

Znaczenie kosztów nabycia terenu w projekcie kopalni odkrywkowej węgla brunatnego

The importance of land acquisition costs in a lignite surface mine project



Mgr inż. Michał Dudek^{*)}



Dr hab. inż. Leszek Jurdziak^{*)}



Dr inż. Witold Kawalec^{*)}

Treść: Koszty nabycia terenu są istotnym składnikiem kosztów w eksploatacji węgla brunatnego. Wąski margines zysku ze sprzedaży energii zmusza kompanie górniczo-energetyczne do szczególnie wnikliwej analizy wyników ekonomicznych planowanych inwestycji górniczych. Z niezbędną pomocą przychodzą specjalistyczne narzędzia modelowania cyfrowego i optymalizacji kopalń odkrywkowych, bazujące na modelu ekonomicznym złoża, w którym można uwzględnić zmienne koszty powierzchniowe. Przedstawiono symulacje wyniku finansowego wariantowego wyrobiska docelowego, zbudowanego na podstawie modelu ekonomicznego wyeksploatowanego złoża węgla brunatnego z uwzględnieniem kosztu nabycia działek na podstawie studialnego zestawu danych, przygotowanego w środowisku GIS.

Abstract: Land acquisition costs are important for lignite surface mining. Narrow profit margin from selling electric energy makes mining and power generation companies analyse carefully the profitability of potential mining investments. These analyses are supported with the specialized modeling and pit optimization software that bases upon an economic model of a deposit with regard to the varying land acquisition costs. Simulations of the profitability of an ultimate pit, built upon the economic model of a lignite deposit with simulated land acquisition costs of digitized overlying terrain parcels are presented. The presented case is worked out by use of the study models of the already exhausted lignite deposit and surface data processed with GIS.

Słowa kluczowe:

model ekonomiczny złoża, algorytm Lerchsa-Grossmanna, koszty emisji CO₂, modelowanie kosztów terenu

Key words:

economic ore body model, Lerchs'-Grossmann algorithm, CO₂ emission costs, surface costs modeling

1. Wprowadzenie

Szacuje się, że około 10,3 % przesiedleń ludności jest spowodowanych planowaną eksploatacją górnictwem [10]. Kwestie relokacji nierozłącznie związane są z kosztami, w tym trudnymi do oszacowania kosztami społecznymi. Dla utrzymania bieżącej struktury zużycia surowców energetycznych będzie niezbędne uruchomienie eksploatacji nowych złóż węgla brunatnego, co oznacza konieczność poniesienia kosztów relokacji ludności [12]. Dokładniejsze oszacowanie tych kosztów przy projektowaniu nowych przedsięwzięć przełoży się na dokładniejsze studia wykonalności.

Polskie regulacje dotyczące wyceny nieruchomości zawarte są w prawie krajowym, które nie powinno być sprzeczne

z prawem wspólnotowym Unii Europejskiej. Ośrodki, osoby właściwe do szacowania wartości nieruchomości zrzeszają się w stowarzyszenia, grupy zawodowe przestrzegające określonych zasad wyceny. Istniejący trend do unifikacji metod wyceny powoduje zbieżność krajowych standardów ze standardami międzynarodowymi „IVSC”, z ang. *International Valuation Standards Council* czy „TEGoVA” Europejska Grupa Stowarzyszeń Rzeczoznawców Majątkowych. Próby unifikacji metod wyceny nieruchomości dla potrzeb przemysłu wydobywczego zakończyły się powstaniem noty Guidance Note 14 „Extractive Industries” w ramach Międzynarodowych Standardów Wyceny 2005. W roku 2010 notę wycofano do dalszych prac, które to miały się zakończyć w pierwszym kwartale 2014 roku [3].

