

Kazimierz CZOPEK*, Mariusz SIERPIEŃ**

Analiza wariantowa opłacalności zagospodarowania nowego złoża węgla brunatnego

STRESZCZENIE. Artykuł podaje przykładową procedurę oceny ekonomicznej zagospodarowania nowego złoża węgla brunatnego. Zwrócono uwagę na sposób wyznaczania zakresu wartości zmiennych decyzyjnych we wzorze na NPV. Uwzględniono specyfikę kopalni węgla brunatnego przy ustalaniu przepływów finansowych, przyjmując zamiast kosztów operacyjnych jednostkowe koszty urabiania masy.

Prezentowana w artykule analiza jest poszerzoną modyfikacją analizy wrażliwości, stosowanej jak wiadomo do oceny ryzyka projektów inwestycyjnych. Wspomniane poszerzenie polega między innymi na analizie zmian NPV pod wpływem nie jednego parametru a dwóch. Prócz tego zmiany parametrów wpływających na wartość NPV, czyli głównie ceny sprzedaży węgla, kosztu jednostkowego wydobycia masy, stopy dyskontowej nie są wyrażane procentowo a poprzez wartości realnie notowane w kopalniach węgla brunatnego. Prowadzona analiza dotyczy nie tylko jednego parametru wynikowego, czyli NPV, ale również innych, ważnych przy wszechstronnej ocenie projektu inwestycyjnego, takich jak wewnętrzna stopa zwrotu IRR, zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, indeks rentowności IP, stopę zwrotu RONA, ekonomiczną wartość dodaną EVA, okres zwrotu.

Analizę przeprowadzono na przykładzie złoża Legnica Zachód, które w rozważaniach nad perspektywą węgla brunatnego pojawia się najczęściej, ze względu na duże zasoby tego złoża, bardzo dobrą jakość węgla, dostateczne rozeznanie geologiczne, stosunkowo niewielkie przeciwwskazania ekologiczne. Przeprowadzona analiza 100 wariantów pokazała graniczne parametry zmiennych, przy których projektowane zagospodarowanie złoża byłoby opłacalne. Podano w artykule metoda oże być wykorzystana przy wyborze najkorzystniejszego wariantu dla złóż satelitarnych bądź innych złóż perspektywicznych.

SŁOWA KLUCZOWE: analiza, energetyka, węgiel brunatny, efektywność inwestycji, rozwiązania wariantowe

* Prof. zw. dr hab. inż., ** Dr inż. — Katedra Ekonomiki i Zarządzania w Przemysle, Wydział Górnictwa i Geinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie; e-mail: kczopek@agh.edu.pl

1. Stan obecny i perspektywa energetyki na węglu brunatnym

Przy produkcji energii elektrycznej w Polsce wykorzystuje się, jak wiadomo, głównie węgiel kamienny i brunatny, stanowiące około 90% wszystkich źródeł. Węgiel brunatny nie jest co prawda paliwem dominującym, ale spełnia specyficzną rolę, bowiem przy nieco ponad 25-procentowej mocy zainstalowanej, produkcja energii elektrycznej z tego paliwa w ostatnich latach wahała się od 33 do 35%.

W 2008 roku wydobyto 59 437 tys. Mg węgla brunatnego w czterech kopalniach:

- ✧ KWB Adamów (trzy odkrywki – Adamów, Koźmin, Władysławów) – 4 432 tys. Mg,
- ✧ KWB Bełchatów (dwie odkrywki – Bełchatów, Szczerców) – 32 907 tys. Mg,
- ✧ KWB Konin (cztery odkrywki – Kazimierz, Józwin, Lubstów, Drzewce) – 9 926 tys. Mg,
- ✧ KWB Turów (jedna odkrywka – Turów) – 12 172 tys. Mg.

Wydobyty węgiel wykorzystywany jest w sześciu elektrowniach o łącznej mocy zainstalowanej 8 997 MW:

- ✧ Elektrownia Konin – 193 MW,
- ✧ Elektrownia Pątnów – 1 200 MW,
- ✧ Elektrownia Pątnów II – 464 MW,
- ✧ Elektrownia Adamów – 600 MW,
- ✧ Elektrownia Turów – 2 100 MW,
- ✧ Elektrownia Bełchatów – 4 440 MW.

W roku 2008 wyprodukowano w Polsce 161 858 GW·h energii, w tym z węgla brunatnego 52 700 GW·h, czyli 32,56%.

Ważnym atutem produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego jest fakt, iż jest to w chwili obecnej energia najtańsza, zwłaszcza w porównaniu z węglem kamiennym. Wynika to przede wszystkim z jednostkowego kosztu zużywanego węgla w elektrowniach:

- ✧ na węglu kamiennym:
 - ✧ w 2007 roku – 6,70 zł/GJ,
 - ✧ w 2008 roku – 7,74 zł/GJ;
- ✧ na węglu brunatnym:
 - ✧ w 2007 roku – 5,34 zł/GJ,
 - ✧ w 2008 roku – 5,81 zł/GJ.

Ponieważ koszt węgla stanowi około 50% kosztów produkcji energii elektrycznej, w związku z tym również ceny sprzedaży energii elektrycznej z obu paliw kształtowały się w podobnych proporcjach:

- ✧ na węglu kamiennym:
 - ✧ w 2007 roku – 148,46 zł/MW·h,
 - ✧ w 2008 roku – 160,49 zł/MW·h;
- ✧ na węglu brunatnym:
 - ✧ w 2007 roku – 136,46 zł/MW·h,
 - ✧ w 2008 roku – 142,54 zł/MW·h.

