

Szymon SYPNIEWSKI\*

## **Wykorzystanie nowoczesnych narzędzi informatycznych w projektowaniu kopalni Gubin**

Streszczenie: Nowoczesne narzędzia informatyczne są dziś powszechnie wykorzystywane w pracy projektanta górniczego. Umożliwiają one numeryczne modelowanie poszczególnych elementów kopalni – począwszy od modelu złoża przez model górotworu, model wyrobiska górniczego, modele układów technologicznych. Specjalistyczny software bardzo ułatwia pracę, umożliwiając analizę różnych rozwiązań i wariantów przy stosunkowo niewielkim nakładzie pracy. Trudno dzisiaj wyobrazić sobie projektowanie kopalni węgla bez korzystania z możliwości oferowanych przez nowoczesne narzędzia z rodziny CAD czy specjalistyczne programy dedykowane specjalnie dla górnictwa.

W artykule omówiono wykorzystanie nowoczesnych narzędzi informatycznych w projektowaniu kopalni węgla brunatnego Gubin. Realizowana przez spółkę PGE Gubin inwestycja znajduje się obecnie na etapie tworzenia Projektu Zagospodarowania Złoża, którego opracowaniem zajmuje się interdyscyplinarny zespół specjalistów z Akademii Górniczo-Hutniczej, Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Politechniki Wrocławskiej i innych ośrodków naukowo-technicznych. W trakcie prac projektowych realizowanych w ramach opracowywanego dokumentu wykorzystywano szereg programów komputerowych, służących m.in. określeniu konturów wyrobiska docelowego, parametrów skarp i zboczy, obliczaniu zasobów złoża, określeniu postępów frontów węglowych i nadkładowych w poszczególnych okresach eksploatacji czy obliczaniu powierzchni i objętości planowanego po zakończeniu eksploatacji zbiornika wodnego. Do analizy wpływu projektowanej kopalni na środowisko wykorzystano model hydrogeologiczny, który pozwolił określić zasięg leja depresyjnego.

Omówiono wykorzystanie tzw. programów projektowania wspomaganego komputerowo (*Computer Aided Design, CAD*). W przypadku kopalni Gubin podstawowym narzędziem służącym do kreślenia i obróbki map cyfrowych był pakiet MicroStation firmy Bentley Systems.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, kopalnia węgla brunatnego Gubin, projektowanie kopalń, informatyka górnicza, programy komputerowe

---

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

## ***The use of modern IT tools in the design of the Gubin lignite mine***

**Abstract:** Modern IT tools are now commonly used in the work of mine designers. They allow for numerical modeling of particular elements of the mine – from the model of the deposit through the model of the rock-mass, pit, and technological systems. Specialized software greatly facilitates work, allowing for analysis of different solutions and variants with a relatively limited amount of labor. It is hard to imagine a coal mine design without the use of possibilities offered by modern CAD tools or specialist programmes dedicated for use in the mining industry.

This article describes the use of modern IT tools in the design of the Gubin lignite mine. This investment, undertaken by PGE Gubin, is currently at the stage of feasibility study. The feasibility document is being developed by an interdisciplinary team of specialists from the AGH University of Science and Technology, the Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sciences, the Wrocław University of Technology, and other scientific and engineering centres. During the design works, several computer programmes were used for such tasks as determining the borders of the mining area, slope parameters, calculation of the deposit's reserves, determining the mining fronts' progress in particular periods of exploitation, and determining the area and volume of the final pit. Furthermore, a hydrogeological model was used for analyzing the impact of the designed mine on the environment. It allowed for a determination of the range of the depression cone of the mine.

The use of Computer Aided Design (CAD) programmes has also been presented. In the case of the Gubin lignite mine, MicroStation by Bentley Systems has been the basic tool for drawing and modifying the digital maps.

**Key words:** lignite, Gubin lignite mine, mine design, mining IT, computer programmes

## ***Wprowadzenie***

Projektowanie dużego odkrywkowego zakładu górniczego to proces wielopłaszczyznowy, skomplikowany i długotrwały. Długi horyzont czasowy skłania do analizy problemu przez pryzmat zmieniających się warunków – ekonomicznych, społecznych, technicznych, a także energetycznych. Na proces projektowania kopalni odkrywkowej składa się wiele etapów, które powiązane są siecią wzajemnych zależności (Hustrulid, Kuchta 2006). Analiza złoża poprzedza jego okonturowanie, dobór maszyn wpływa na kształt wyrobiska, zasięg wyrobiska zależy od warunków geotechnicznych, kształt wyrobiska determinuje sposób odwadniania. Prognoza oddziaływania na środowisko opiera się na projekcie eksploatacji i jednocześnie w sposób zwrotny wpływa na jej zasięg i sposób jej prowadzenia. Ze względu na wymienione zależności trudno wyobrazić sobie przyspieszenie procesu projektowania przez pominięcie jednego z etapów. Elementy projektu powiązane są zależnością szeregową, a więc długość całego procesu projektowania zależy od sumarycznego tempa realizacji poszczególnych jego etapów. Innymi słowy – nie jest możliwa intensyfikacja działań przez wykonywanie kilku etapów jednocześnie (Naworyta, Sypniowski 2012).