Rozważania na temat wartości nieruchomości położonych na złożach kopalni były już prowadzone [4, 5, 11]. Przed

^{*)} Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii

zmianą prawa geologicznego i górniczego (2011) własność złóż kopalin uzależniona była m.in. od przestrzennego zasięgu prawa własności, czy stanowiły one część składową nieruchomości gruntowej. W świetle niejasnych przepisów zasięg tego prawa podyktowany był społeczno-gospodarczym przeznaczeniem nieruchomości [9]. Po zmianie prawa geologicznego i górniczego (2011) w Art. 10. ust. 3. zawarto zapis, że złoża kopalin niewymienione w art. 10. ust. 1 i 2 są objęte prawem własności nieruchomości gruntowej. Zatem problematyczna jest wycena pozostałych tych nieruchomości jako (z ang.) „*mineral property*” – nieruchomości przeznaczonych pod eksploatację górnica jako optymalny sposób wykorzystania, generujący najwyższą ich wartość (gdź zakres wyceny nie może obejmować czegoś, co z ustawy do nieruchomości nie należy).

W ten sposób przechodząc do tematyki odszkodowań i wartości godziwej nieruchomości, dla celów zawartych w artykule przeanalizowano 23 rzeczywiste przypadki wykupu nieruchomości pod eksploatację węgla brunatnego w latach 1995 ÷ 2004 w Polsce. Analizą objęto akty notarialne i operaty szacunkowe. Wykup nieruchomości odbywał się w ramach negocjacji z właścicielami, gdzie wartością wyjściową nieruchomości był operat szacunkowy wartości rynkowej. W procesie negocjacji ostateczna cena z aktów notarialnych stanowiła około 150 % wartości z oszacowania. Choć nie brakowało transakcji (6 z 23), dla których cena z aktu notarialnego była wartością z operatu szacunkowego.

Do prowadzonych analiz wielkości wyrobisk docelowych z wykorzystaniem algorytmu Lerchsa-Grossmanna przygotowano w środowisku ArcGIS mapę wektorową wartości nieruchomości, stanowiącą rzeczywistą mapę ewidencyjną z podziałem na trzy główne warstwy: budynki, nieruchomości rolne, nieruchomości rolne zabudowane (rys. 1). Klasyfikacja ta podyktowana była względami budowy dostępnej mapy ewidencyjnej i istnieniu charakterystyk opisowych średnich cen transakcyjnych dla wspomnianych trzech grup.

Możliwe jest również poszerzenie analiz o inne transakcje z Rejestru Cen i Wartości Nieruchomości, jednakże dla ograniczenia wpływu subiektywnego określania wartości nieruchomości dla potrzeb analizy kosztów posłużono się danymi z Głównego Urzędu Statystycznego – Obrót Nieruchomościami w 2012 r., gdzie zawarto m.in. charakterystyki opisowe średnich cen transakcyjnych wolnorynkowych na szczeblu powiatów budynków mieszkalnych, gruntów rolnych oraz gruntów rolnych zabudowanych [8] w 2012 r. Dane te stanowią ceny średnie w zł/m² przyjęte na podstawie wszystkich aktów notarialnych dla transakcji wolnorynkowych z danego okresu. Zatem próba statystyczna jest istotna. Dla charakterystyk opisowych dopasowano funkcje gęstości prawdopodobień-

stwa Gamma cen transakcyjnych wolnorynkowych (rys.2).

$$f(x) = \frac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)}{\Gamma(\alpha)} \quad (1)$$

gdzie: α - parametr kształtu, β - parameter skali, Γ - funkcja Gamma

Dla celów analizy ekonomicznej został zbudowany studialny model cyfrowy wyeksploatowanego już złoża węgla brunatnego. Na podstawie danych 2558 odwiertów w programie ISATIS (Geovariances) metodą krigingu zwyczajnego dokonano estymacji przestrzennej zmienności parametrów jakościowych: wartości opałowej, popielności i zawartości siarki. Model strukturalny złoża węgla i interpolacja parametrów jakościowych zostały wykonane w środowisku modelowania geologicznego i projektowania CAE Mining Studio (dawniej Datamine). Przyjęto wymiary komórki bazowej modelu blokowego 50×50×5 m (z podziałem w obszarze pokładu węgla do 25×25×1 m), dogodnie zarówno z uwagi na gęstość opróbowania, jak i łatwość dopasowania do kąta generalnego nachylenia zbocza (15°) oraz wymiary typowych zabierek na poziomach eksploatacyjnych w kopalniach węgla brunatnego.

