, zlokalizowanych w obrębie powiatów: lubartowskiego, łęczyńskiego i parczewskiego.



Rys. 2. Obszar koncesyjny złóż Ostrów i Orzechów na tle mapy rozmieszczenia złóż węgla kamiennego w Lubelskim Zagłębiu Węglowym (www.mos.gov.pl)

Fig. 2. The concession area of the Ostrów and Orzechów deposits against the background map of the distribution of coal deposits in the Lublin Coal Basin (www.mos.gov.pl)

Obszar koncesyjny „Orzechów” (złoże Orzechów)

LW Bogdanka SA otrzymała koncesję na rozpoznawanie złoże węgla kamiennego „Orzechów” i jest w trakcie jej realizacji. Koncesja zakłada dodatkowe rozpoznanie obszaru 3 otworami o głębokości od 930 do 960 m.

Złoże węgla kamiennego „Orzechów” (rys. 2) w granicach obszaru koncesyjnego o powierzchni 72,23 km², pod względem administracyjnym, położone jest w województwie lubelskim, na terenie sześciu gmin: Cycowa, Ludwina, Puchaczowa, Urszulina, Sosnowicy i Uścimowa, zlokalizowanych w obrębie powiatów: lubartowskiego, łęczyńskiego, parczewskiego i włodawskiego.

2. Sposób budowy modelu geologicznego złoże

Podstawę całego procesu modelowania stanowi model stratygraficzny. Model stratygraficzny tworzony jest przez interpolację/ekstrapolację oraz superpozycję współrzędnych stwierdzeń warstw i powierzchni stratygraficznych. Definiowany jest on poprzez uwzględnienie zestawu reguł modelowania, które wprowadza użytkownik, a które obejmują:

- nazwy i następstwa stratygraficzne modelowanych warstw,
- relacje określające przenoszenie trendów zalegania pomiędzy sąsiadującymi pokładami,
- relacje pomiędzy poszczególnymi ławami pokładów zespolonych (w tym możliwe narzucone lokalizacje linii zrostów),
- granice erozyjne oddzielające kolejne piętra geologiczne,
- powierzchnie wymuszające trendy zalegania warstw w poszczególnych piętrach geologicznych (co umożliwia narzucenie fałdów i wymyć),
- rodzaje i parametry interpolatorów użytych do obliczeń osobno dla miąższości warstw oraz ich rzędnych,
- minimalne i maksymalne wartości miąższości pokładów, które będą interpolowane,
- dane geometryczne stanowiące uzupełnienie dla danych otworowych, np. lokalizacja linii wychodni,
- przypisanie uskoku do poszczególnych pięter geologicznych lub do poszczególnych powierzchni czy pokładów,
- zasięg geograficzny występowania pokładów i powierzchni.

Tworzone są różne zestawy reguł wykorzystywane następnie dla różnych pokładów, aby na podstawie jednego zestawu danych budować osobne modele w różnych lokalizacjach i w różnych zakresach profilu stratygraficznego złoże.

Przetwarzane są następujące rodzaje danych:

- sekwencje litostratygraficzne udokumentowane w otworach,
- linie biegu uskoku z zaznaczeniem znanych zrzutów i nachyleń,
- profile dokumentujące odsłonięcia warstw lito- i stratygraficznych,
- punktowe stwierdzenia pojedynczych powierzchni stratygraficznych,
- narzucone przez użytkownika elementy graficzne (własne interpretacje), wymuszające niektóre parametry geometryczne modelu np. zadana miąższość danej warstwy we wskazanej lokalizacji, linia rozszczepienia, zasięg występowania poszczególnych pokładów.

Na podstawie wyżej wymienionych zestawów danych i reguł oprogramowanie przelicza pełny profil litostratygraficzny złoża. Wynikiem jest tabela stratygraficzna oraz zestaw powierzchni (*grid*) reprezentujących wszystkie warstwy i powierzchnie stratygraficzne wybrane do modelowania. Analogicznie przetwarzane są dane o parametrach jakościowych pokładów oraz zawartości przerostów w profilu każdego z pokładów.

Dla wszystkich złóż perspektywicznych LW Bogdanka SA oraz złóż Bogdanka i K-3, na które Spółka posiada koncesje wydobywcze, stworzono jeden model geologiczny o łącznej powierzchni około 300 km². Wszystkie pokłady modelowane były łącznie. W modelowaniu pokładu wykorzystywane były nie tylko dane opisujące wprost pokład, ale również stwierdzenia sąsiednich pokładów oraz odległości między nimi.