Praktycznie na każdym etapie projektowania kopalni istnieje możliwość wykorzystania narzędzi informatycznych, które przyspieszą i uproszczą pracę projektanta, a także pozwolą na analizę większej ilości wariantów niż byłoby to możliwe bez ich wykorzystywania. Oczywiście projektant musi mieć zarówno wizję tego, co chce stworzyć, jak i wiedzę jak to zrobić. Komputer jest tylko narzędziem – bardzo pomocnym, ale też wymagającym od operatora specjalistycznej wiedzy i dużego nakładu pracy. Dysponując danymi, można wykonać wiele iteracji procesu projektowania w przypadku zmiany niektórych założeń na jednym z etapów prac. W publikacji (Naworyta, Sypniowski 2012) zauważono, że przykra konieczność częstych weryfikacji przyjętych rozwiązań występuje na każdym etapie projektowania i odnosi się do każdego elementu projektu: zasięgu eksploatacji, okonturowania

złoża, wyboru miejsca udostępnienia, kierunków postępu eksploatacji złoża, kształtu wyrobiska, lokalizacji zwałowisk itp. Zdigitalizowane dane archiwalne umożliwiają cofnięcie się do określonego etapu i ponowne rozpoczęcie pracy od tego miejsca.

## **1. Okonturowanie złoża**

Okonturowanie złoża to inaczej wyznaczenie granic eksploatacji na poziomie stropu złoża. Projektant kopalni definiuje w ten sposób granice zasobów przemysłowych, których wyznaczenie jest jednym z celów Projektu Zagospodarowania Złoża. Dla właściwego okonturowania złoża należy uwzględnić ograniczenia dla prowadzonej eksploatacji w postaci zagospodarowania terenu przyszłej kopalni (zabudowa powierzchni, drogi, rurociągi, linie energetyczne, rzeki, tereny chronione ze względu na duże walory przyrodnicze itd.). Konieczne jest wypracowanie kompromisu między maksymalnym wykorzystaniem zasobów złoża a ochroną wymienionych elementów środowiska przyrodniczego i antropogenicznego. Przeprowadzone analizy i badania pokazały, że teren złoża Gubin – w przeciwieństwie do innych dużych złóż perspektywicznych w Polsce, np. złoża Legnica – jest obszarem słabo zaludnionym i ubogim w infrastrukturę drogową, kolejową, gazową i energetyczną (Naworyta, Badera 2012; Uberman, Naworyta 2012). Z punktu widzenia inwestora jest to wiadomość bardzo dobra, gdyż ogranicza intensywność potencjalnych konfliktów społecznych, a także koszty zagospodarowania złoża. Nieco mniej korzystnie prezentują się uwarunkowania związane z ochroną środowiska – złożo praktycznie ze wszystkich stron otoczone jest terenami chronionymi – obszarami Natura 2000 (SOO „Jeziora Brodzkie”, SOO „Mierkowskie Wydmy”, SOO „Uroczyska Borów Zasięckich”), obszarami chronionego krajobrazu (Obszar Chronionego Krajobrazu „30A-Zachodnie Okolice Lubuska”, Obszar Chronionego Krajobrazu „27-Dolina Nysy”) czy rezerwatami (rezerwat leśny – „Uroczysko Węglińskie”, rejon rozrodu i regularnego przebywania orła bielika). W przypadku złóż węgla brunatnego sytuacja taka nie jest wyjątkowa, należy raczej do typowych.

Sąsiedztwo obszarów chronionych spowodowała konieczność rezygnacji z wydobywania części zasobów. Wykorzystanie narzędzi informatycznych pozwala na precyzyjną analizę ilości uwięzionych zasobów przy różnych położeniach filarów ochronnych.