Dla analizowania wartości złoża wykorzystano wskaźnik jakościowy FRAC, który agreguje parametry jakościowe i który był stosowany w formułach cenowych węgla używanych dla rozliczania dostaw węgla z kopalni do elektrowni.

$$FRAC = \frac{Q_R}{Q_B} - \frac{A_R - A_B}{200} - \frac{S_R - S_B}{10} \quad (2)$$

gdzie:

Q_R i Q_B - rzeczywista i bazowa wartość opałowa węgla brunatnego (kJ/kg)

A_R i A_B - rzeczywista i bazowa zawartość popiołu w węglu brunatnym (%)

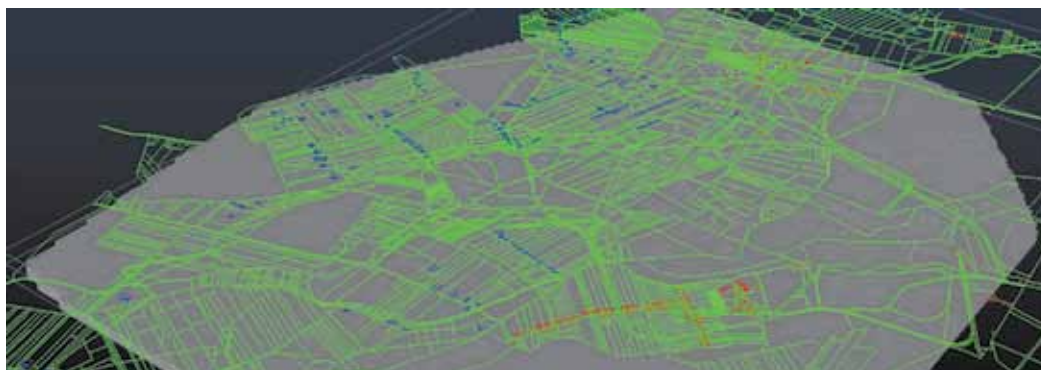
S_R i S_B - rzeczywista i bazowa zawartość siarki w węglu brunatnym (%)

parametry węgla bazowego:

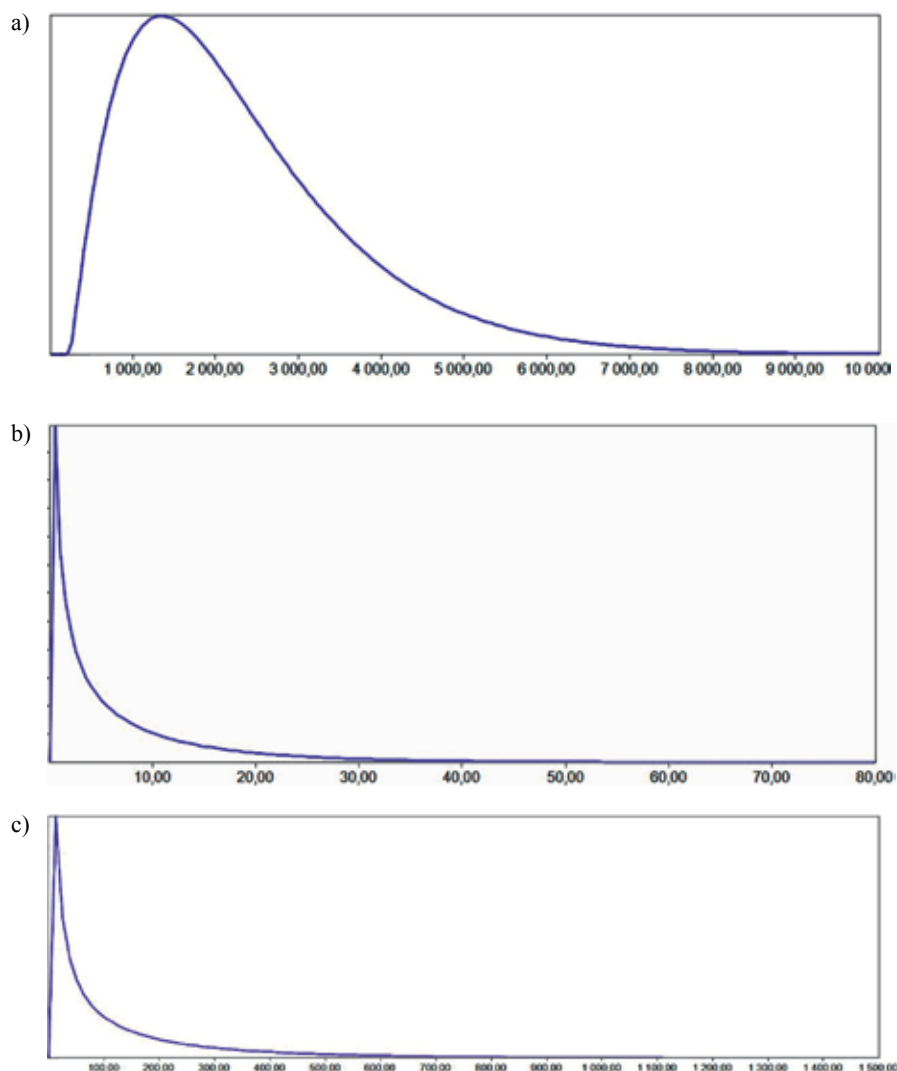
$Q_B = 8850$ kJ/kg, $A_B = 12$ %, $S_B = 0,6$ %