Dane źródłowe i ich weryfikacja

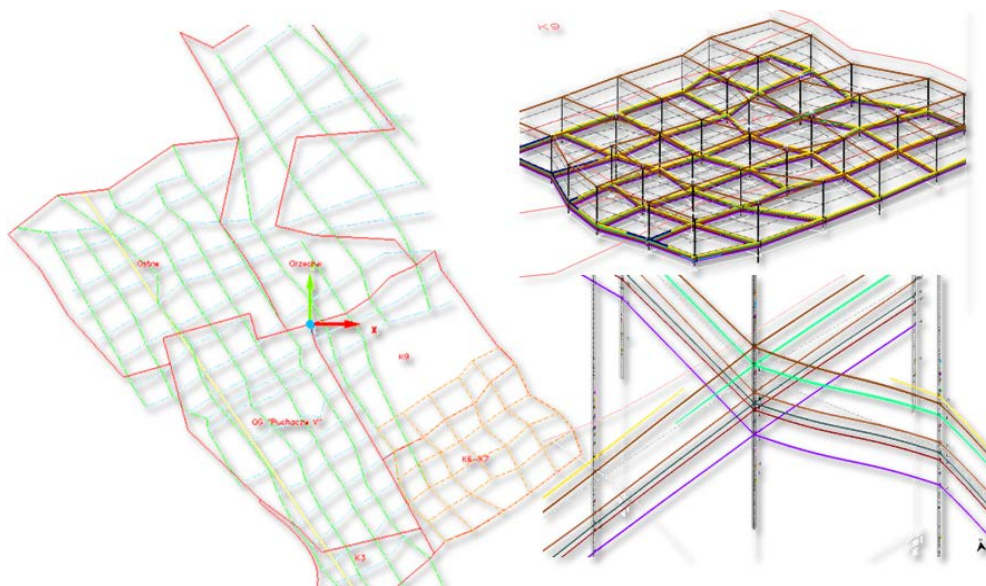
Pierwszym etapem tworzenia modelu geologicznego jest stworzenie bazy danych, z których tworzony jest model. Stworzona baza zawiera dane z otworów powierzchniowych, otworów badawczych dołowych, profilowań ścian i wyrobisk oraz analizy jakościowe. Tabela 1 zawiera ilości danych źródłowych z poszczególnych obszarów, które zostały wykorzystane do stworzenia modelu złoża.

TABELA 1. Dane źródłowe, na podstawie których stworzono model geologiczny (opracowanie własne)

TABLE 1. Source data, on the basis of which the geological model was created (own work)

ZŁOŻE BOGDANKA + K-3					
Rodzaj danych	otwory badawcze powierzchniowe z pełną litologią	otwory badawcze dołowe długie z pełną litologią	profilowania ścian	profilowania wyrobisk	analizy jakościowe
Ilość danych	97	185	337	5809	1346
ZŁOŻE K-6 K-7					
Rodzaj danych	otwory badawcze powierzchniowe z pełną litologią	otwory badawcze dołowe długie z pełną litologią	profilowania ścian	profilowania wyrobisk	analizy jakościowe
Ilość danych	27	–	–	–	438
ZŁOŻE OSTRÓW					
Rodzaj danych	otwory badawcze powierzchniowe z pełną litologią	otwory badawcze dołowe długie z pełną litologią	profilowania ścian	profilowania wyrobisk	analizy jakościowe
Ilość danych	43	–	–	–	626
ZŁOŻE ORZECZÓW					
Rodzaj danych	otwory badawcze powierzchniowe z pełną litologią	otwory badawcze dołowe długie z pełną litologią	profilowania ścian	profilowania wyrobisk	analizy jakościowe
Ilość danych	46	–	–	–	526

Podczas budowania modelu zauważono na styku poszczególnych złóż rozbieżne korelacje pokładów. Dotyczyły one przede wszystkim pokładów z grupy 370 ze słabiej rozpoznanego obszaru „Orzechów”, gdzie złożo rozpoznane jest w kategorii C2. W celu weryfikacji poprawności modelu i uniknięcia jakichkolwiek rozbieżności, wykonano przekroje geologiczne dla analizowanych złóż. Łącznie wykonane zostały 34 przekroje geologiczne (rys. 3).