## **2. Model górotworu i wyrobiska**

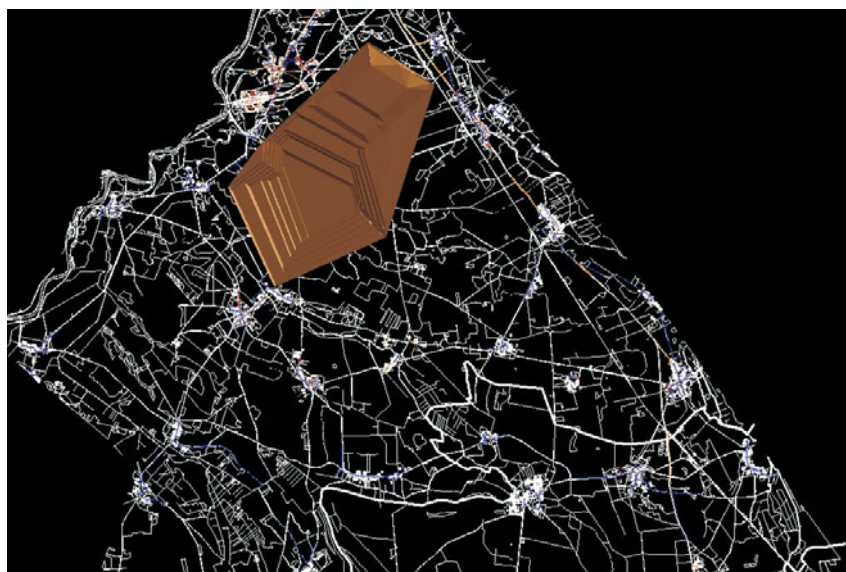
Po określeniu granic eksploatacji oraz analizie geotechnicznej określającej bezpieczne szerokości półek oraz nachylenia skarp i zboczy można było przystąpić do konstrukcji trójwymiarowego modelu wyrobiska. Do tego celu wykorzystano program Surpac, posiadający wbudowane narzędzia służące do konstruowania wyrobisk odkrywkowych o zadanych przez użytkownika parametrach. Trójwymiarowy ma szereg zalet – umożliwia obliczanie zasobów na poszczególnych piętrach, precyzyjne obliczanie objętości z wykorzystaniem modelu blokowego czy łatwość w określaniu i obliczaniu postępów frontów roboczych. Dodatkowo, projektant ma szerokie możliwości wizualizacji danych. Fragment trójwymiarowego modelu wyrobiska z widocznym zwałowiskiem zewnętrznym pokazano na rysunku 1.

W przypadku prac projektowych związanych z zagospodarowaniem złoża Gubin do określania objętości zdejmowanych i zwałowanych mas nadkładowych wykorzystano trójwymiarowy model blokowy górotworu. Jest to trójwymiarowa baza danych opisująca budowę złoża. Zbudowany jest z tysięcy (czasem setek tysięcy lub milionów) prostopadłościanów, z których każdy reprezentuje określoną objętość górotworu oraz zawiera informacje o jego budowie. Ilość atrybutów (cech) przypisanych do pojedynczego bloku może być praktycznie nieograniczona: zawartość poszczególnych pierwiastków i związków chemicznych, informacje tekstowe, parametry geotechniczne itp. – zawartość informacji przyporządkowanej do danego bloku zależy tylko od użytkownika i danych, którymi dysponuje (Dyczko i in. 2012). Jedną z najważniejszych funkcji modelu jest umożliwienie obliczania objętości z wykorzystaniem dowolnie definiowanych ograniczników (ang. *constraints*) – np. powierzchni terenu, trójwymiarowym modelem (DTM) wyrobiska, dowolnym zamkniętym wielokątem (np. określającym roczny postęp danego piętra lub określoną działkę), płaszczyzną o zdefiniowanej rzędnej itd. Fragment blokowego modelu złoża przedstawia rysunek 2. Model został w tym przypadku ograniczony tak, aby zwizualizować jeden z parametrów jakościowych węgla, w tym przypadku wartość opałową.

### **3. Obliczanie zasobów złoża i określanie postępów frontów roboczych**

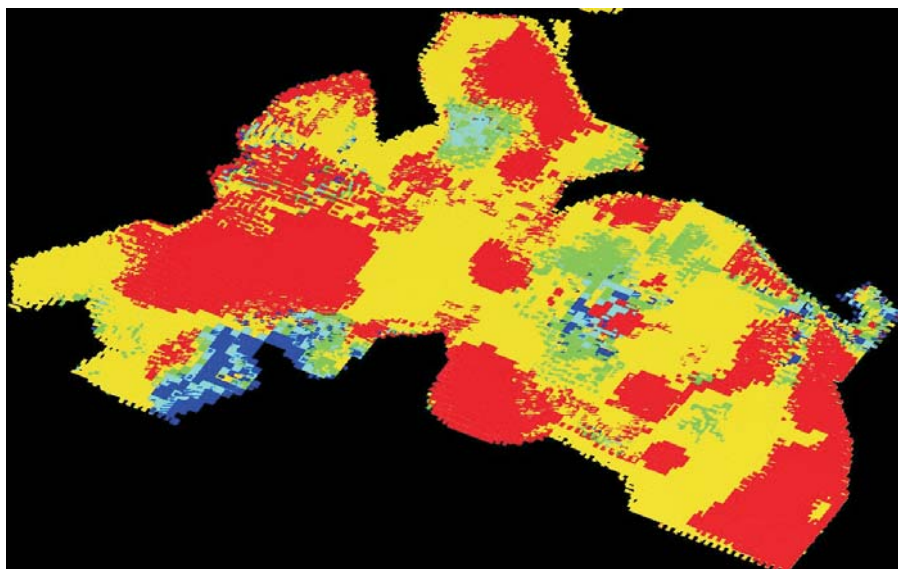
Na potrzeby obliczania zasobów przemysłowych złoża, przede wszystkim pod kątem określania ilości węgla wydobywanego z kopalni w poszczególnych okresach jej funkcjonowania, wykorzystano mapę miąższości złoża. Po zdigitalizowaniu utworzyła ona trójwymiarową sztuczną (idealną) powierzchnię, której rzędne oznaczały miąższość złoża w danym punkcie. Nie jest ona tożsama z powierzchnią stropu ani spągu złoża, stanowi tylko matematyczny zbiór punktów o określonych współrzędnych (X,Y), będący przedstawieniem miąższości złoża (współrzędna Z). Dysponując mapą miąższości złoża można było w sposób uproszczony obliczyć zasoby złoża wewnątrz konturów wyrobiska w II i IV pokładzie. Wykorzystano do tego celu funkcję obliczania objętości między dwoma powierzchniami (powierzchnią o rzędnej 0 i powierzchnią miąższości złoża) wewnątrz określonego przez użytkownika konturu, którym w tym przypadku były granice wyrobiska. W analogiczny sposób możliwe jest obliczenie zasobów nieprzemysłowych, pozostających poza konturem wyrobiska. Kontury wyrobiska na tle mapy miąższości złoża przedstawiono na rysunku 3.