2. Budowa cyfrowego modelu ekonomicznego złoża i powierzchni

Na etapie studium opłacalności inwestycji górnicznej nie są jeszcze ustalone ceny poszczególnych działek, ale w obrębie planowanego obszaru górniczego dostępna jest mapa ewidencyjna gruntów i ich klasyfikacja. W celu analizy wariantowych



Rys. 1. Blokowy model złoża węgla brunatnego z mapą kosztów powierzchniowych (CAE Mining Studio)
Fig. 1. Block model of the lignite deposit with the surface costs map (CAE Mining Studio)



Rys. 2. Funkcje gęstości prawdopodobieństwa Gamma dla cen transakcyjnych wolnorynkowych nieruchomości na rynku lokalnym w 2012, zł/m² (źródło: Modelrisk)

Fig. 2. Gamma distribution functions for transactions of land parcels on the local market in 2012, PLN/m² (source: Modelrisk)

scenariuszy trendu cen nieruchomości, autorzy zaproponowali metodę symulacji kosztów powierzchniowych na podstawie identyfikacji rodzaju nabywanych działek i opracowanego rozkładu ich cen jednostkowych (w obrębie danego rodzaju). Koszt nabycia każdej działki został wariantowo oszacowany na podstawie rozpoznanego rozkładu cen transakcyjnych (rys. 2).

Kwantyle rozkładów cen (rys. 2) określają prawdopodobieństwo, z jakim cena metra kwadratowego działki danego rodzaju nie będzie wyższa od odpowiedniej wartości z tablicy 1. Do symulacji kosztów powierzchniowych przyjęto medianę oraz wariantowo kwantyle: 0.125, 0.625, 0.75 i 0.875. Mediana określa średni poziom cen, podczas gdy kwantyl 0.875 – najmniej korzystny dla inwestora wariant wysokich cen nabycia działek.

Dla każdego scenariusza wartości działek danego rodzaju zostały określone na podstawie przyjętego poziomu ceny z tabl.1 i automatycznie obliczonej powierzchni działki i przypisane obwiedni każdej działki (CAE Mining Studio). Studialny model terenu zawierał ponad 5100 działek.