Rys. 3. Siatki przekrojów geologicznych (opracowanie własne)

Fig. 3. Geological grids cross-sections (own work)

Model weryfikowano również na podstawie izoliniowego obrazu:

- powierzchni spągu i stropu pokładów,
- miąższości pokładów,
- miąższości przerostów,
- odległości między pokładami,

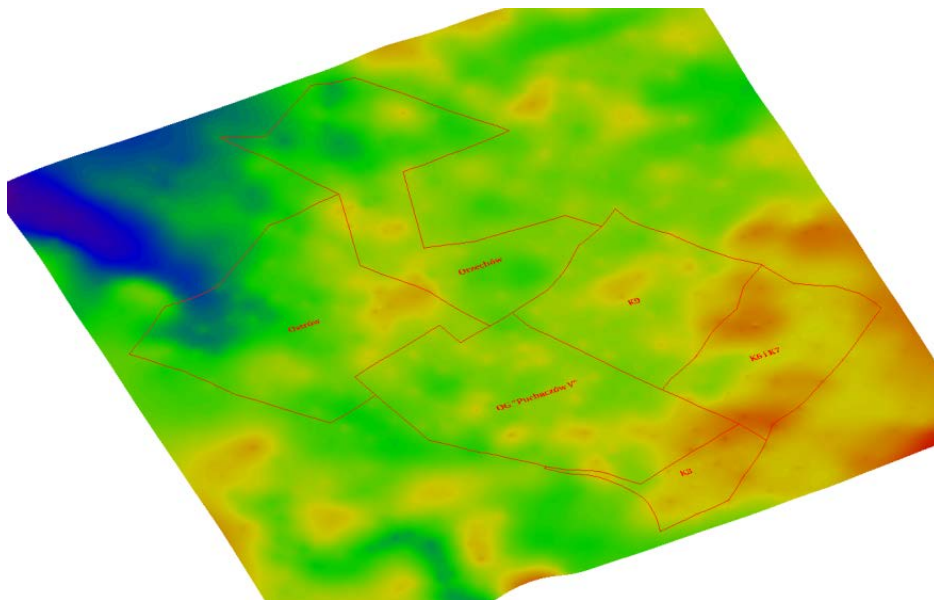
oraz występujące ograniczenia w postaci:

- wychodni na strop karbonu,
- wyklinowań,
- zrostów i rozszczepień,
- uskoków.

Model geologiczny złoża

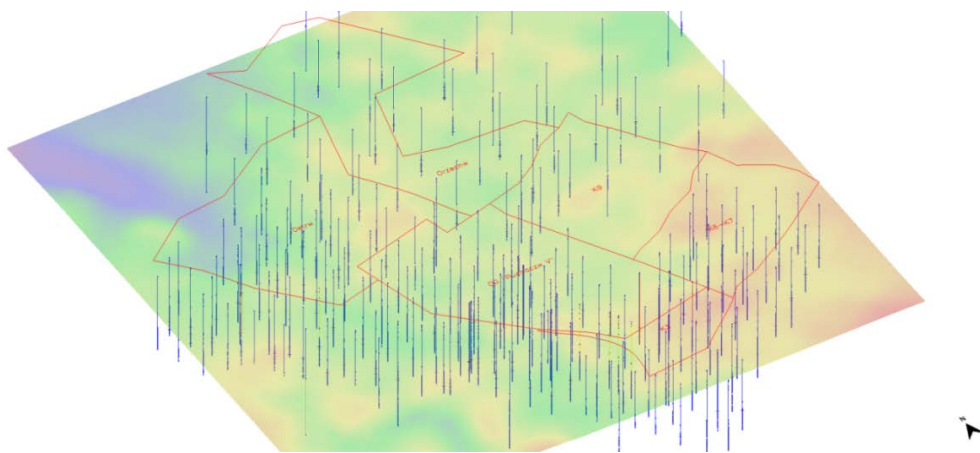
Po wprowadzeniu wszystkich danych oraz ich weryfikacji, przystąpiono do tworzenia modelu geologicznego. Na podstawie rzędnych wysokościowych wlotu otworów powierzchniowych został zbudowany model powierzchni terenu (rys. 4).