Wykorzystując możliwości programu Surpac możliwe było również określanie zasobów w danym zamkniętym wielokącie określającym postęp eksploatacji w ciągu zadanego okresu, np. 1 roku lub 5 lat. Zmieniając położenie wierzchołków wspomnianego wielokąta można było znaleźć taki jego kształt, który określał założoną (wymaganą w założonym okresie czasu) ilość zasobów. Postępując w ten sposób wyszukiwano kolejne położenia frontów węglowych – dla pierwszych 7 lat w odstępach rocznych, a następnie – aż do zakończenia eksploatacji – w odstępach 5-letnich. Położenia frontów roboczych – nadkładowych, węglowych i zwałowiska zewnętrznego, a także przewidywany kierunek eksploatacji pokazano na rysunku 4.



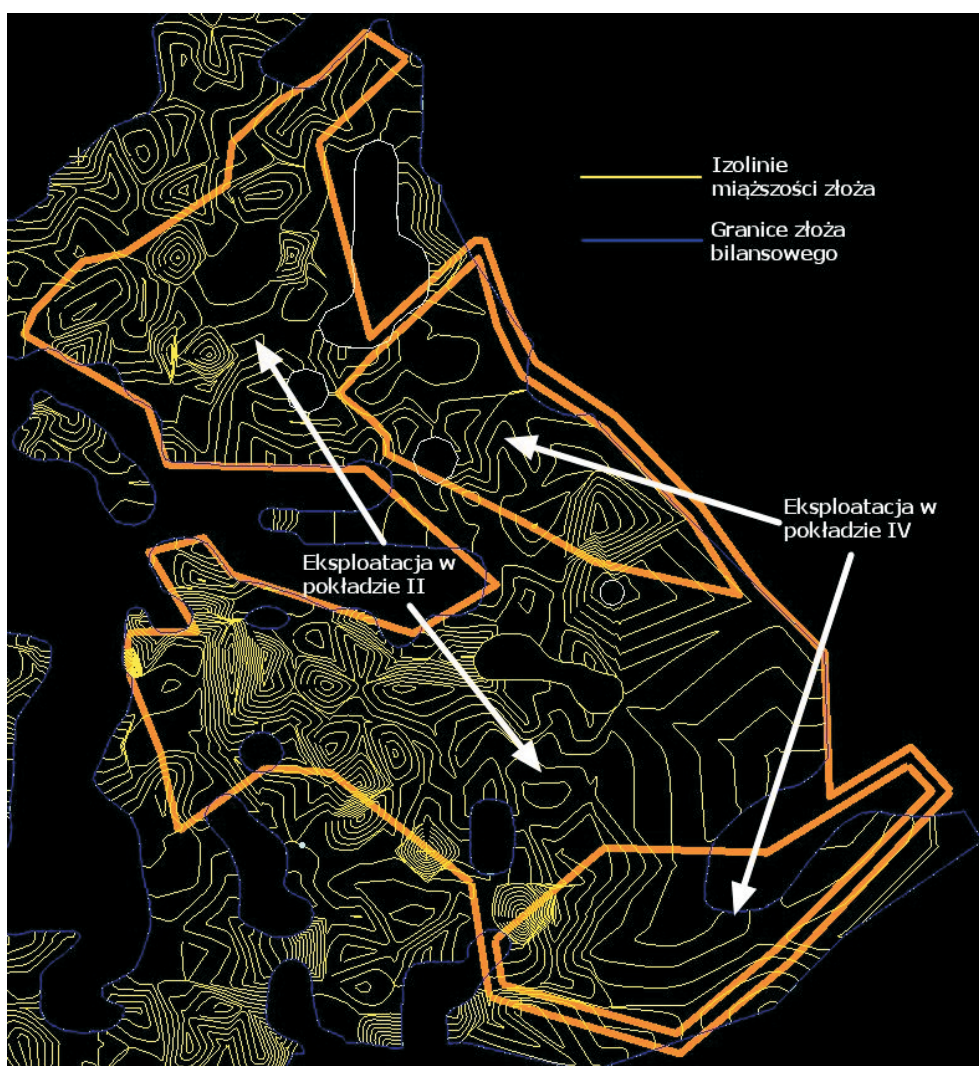
Rys. 1. Postępy frontów eksploatacyjnych na tle mapy sytuacyjnej terenu – 5 rok eksploatacji (oprac. własne)