Tablica 1. Kwantyle rozkładu cen nieruchomości
Table 1. Quantiles of the distribution of land prices

kwantyl	budynki mieszkalne zł/m ²	nieruchomości rolne zabudowane zł/m ²	nieruchomości rolne zł/m ²
0.125	894	0.81	0.14
0.25	1257	2.06	0.49
0.375	1606	8.15	1.21
0.5	1981	22.32	2.43
0.625	2421	50.85	4.40
0.75	2991	106.99	7.72
0.875	3894	232.89	14.30

W Polsce kopalnie węgla brunatnego należą obecnie do kompanii energetycznych i ewentualne decyzje inwestycyjne też będą podejmowane przez kompanie energetyczne albo szukające nowego złoża węgla dla przedłużenia produkcji energii w istniejącej elektrowni, albo planujące inwestycję typu „greenfield”. Z tego względu, dla oceny wpływu kosztów wykupu terenu dla potrzeb eksploatacji odkrywkowej kopal-

ni węgla brunatnego posłużono się prezentowaną od kilku lat koncepcją zintegrowanego modelu kopalni i elektrowni [6, 7]. Budowę modelu ekonomicznego oparto na założeniu, że produktem eksploatacji górniczej złoża węgla brunatnego jest energia elektryczna. Uwzględniając wartość ekwiwalentu energii elektrycznej w energii spalania węgla, założoną sprawność elektrowni, względną jakość węgla (reprezentowaną przez wskaźnik jakościowy) oraz cenę bazową energii, każdej tonie węgla przypisano indywidualną cenę przeliczoną z ceny energii elektrycznej.

Koszt przetworzenia węgla na energię w elektrowni został potraktowany jako koszt przeróbki produktu, zaś koszt uprawnień do emisji CO₂, po przeliczeniu emisyjności na podstawie jakości węgla i sprawności elektrowni [1] wprowadzono jako koszt sprzedaży produktu – energii. Koszty te odnoszą się do węgla, natomiast uśredniony koszt eksploatacji jest przypisany do jednostki objętości urabianego materiału (nadkładu lub węgla).

Przyjęto następujące parametry ekonomiczne wg założeń polityki energetycznej po roku 2020:

- cena energii: 400 zł/MWh
- jednostkowy koszt produkcji energii w elektrowni (bez kosztów paliwa): 40 zł/MWh,
- sprawność elektrowni: 45%
- przewidywany koszt uprawnień do emisji CO₂: 30 EUR/t CO₂
- jednostkowy koszt wydobycia: 7 zł/m³

Model ekonomiczny złoża energii elektrycznej zawartej w węglu został wygenerowany w programie CAE Mining NPV Scheduler po wczytaniu blokowego modelu jakościowego złoża węgla. Utworzony model zawierał 59,5 mln t węgla o średniej wartości wskaźnika jakości FRAC=1,1195 (czyli 62,3 mln t węgla przeliczeniowego) o łącznej wartości zawartej w nim energii 18 937 mln zł. Pokład węgla zalega poziomo, geologiczny wskaźnik N:W wynosi ok. 9,5:1 i jest mało zmienny w obszarze złoża.

3. Scenariusze wyrobiska docelowego kopalni

W warunkach zintegrowanego przedsiębiorstwa kopalni i elektrowni zasoby bilansowe złoża eksploatawanego przez kopalnię należy wyznaczyć z uwzględnieniem całego łańcucha tworzenia wartości. Można to wykonać, stosując metody optymalizacji wyrobiska docelowego.

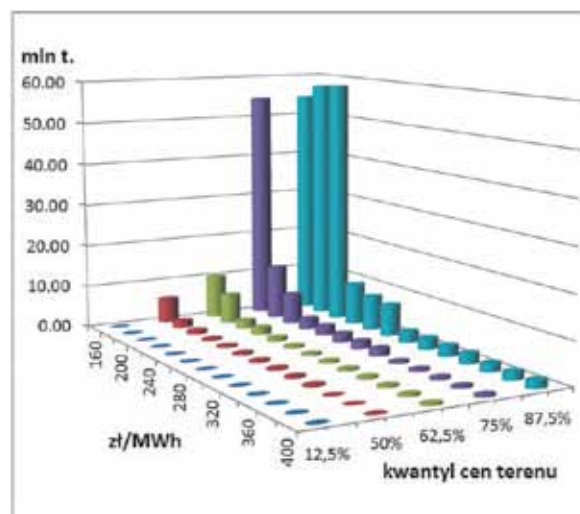
Wyrobisko docelowe to wyrobisko, które dla danych wartości ekonomicznych obliczonych dla komórek modelu blokowego złoża ma największą wartość (niezdykontowaną) spośród wszystkich możliwych wyrobisk spełniających ograniczenia dotyczące kąta skarpowego. Wyrobisko docelowe identyfikuje zasoby bilansowe. Standardowo stosowanym algorytmem optymalizacji wyrobiska docelowego jest algorytm Lerchsa-Grossmanna.