Pierwszy model złoża był stworzony na podstawie otworów wykonanych z powierzchni (rys. 5). Po wczytaniu kolejnych danych (m.in. profilowań wyrobisk w obszarze „Puchaczów V” – rys. 6) model był weryfikowany pod kątem poprawności korelacji pokładów.



Rys. 4. Model powierzchni terenu z zaznaczonymi granicami obszarów (opracowanie własne)

Fig. 4. Model surface area with borders areas (own work)



Rys. 5. Lokalizacja otworów powierzchniowych (opracowanie własne)

Fig. 5. Location of the surface hole (own work)

Poniższy rysunek (rys. 7) przedstawia powierzchnię terenu oraz kilka zamodelowanych pokładów.

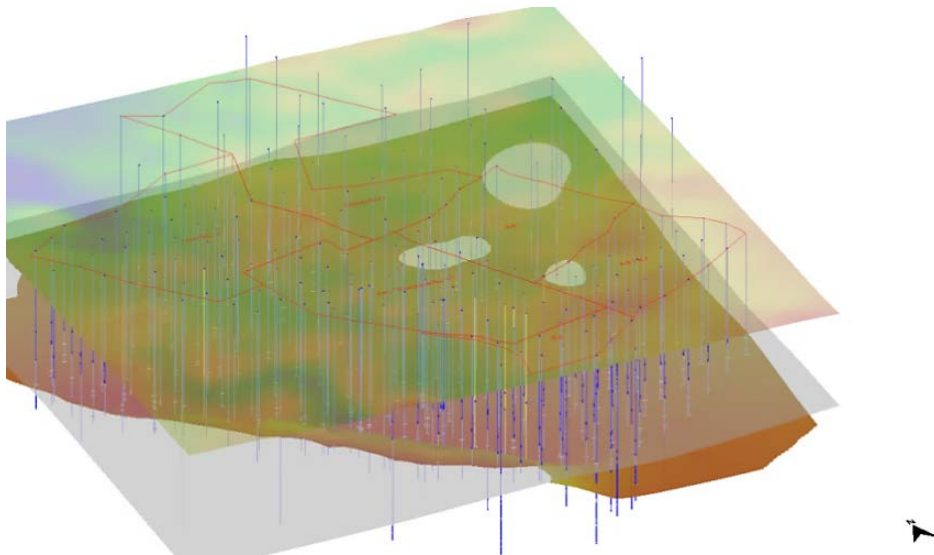
Dla każdego z pokładów uśredniono wyniki analiz jakościowych w poszczególnych punktach i stworzono modele jakości węgla obejmujące podstawowe parametry złoża:

- wartość opalową,
- zawartość popiołu,



Rys. 6. Lokalizacja profilowań na obszarze Puchaczów V (opracowanie własne)

Fig. 6. Location side-faces in the Puchaczów V area (own work)



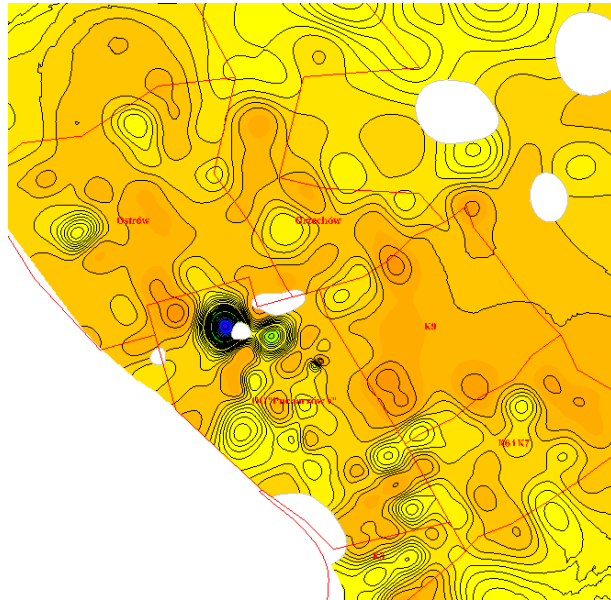
Rys. 7. Model stratygraficzny powierzchni oraz kilku przykładowych pokładów (opracowanie własne)

Fig. 7. Stratigraphic surface model and several sample seams (own work)

→ zawartość siarki,

→ gęstość.