Fig. 1. Advances of the mining faces against the background of the terrain's situation map – 5th year of mining (own study)



Rys. 2. Fragment modelu blokowego pokazujący rozkład wartości opałowej węgla w złożu (oprac. własne)

Fig. 2. A fragment of the block model showing the distribution of the lignite's calorific value in the deposit (own study)



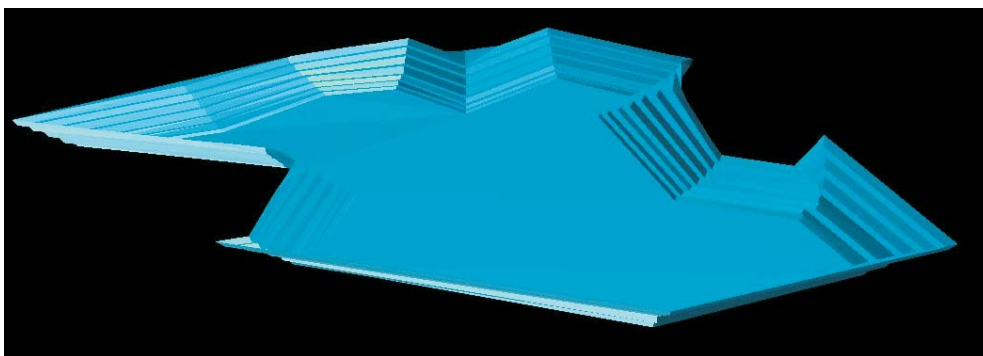
Rys. 3. Kontury zasobów przemysłowych węgla na tle mapy miąższości złoza (oprac. własne)

Fig. 3. Borders of the industrial reserves against the background of the seam's thickness (own study)



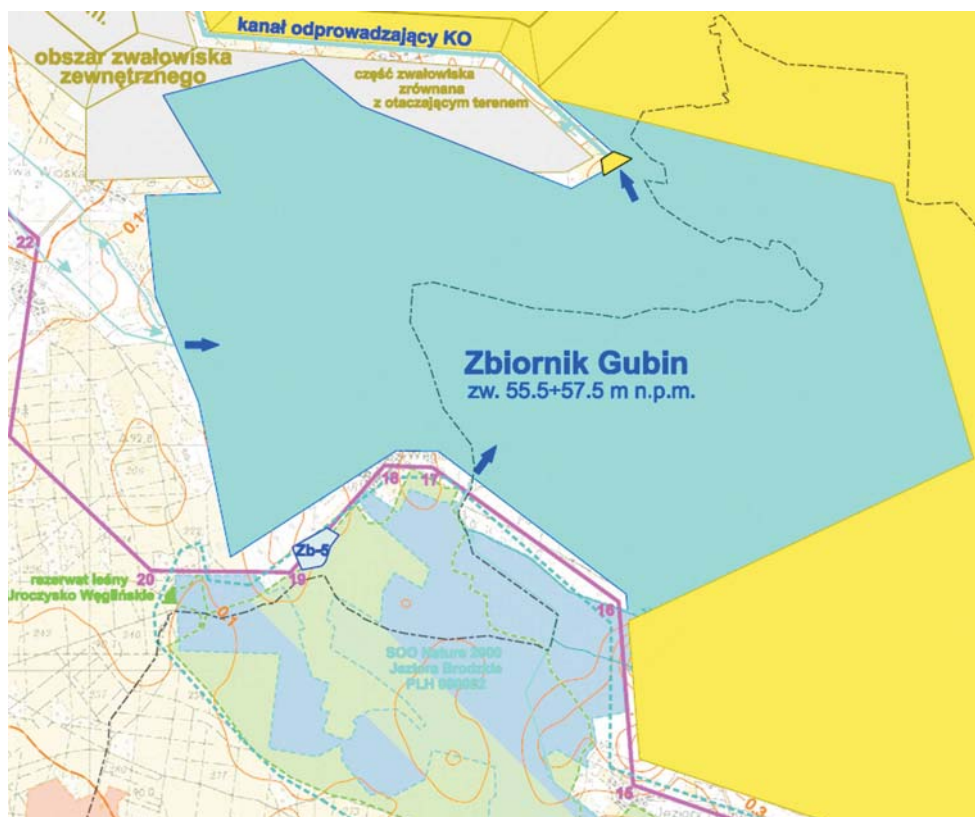
Rys. 4. Postępy frontów roboczych w poszczególnych okresach eksploatacji kopalni (oprac. własne)

Fig. 4. Advances of the mining faces in subsequent periods of the mine's life (own study)



Rys. 5. Trójwymiarowy model końcowego zbiornika wodnego po odkrywcze Gubin (oprac. własne)

Fig. 5. Three-dimensional model of the final pit lake in the Gubin mine (own study)