Na bazie modelu ekonomicznego wygenerowano szereg wyrobisk docelowych z uwzględnieniem symulowanych

kosztów nabycia terenu dla potrzeb eksploatacji górniczej. W algorytmie optymalizacji wyrobiska zakup każdej parceli jest rozpatrywany indywidualnie i w razie pozytywnej decyzji o zajęciu danego terenu, koszt nabycia parceli jest dodawany do kosztów kapitałowych. Parcele są nabywane wyłącznie w całości, tj. bez możliwości podziału i zakupu jedynie fragmentu parceli zajmowanego przez obszar górniczy.

Analiza wariantowych scenariuszy kosztów nabycia terenu w środowisku programu optymalizacji odkrywki pozwala inwestorowi górniczemu na elastyczne prowadzenie negocjacji z właścicielami działek, gdyż można szybko sprawdzić wpływ każdej transakcji na postać wyrobiska docelowego i rozkład przestrzenny kosztów i zysków. Wygenerowanie cyfrowych modeli wyrobiska docelowego dla 6 wariantów poziomu kosztów powierzchni (wraz ze scenariuszem bazowym – bez tych kosztów) trwa zaledwie kilka godzin. Włączenie analizy ryzyka geologicznego (wykorzystanie warunkowej symulacji) i analizy ryzyka na rynku energii znacznie zwiększa zapotrzebowanie na moc obliczeniową, która jest dostępna „w chmurze” (CAE Summit™) i pozwala na przetwarzanie około 5 tysięcy optymalizowanych scenariuszy górniczych w ciągu doby.

W tabelicy 2 przedstawiono podstawowe parametry optymalnych wyrobisk docelowych utworzonych dla symulowanych poziomów kosztów nabycia terenu pod eksploatację górniczą. Z uwagi na różne technologiczne możliwości zwalowania nadkładu (na zwałowisku zewnętrznym, w wyrobisku końcowym sąsiedniej odkrywki, na przedpolu) pominięto koszty nabycia terenu na ewentualne zwałowisko zewnętrzne.

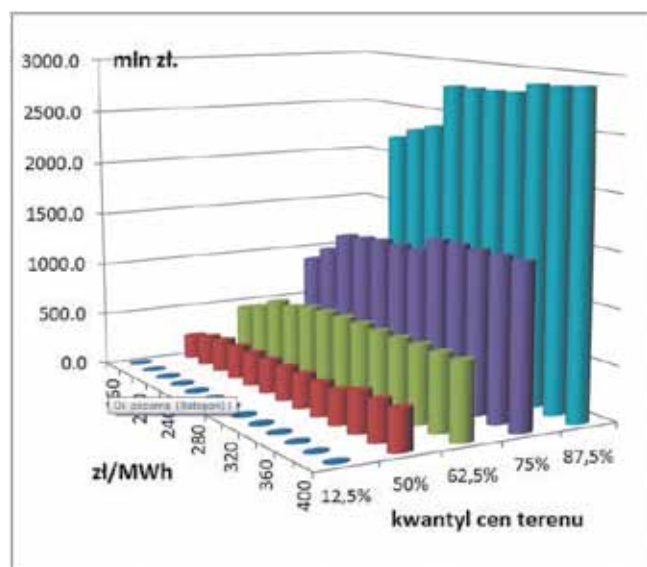


Rys. 3. Utrata zasobów (mln.t) w wyrobisku docelowym dla różnych cen energii (zł/MWh) i scenariuszy kosztów terenu w porównaniu do wariantu bez tych kosztów