Poniżej przedstawiono przykładowy model jakościowy dla jednego z pokładów (rys. 8).



Rys. 8. Model zawartości siarki w pokładzie 385/2 (opracowanie własne)

Fig. 8. Sulfur content model in seam 385/2 (own work)

Na wykonane mapy miąższości poszczególnych pokładów naniesiono przykładowe zaprojektowane warianty rozcięcia złoża, dzięki czemu zweryfikowano poprawność położenia projektowanych ścian w partiach złoża o miąższości powyżej 1,2 m (rys. 9).



Rys. 9. Przykładowe rozcięcie złoża Ostrów (opracowanie własne)

Fig. 9. A sample of cutting the Ostrów deposit (own work)

Harmonogram wydobycia został szczegółowo określony na podstawie zaktualizowanego modelu złoża dla wszystkich lat w każdym scenariuszu osobno. Wraz z harmonogramem wydobycia zostały również określone parametry jakościowe złoża takie jak wartość opałowa, zawartość popiołu i siarki, które poza skalą wydobycia mają przełożenie na koszty eksploatacji.

Harmonogramy produkcji wykonane zostały w programie Deswik.

3. Rola i znaczenie modelu geologicznego złoża w procesie planowania i harmonogramowania eksploatacji

Planując produkcję węgla kamiennego, musimy przygotowywać z wieloletnim wyprzedzeniem informacje o przewidywanych do realizacji zadaniach związanych z robotami górniczymi, zakupami wyposażenia czy też właściwą produkcją. Wiarygodność informacji dotyczącej wielkości zasobów oraz jakości węgla, który ma być eksploatowany, stanowi jedną z kluczowych informacji, które są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania kopalni węgla kamiennego (Tchórzewski i Poniewiera 2012).

Możliwość efektywnego zarządzania przedsiębiorstwem górniczym niesie wykorzystanie numerycznego modelu złoża. Korzyści płynące z wykorzystywania numerycznych modeli złoża wynikają nie tylko z wygody i skrócenia czasu projektowania wyrobisk oraz harmonogramowania robót, ale także z możliwości przeprowadzania symulacji oraz rozważania różnych wariantów produkcji. Numeryczny model złoża pozwala wyeliminować statyczność map powszechnie wykorzystywanych i tworzonych dla złóż. Numeryczne modele pozwalają nie tylko na odzwierciedlenie w programie komputerowym wszystkich dostępnych parametrów złoża, ale także pozwalają na projektowanie eksploatacji. Ta dynamika map jest szczególnie ceniona przez kadrę zarządzającą, która ma możliwość przeanalizowania „na sucho” kilku wariantów prowadzenia eksploatacji (Kęsek i Fuksa 2012).

Planowanie eksploatacji w przedsiębiorstwie górniczym jest kluczowym procesem decyzyjnym, bowiem raz podjęta decyzja dotycząca sposobu prowadzenia eksploatacji nie może być zmieniona przez cały cykl produkcyjny. Specyfika przemysłu wydobywczego wiąże się z kolei z tym, że cykl produkcyjny jest długi (Kęsek i Fuksa 2012).

Z uwagi na częstą wielowariantowość planów biznesowych oraz górniczych, dojście do jednego, spójnego i skoordynowanego planu działań, zawierającego informacje o poszczególnych zadaniach górniczych, jest procesem iteracyjnym oraz wymagającym poświęcenia dużej ilości czasu. Aby zmniejszyć ryzyko powstawania błędów wynikających z przetwarzania tak dużej liczby danych, należy z jednej strony w sposób ciągły prowadzić kontrolę właściwego procesu planowania, z drugiej zaś wskazane jest stosowanie zintegrowanych rozwiązań informatycznych, pozwalających na dotarcie do odpowiednich danych i informacji szybko oraz z małą liczbą możliwych do popełnienia błędów.

Właściwy proces planowania robót górniczych sprowadza się z kolei do skoordynowania trzech realizowanych jednocześnie działań. Są nimi:

- planowanie produkcji węgla – gdzie planowaniu podlegają terminy uruchomienia poszczególnych ścian i zakończenie ich eksploatacji, wielkość postępów frontu, jakość węgla, wyposażenie dla poszczególnych ścian itp.,
- planowanie zbrojenia ścian – gdzie planowaniu podlegają terminy dostarczania i montażu wyposażenia dla poszczególnych ścian,

- planowanie wykonania wyrobisk górniczych – gdzie planowaniu podlegają terminy rozpoczęcia i zakończenia wykonywania wyrobisk górniczych, ilości i jakości pozyskiwanego tą drogą węgla, zapotrzebowania na materiały i wyposażenie itp.