Rys. 6. Fragment mapy przedstawiającej zagospodarowanie terenu złoża i wypełnione wodą wyrobisko końcowe po zakończeniu eksploatacji (źródło: Projekt... 2012)

Fig. 6. A fragment of spatial development map presenting the reclaimed final pit after the end of mining (source: Feasibility Study... 2012)



#### **4. Zbiornik końcowy**

Położenie zbiornika końcowego wynika z wybranego kierunku eksploatacji złoża. Po przeprowadzeniu wielowariantowych analiz zdecydowano, że najkorzystniejsze będzie udostępnienie złoża w północnej części pola Sadzarzewice z postępowaniem frontów roboczych w kierunku południowym, a następnie południowo-zachodnim i zachodnim. W związku z tym zbiornik końcowy będzie zlokalizowany na terenie pola Węgliny, w południowo-zachodniej części złoża. Na podstawie modelu wyrobiska – przy wykorzystaniu innych narzędzi informatycznych – możliwe było przeprowadzenie symulacji wypełnienia zbiornika wodą (Fischer 2012). Widok modelu wyrobiska końcowego przedstawiono na rysunku 5.

Korzystając z programów typu CAD, które oferują możliwość pracy na wielu podkładach rastrowych i mapach wektorowych jednocześnie, można również bardzo plastycznie przedstawić kształt wyrobiska i zagospodarowanie terenu po zakończeniu eksploatacji (rys. 6).

#### **5. Ocena narzędzi informatycznych wykorzystanych w projektowaniu kopalni Gubin**

Wśród podstawowych kryteriów wykorzystania narzędzi informatycznych w poszczególnych obszarach tematycznych były przede wszystkim: znajomość danego narzędzia przez zespół projektowy oraz dostęp do tych narzędzi w poszczególnych instytucjach biorących udział w przygotowaniu projektu zagospodarowania złoża. Niektóre narzędzia, zwłaszcza programy typu CAD (w projekcie korzystano przede wszystkim z MicroStation) są na tyle uniwersalne, że wymiana plików różnych formatów nie sprawia większych trudności. Najczęściej mają również bardzo podobne funkcje, a kwestia korzystania z danego programu zależy jedynie od preferencji użytkownika.

Nieco inaczej przedstawia się sytuacja w segmencie rynku obejmującym szerokie pakiety specjalistycznego oprogramowania przeznaczone dla górnictwa. Wśród wielu światowych producentów na polskim rynku obecne są firmy: Gemcom Software, CAE Mining, MineScape, a od niedawna również Carlson Software. Tutaj decydującym czynnikiem o wyborze danego programu była dostępność danego programu. Spośród wymienionych firm największym udziałem w ciągle rozwijającym się rynku może pochwalić się firma Gemcom, z której programu o nazwie Surpac korzystano m.in. w czasie okonturowania złoża, przy tworzeniu modelu wyrobiska i obliczaniu postępów eksploatacji. Największą zaletą pakietu jest przede wszystkim szybkość wykonywania obliczeń oraz współpraca z innymi programami (możliwość eksportu i importu wielu typów plików). Natomiast do podstawowych wad należy mała intuicyjność obsługi (może mniej istotna dla bardziej doświadczonych użytkowników, ale ważna na początkowym etapie pracy z programem) oraz praco- i czasochłonność przygotowywania danych wejściowych wynikająca ze ściśle zdefiniowanych wymagań programu. Funkcjonalność konkurencyjnych programów była wielokrotnie omawiana w literaturze (Frankowski i in. 2011; Jurdziak, Kawalec 2004, 2010).

Niektóre aplikacje w ciągu wielu lat obecności na rynku stały się niejako standardami, powszechnie wykorzystywanymi w danej branży. Taka sytuacja występuje np. w zakresie geotechniki, gdzie większość przedsiębiorstw i jednostek badawczo-rozwojowych korzysta z programu SlopeW, umożliwiającym obliczanie stateczności zboczy o zróżnicowanym

TABELA 1. Wykorzystanie narzędzi informatycznych w projektowaniu kopalni Gubin – synteza (opracowanie własne)

TABLE 1. The use of IT tools in the design of Gubin lignite mine – synthesis (own study)