Fig. 3. Loss of reserves (mln tonnes) in an ultimate pit for various energy prices (PLN/MWh) and land acquisition cost scenarios compared to the costless one

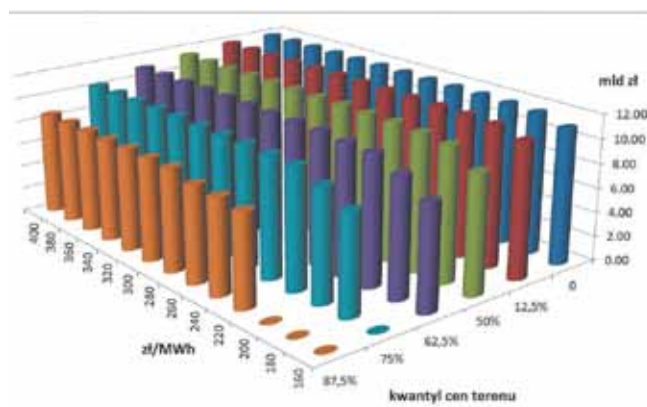
Tablica 2. Porównanie scenariuszy wyrobiska docelowego dla różnych poziomów cen nabycia terenu (NPV Scheduler)
Table 2. Comparison of ultimate pit scenarios for various levels of land acquisition cost (NPV Scheduler)

poziom kosztów terenu	Zasoby, mln t	N/W	koszty zakupu terenu mln zł	koszty eksploatacji mln zł	zysk, mln zł
bez kosztów terenu	59.20	9.670	0	4 353	11 860
kwantyl 12,5%	59.20	9.670	14	4 353	11 846
mediana	59.19	9.664	378	4 349	11 481
kwantyl 62,5%	58.71	9.651	708	4 309	11 065
kwantyl 75%	58.67	9.647	1 481	4 304	10 285
kwantyl 87,5%	57.29	9.574	2 909	4 173	8 606



Rys. 4. Koszty nabycia terenu (mln zł) na obszarze wyrobiska docelowego dla różnych cen energii (zł/MWh) i scenariuszy kosztów terenu

Fig. 4. Land acquisition costs (mln PLN) in the area of the ultimate pit for various energy prices (PLN/MWh) and land acquisition cost scenarios



Rys. 5. Niezdykontowana wartość (mld zł.) wyrobiska docelowego wygenerowanego dla różnych cen energii (zł/MWh) i poziomu kosztów terenu (obliczona dla ceny bazowej 400zł/MWh)

Fig. 5. Undiscounted ultimate pit phases profit (bn PLN) generated for various energy prices (PLN/MWh) and land acquisition cost scenarios (calculated for the base price of 400 PLN/MWh)

Standardowo dla procedury optymalizacji wykonano też analizę wrażliwości scenariusza wydobycia na cenę produktu – energii elektrycznej. Wybrane wyniki prezentują wykresy (rys. 3, 4, 5).

Warto zauważyć, że model zintegrowanego przedsiębiorstwa górniczo-energetycznego umożliwia akceptację wysokich cen nabycia terenu pod eksploatację, szczególnie w przedziale dużych cen energii, pod warunkiem założenia wysokiej sprawności elektrowni (tu: 45 %). Analizowane złożo zawiera węgiel o wysokiej i uśrednionej jakości, co powoduje uzyskanie wysokiej ceny produktu *in-situ*. Duży przychód ze sprzedaży energii pozwala na pokrycie stabilnych kosztów eksploatacji (niemal stały wskaźnik N:W), spodziewanych kosztów uprawnień do emisji CO₂ i symulowanych – nabycia terenu. Uzyskane zależności są charakterystyczne dla konkretnego złoża i jego modelu.

4. Podsumowanie

Przedstawiono na studialnym modelu metodę analizowania wpływu kosztów nabycia terenu na potrzeby eksploatacji górniczej złoża węgla brunatnego na wielkość opłacalnych zasobów i wyniki ekonomiczne całego przedsięwzięcia produkcji energii w elektrowni węglowej.