W konsekwencji działań planistycznych tworzony jest zbiór harmonogramów zawierających informacje niezbędne dla skoordynowania terminów tych działań.

Podsumowanie

Na bazie zdobytych w ostatnich latach doświadczeń w obszarze informatyzacji kopalń oraz obsługi narzędzi informatycznych oferowanych przez producentów na całym świecie, pracownicy IGSMiE PAN wykonali model geologiczny złóż perspektywicznych i aktualnych LW Bogdanka SA oraz harmonogramy produkcji potrzebne do szybkiej aktualizacji planów rozwoju Spółki.

Poprawność projektowania i harmonogramowania i wszystkich dalszych analiz oparta jest na modelu geologicznym złoża. Szczególne znaczenie ma to m.in. przy:

- projektowaniu rozczinki złoża – kształt pól eksploatacyjnych zależy jest m.in. od miąższości pokładu,
- optymalizowaniu harmonogramu eksploatacji z uwzględnieniem planowania jakości eksploatacji – jakościowy model złoża jest tutaj ważny, gdyż zawiera dokładną informację o parametrach złoża w poszczególnych punktach.

Następnym zastosowaniem narzędzi informatycznych jest opracowanie metody importu danych geologicznych zawartych w modelu złoża do arkusza programu Excel, będącego podstawowym narzędziem operacyjnej pracy Działu Przygotowania Produkcji. Koncepcja tego systemu zakłada, że zarówno dotychczas istniejące, jak i uzyskiwane na bieżąco dane geologiczne będą wprowadzane do relacyjnej bazy danych, skąd będą mogły być bezpośrednio eksportowane. Realizacja tego zadania umożliwi wyeliminowanie konieczności ręcznego aktualizowania danych geologicznych w arkuszu harmonogramu robót ścianowych. Znacznie przyspieszy i ułatwi to tworzenie operacyjnych harmonogramów produkcji, umożliwiając docelowo (Dyczko i in. 2012):

- bezpośredni i jednolity dostęp do informacji na wszystkich szczeblach zarządzania,
- całkowitą integrację danych w ramach jednego systemu – centralizacja,
- bieżącą ewidencję czynności w miejscu ich powstawania w procesie produkcyjnym,
- wyeliminowanie wielokrotnego wprowadzania danych pochodzących z tych samych procesów produkcyjnych.

Publikacja zrealizowana w ramach badań statutowych IGSMiE PAN.

Literatura

- Dyczko i in. 2012 – Dyczko, A., Galica, D. i Sypniewski, Sz. 2012. Modelowanie złoża do potrzeb planowania produkcji górniczej w kopalniach. *Wiadomości Górnicze* nr 7–8.
- Dyczko i in. 2014 – Dyczko, A., Galica, D. i Dunst, N. 2014. Wykorzystanie narzędzi informatycznych do modelowania złoża węgla kamiennego – analiza przypadku. *Wiadomości Górnicze* nr 7–8.

- Gawlik, L. i in. 2013. *Węgiel dla polskiej energetyki w perspektywie 2050 roku – analizy scenariuszowe*. Górnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice.
- Kęsek, M. i Fuksa, M. 2012. Komputerowe wspomaganie wybranych obszarów zarządzania przedsiębiorstwem górnictwem. *Materiały konferencyjne IZIP*, Zakopane.
- Kicki i in. 2007 – Kicki, J., Kopacz, M., Jarosz, J., Dyczko, A., Siata, E. i Duda, K. 2007. *Projekt Zagospodarowania Złożeń węgla kamiennego „Bogdanka”*. Kraków (niepublikowane).
- Tchórzewski, S. i Poniewiera, M. 2012. Planowanie produkcji w kopalni węgla kamiennego z wykorzystaniem informacji zgromadzonych w systemach GIS. *Zeszyty Naukowe, Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska*, Zabrze.
- Strona internetowa Ministerstwa Środowiska [Online] Dostępne w: www.mos.gov.pl [Dostęp: 1.04.2016].