Lp.	Etap pracy	Zadania	Wykorzystane narzędzia informatyczne	Efekty (wyniki)
1.	Model górotworu i model złoża	<ul style="list-style-type: none"> <li>– określenie struktury złoża – położenia stropu i spągu</li> <li>– obliczenie miąższości złoża</li> <li>– określenie przestrzennego rozkładu parametrów jakościowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Isatis (Geovariances)</li> <li>– Surpac (Gemcom Software/ Geovia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– określono miąższość złoża</li> <li>– określono średnie wartości parametrów jakościowych dla całego złoża</li> </ul>
2.	Okonturowanie złoża	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wyznaczenie granic eksploatacji (granic zasobów przemysłowych)</li> <li>– określenie bezpiecznych kątów nachyleń skarp i zboczy</li> <li>– wyznaczenie filarów dla obiektów chronionych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– SlopeW</li> <li>– Bentley MicroStation</li> <li>– Surpac (Gemcom Software/ Geovia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– określono granice zasobów przemysłowych</li> <li>– wyznaczono parametry geotechniczne wyrobiska i zwalowisk</li> <li>– wyznaczono docelowy układ skarp i półek wyrobiska i zwalowiska zewnętrznego</li> <li>– obliczono zasoby w filarach obiektów chronionych</li> </ul>
3.	Obliczenie zasobów złoża	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wyznaczenie parcel bilansowych, przemysłowych i nieprzemysłowych</li> <li>– obliczenie zasobów bilansowych, przemysłowych i nieprzemysłowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Isatis (Geovariances)</li> <li>– Bentley MicroStation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– podzielono złoża na parcele</li> <li>– na podstawie modelu złoża oraz okonturowania obliczono zasoby bilansowe, przemysłowe i nieprzemysłowe w parcelach</li> </ul>
4.	Model wyrobiska	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wyznaczenie kształtu wyrobiska docelowego wraz z układem skarp i półek</li> <li>– obliczenie postępów frontów węglowych, nadkładowych i zwalowych</li> <li>– określenie funkcji poszczególnych zboczy i ich zwymiarowanie</li> <li>– określenie parametrów i objętości zbiornika docelowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Surpac (Gemcom Software / Geovia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stworzono cyfrowy trójwymiarowy model wyrobiska docelowego</li> <li>– obliczono objętości mas węglowych i nadkładowych niezbędnych do wydobycia w okresie funkcjonowania kopalni</li> <li>– wyznaczono postępy frontów eksploatacyjnych, nadkładowych i zwalowych</li> <li>– stworzono model wyrobiska docelowego, obliczono jego objętość po wypełnieniu wodą</li> <li>– określono długości frontów roboczych w poszczególnych okresach eksploatacji</li> </ul>

TABELA 1. cd.

TABLE 1. cont.

Lp.	Etap pracy	Zadania	Wykorzystane narzędzia informatyczne	Efekty (wyniki)
5.	Układy technologiczne	<ul style="list-style-type: none"> <li>– określenie optymalnego przebiegu tras przenośników węglowych i nadkładowych</li> <li>– obliczenie długości tras przenośników w poszczególnych okresach eksploatacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bentley MicroStation</li> <li>– MS Excel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– określono przebieg tras przenośników taśmowych, obliczono ich długości w poszczególnych okresach eksploatacji</li> <li>– stworzono harmonogram zakupu stacji napędowych i tras przenośników</li> </ul>
6.	Model hydro-geologiczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>– określenie wpływu kopalni gubin na środowisko</li> <li>– określenie granic oddziaływania odwodnienia kopalni – wyznaczenie terenu górniczego</li> <li>– oszacowanie dopływów wód podziemnych i powierzchniowych do wyrobiska</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Groundwater Vistas 6 (Environmental Simulations, Inc. ESI)</li> <li>– Bentley MicroStation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zbudowano przestrzenny model przepływu wód podziemnych</li> <li>– określono ilości wód dopływających do wyrobiska</li> <li>– określono rozwój leja depresji w poszczególnych okresach eksploatacji i jego maksymalny zasięg (i tym samym maksymalny zasięg oddziaływania kopalni na środowisko, czyli granice terenu górniczego)</li> <li>– na podstawie przeprowadzonych obliczeń zaproponowano parametry systemu odwadniania</li> </ul>
7.	Model osiadań terenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>– określenie zasięgu niecki obniżeniowej powstałej w wyniku eksploatacji złoża gubin</li> <li>– określenie maksymalnych osiadań terenu w obszarze niecki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Geomedia Professional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wyznaczono maksymalny zasięg powstawania obniżień terenu</li> <li>– wyznaczono kategorię terenu górniczego</li> <li>– wyznaczono maksymalne osiadania terenu powstałe w wyniku eksploatacji</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne

składzie geologicznym i o różnej zawartości wody, określanie bezpiecznych parametrów wyrobiska pod względem nachyleń itd.

## **6. Kierunki dalszych prac i badań**

Obecnie prace projektowe przebiegają wielopłaszczyznowo, wykonywane są dodatkowe badania mające zapewnić możliwie pełną wiedzę na temat przygotowywanego do eksploatacji złoża. Wśród opracowanych zagadnień wysoki priorytet mają metody minimalizacji wpływu kopalni na komponenty środowiska, w tym na obszary chronione.

Po uzyskaniu koncesji na wydobycie kopaliny ze złoża proces projektowania kopalni wejdzie na kolejny poziom szczegółowości. Wśród dokumentów o charakterze formalnym, koniecznych dla funkcjonowania kopalni, tj. plan ruchu zakładu górniczego, konieczne będzie opracowanie planów długo- i krótkoterminowych sterowania jakością urobku dla zapewnienia stabilnych parametrów jakościowych strumienia surowca podawanego do elektrowni.