Symulacja cen nieruchomości pozwala, z zadanym prawdopodobieństwem, określić spodziewany wynik finansowy inwestycji (bez zmienności innych czynników).

Zastosowanie różnorodnych technik informatycznych: systemów informacji geograficznej, przestrzennego modelowania złóż i algorytmów optymalizacji dostarcza wielu danych służących właściwemu rozpoznaniu opłacalności inwestycji górniczej w zmieniających się warunkach ekonomicznych i regulacyjnych (np. koszty emisji CO₂).

Intensywne wykorzystanie różnych narzędzi informatycznych swobodnie wymieniających między sobą dane w różnych formatach pozwala zautomatyzować i przetworzyć w ciągu kilku godzin ogromną liczbę przestrzennych danych cyfrowych obejmujących informacje o nieruchomościach (5 tys. obwiedni z cenami działek), model terenu (ok. 1 000 ha), model złoża (>300 tys. komórek), dla 6 scenariuszy cen terenu i wybranej cenie wykupu pozwolenia na emisję CO₂.

Autorzy dziękują *KWB „Konin”* za udostępnienie do celów badawczych archiwalnych danych. Zostały one przetworzone przy pomocy użytkowanych na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej specjalistycznych programów *ArcGIS*, *Modelrisk*, *Isatis*, *CAE Mining Studio* i *CAE Mining NPV Scheduler*.

Literatura

1. Galetakis M., Vamvuka D.: Lignite Quality Uncertainty Estimation for the Assessment of CO₂ Emissions. *Energy & Fuels* 23, 2009, s. 2103÷2110
2. Główny Urząd Statystyczny, 2013, Obrót Nieruchomościami w 2012 r. Informacje i opracowania statystyczne Warszawa 2013 r.
3. International Valuation Standards, Polish edition, Polska Federacja Stowarzyszeń Rzeczoznawców Majątkowych, 2005, 265÷267.
4. Jasiński J.: Gospodarka zasobami oraz specyfika wyceny nieruchomości gruntowych położonych na złożach kopalin, *Rzeczoznawca Majątkowy* nr 33, 2002.
5. Jasiński J.: Specyfika i metodologia wyceny nieruchomości gruntowych położonych na złożach kopalin. Część II. *Biuletyn Stowarzyszenia Rzeczoznawców Majątkowych Województwa Wielkopolskiego* 2013
6. Jurdziak L., Kawalec W.: Wpływ wzrostu sprawności elektrowni oraz polityki CCS na wielkość zasobów bilansowych węgla brunatnego w warunkach bilateralnego monopolu kopalni i elektrowni. *Polityka Energetyczna*. 2010, t. 13, z. 2, s. 181÷197
7. Jurdziak L., Kawalec W.: The method of evaluating lignite reserves with regard to carbon costs, *Proceedings of the IAMG 2011 conference*, September 5-9 2011, Salzburg
8. Jurdziak L., Kawalec W.: Elektrownia jako zakład przeróbki kopalni węgla brunatnego - nowe możliwości optymalizacji łącznych działań. *Górnictwo i Geoinżynieria*. 2011, R. 35, z. 3, s. 95÷101,
9. Kalus S.: Prawne aspekty określania pionowych granic nieruchomości, *Materiały z XX Krajowej Konferencji Rzeczoznawców Majątkowych*, Katowice 2011.
10. Rew A., Fisher E., Pandey B.: Addressing Policy Constraints and Improving Outcomes in Development-Induced Displacement and Resettlement Projects (Final Report), *Refugee Studies Centre*, University of Oxford, January 2000
11. Standard V.7, 2004, Wycena nieruchomości gruntowych położonych na złożach kopalin, *Standardy zawodowe Polskiej Federacji Stowarzyszeń Rzeczoznawców Majątkowych*, wyd.8, Warszawa 2004r.
12. Termiski, B.: Mining-induced displacement and resettlement: social problem and human rights issue. *Genf*, 2012.