Zawężając zakres proponowanych działań do wykorzystania informatyki górniczej, można wspomnieć o przeprowadzeniu analiz optymalizacyjnych kształtu wyrobiska pod kątem największej opłacalności ekonomicznej wydobycia. Analizy takie były prowadzone m.in. dla złoża Legnica przez zespół L. Jurdziaka i W. Kawalca (2004, 2010). Optymalizacja polega na takim doborze kształtu wyrobiska poprzez tworzenie szeregu tzw. wyrobisk zagnieżdżonych (*pit shells*) i wyborze takiego, które pozwala zmaksymalizować wartość bieżącą netto (NPV) inwestycji. Narzędzia wykorzystywane w optymalizacji górniczej to m.in. NPVScheduler firmy CAE Mining czy Gemcom Whittle.

Kolejnym wartym uwagi działaniem byłoby zbudowanie szczegółowego modelu złoża, umożliwiającego śledzenie zmienności parametrów jakościowych złoża. Ich znajomość pozwoliłaby na zastosowanie metody symulacji do prognozowania jakości strugi węgla odprowadzanego z kopalni do elektrowni oraz sterowanie nią. Jest to zagadnienie szczególnie istotne w nowoczesnych elektrowniach, które – aby osiągać wysoką sprawność – muszą być zasilane strugą urobku o stabilnych parametrach jakościowych. Wymagana jest zatem homogenizacja węgla nie tylko na placu składowym przy elektrowni, ale także na etapie planowania produkcji w kopalni.

## **Podsumowanie**

Zastosowanie oprogramowania górniczego w znaczący sposób ułatwia pracę projektanta górniczego, pozwalając przeprowadzać w krótkim czasie skomplikowane obliczenia na dużej ilości danych.

Obecnie trudno wyobrazić sobie projekt kopalni bez wykorzystania interdyscyplinarnego zespołu specjalistów korzystającego z szeregu narzędzi informatycznych. Począwszy od budowy geologicznej bazy danych, modelu złoża, modelu hydrogeologicznego, modelu wyrobiska poprzez obliczanie zasobów i określanie postępów eksploatacji aż do sterowania strugą urobku, aby uzyskać stabilne parametry jakościowe nadawy dla elektrowni – narzędzia te są obecne na wszystkich etapach projektowania i funkcjonowania kopalni.

Złoże Gubin jako ciekawy obiekt badań, z pewnością zainteresuje jeszcze kolejne grupy naukowców i inżynierów związanych zawodowo zarówno z górnictwem, jak i dziedzinami pokrewnymi – geologią, geotechniką, inżynierią i ochroną środowiska. Wielkość zasobów (warunkująca długi czas eksploatacji) sprawia, że potencjalnych problemów projektowych z pewnością nie zabraknie w ciągu kilkudziesięciu lat przewidywanej eksploatacji.

### *Literatura*

- Dyczko i in. 2012 – Dyczko A., Galica D., Sypniowski S., 2012 – Modelowanie złoża do potrzeb planowania produkcji w kopalniach. Wiadomości Górnicze nr 7–8/2012.
- Fiszer J., 2012 – Prognoza zmian hydrogeologicznych spowodowanych odwodnieniem projektowanej kopalni węgla brunatnego „Gubin”. Węgiel Brunatny nr 3/80.
- Frankowski i in. 2011 – Frankowski R., Sośniak E., Gądek A., 2011 – Komputerowe modele złoża „Bełchatów”. Węgiel Brunatny nr 3/76.
- Hustrulid W., Kuchta M., 2006 – Open pit mine planning & design, Vol. 1 – Fundamentals. Taylor&Francis Group, Londyn.
- Jurdziak L., Kawalec W., 2004 – Analiza wrażliwości wielkości i parametrów wyrobiska docelowego kopalni węgla brunatnego na zmianę ceny bazowej węgla. Górnictwo i Geologia VII. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 106, Seria: Studia i Materiały Nr 30, Wrocław 2004.
- Jurdziak L., Kawalec W., 2010 – Studium optymalizacji scenariuszy technologicznych kopalni węgla brunatnego Legnica. Górnictwo i Geoinżynieria r. 34, z. 3.
- Naworyta W., Badera J., 2012 – Diagnostyka uwarunkowań społecznych gmin Gubin i Brody w kontekście projektowanego zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin. Polityka Energetyczna t. 15, z. 3.
- Naworyta W., Sypniowski S., 2012 – Zagospodarowanie złoża węgla brunatnego Gubin – wybrane problemy projektowania kopalni. Polityka Energetyczna t. 15, z. 3.
- Projekt Zagospodarowania Złoża węgla brunatnego Gubin, 2012–2013 – Fundacja dla AGH, Kraków, nie publ.
- Sypniowski S., 2012 – Produkcja informatycznie zaplanowana. Surowce i Maszyny Budowlane nr 1.
- Uberman R., Naworyta W., 2012 – Eksploatacja złóż węgla brunatnego w warunkach ograniczeń przestrzennych i ekologicznych, studium przypadku złoża Gubin. Polityka Energetyczna t. 15, z. 3.