Ten pozytywny obraz zaciemniają nieco dwa fakty. Pierwszy z nich to systematyczne zmniejszanie się zasobów węgla brunatnego w istniejących rejonach eksploatacji z równo-

czesnym wzrostem trudności zagospodarowania tak zwanych złóż satelitarnych. Po drugie, w przedstawionym programie Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku [5] znalazły się zapisy mówiące o konieczności wykorzystania krajowych zasobów surowców energetycznych, w szczególności złóż węgla, gwarantujące odpowiednie bezpieczeństwo kraju. Niemniej jednak bardziej szczegółowe zapisy tego dokumentu w niekorzystnym położeniu stawiają energetykę na węglu brunatnym, przewidując nawet ograniczenie planowanego wydobycia oraz nieumieszczenie perspektywicznych złóż, co ogromnie skomplikuje możliwość ich zagospodarowania.

Jeżeli zatem nie udostępnimy w Polsce nowych złóż węgla brunatnego, to uwzględniając nawet przewidywane do zagospodarowania złoża satelitarne przez aktualne kopalnie, nastąpi wspomniany spadek możliwości produkowania 35% energii elektrycznej w aktualnym wymiarze, nie mówiąc o prognozowanym wzroście produkcji i zużycia energii w Polsce, zwłaszcza po roku 2025.

Taki scenariusz nie musi stać się faktem, bowiem szczegółowe rozważania w samej branży węgla brunatnego dowodzą, że istnieje realna możliwość nie tylko utrzymania dotychczasowych wyników, ale także zwiększenie wydobycia i produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego [4]. Autorzy powyższej pracy proponują zagospodarowanie następujących złóż w poszczególnych kopalniach:

- ✧ w KWB Adamów – złożo Grochowcy-Siączyce, Rogóżno,
 - ✧ w KWB Bełchatów – złożo Złoczew,
 - ✧ w KWB Konin – złożo Tomisławice, Ościsłowo, Mąkoszyn-Grochowiska, Dęby Szlacheckie, Piaski, Gubin,
 - ✧ w KWB Turów – złożo Radomierzyce,
- a poza rejonami, złożo Legnica Zachód.

Gdyby taki scenariusz rzeczywiście zaistniał, wówczas wydobycie węgla brunatnego dla energetyki wzrosłoby znacznie, bo w roku końcowym prognozy, tj. w 2030 roku, wynosiłoby aż 119,5 mln Mg rocznie. Wzrosłaby oczywiście ponad dwukrotnie moc zainstalowana do 18 592 MW, a produkcja energii elektrycznej wynosiłaby 110,5 TW·h (tab. 1).

TABELA 1. Prognoza wydobycia węgla i produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego [4]

TABLE 1. The prognosis of lignite mining exploitation and the production of electrical power from lignite

Wyszczególnienie	Lata							
	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Wydobycie węgla dla energetyki [mln Mg]	59,8	65,8	65,7	85,4	102,0	107,5	83,1	77,5
Moc zainstalowana elektrowni [MW]	8 997	9 362	9 562	12 652	15 402	16 192	12 740	11 810
Produkcja energii elektrycznej [TW·h]	53,0	58,2	57,5	82,7	103,7	110,5	87,6	82,5

2. Kryterium wyboru wariantów zagospodarowania złóż

O zagospodarowaniu nie tylko wymienionych, ale także każdego innego złoża decydować będą trzy kryteria:

- 1) ekologiczne,
- 2) techniczne,
- 3) ekonomiczne.

Szczegółową analizę wszystkich złóż węgla brunatnego w Polsce przeprowadzono w 2006 r. w Państwowym Instytucie Geologicznym [3], przyjmując do oceny kryteria ekonomiczne i sozologiczne. Według ich oceny podane kryteria spełnia 41 złóż, w tym wszystkie wymienione wyżej. Dzisiaj już wiadomo, że ważnym kryterium będą również rozwiązania techniczne, nie tyle w kopalni co w elektrowni. Wiadomo bowiem, że o ilości emisji CO₂ decydują parametry jakościowe węgla oraz sprawność elektrowni, czym większa tym emisji niższa. Oznacza to, że przy wyborze złóż do zagospodarowania należy brać pod uwagę wielkość zasobów, które zapewnią funkcjonowanie zespołów energetycznych dużej mocy.

Ostatecznym kryterium wyboru nie tylko złoża do zagospodarowania ale także najlepszego wariantu dla wybranego złoża będzie jednak ocena opłacalności ekonomicznej danego rozwiązania. W artykule wykorzystano metodę dyskontową oceny efektywności inwestycyjnej, wprowadzając do niej analizę czynników charakterystycznych dla branży górnictwa węgla brunatnego, mających wpływ na wspomnianą efektywność.

Do analizy przyjęto jako przykładowe złożo Legnica Zachód oraz następujące założenia wstępne [1, 6]:

- ✧ cykl budowy – 12 lat, w tym:
 - ✧ roboty przygotowawcze – 5 lat,
 - ✧ budowa wkopu – 4 lata,
 - ✧ dochodzenie do pełnej zdolności wydobywczej – 3 lata;
- ✧ okres funkcjonowania kopalni – 28 lat o średnim wydobyciu rocznym:
 - ✧ nadkładu – 154 mln m³ – łącznie w całym okresie – 3 972,5 mln m³,
 - ✧ węgla – 24 mln Mg – łącznie w całym okresie – 544,8 mln Mg,
 - ✧ masy – 174 mln m³ – łącznie w całym okresie – 4 426,1 mln m³;
- ✧ średni współczynnik N:W – 6,42;
- ✧ parametry jakościowe węgla:
 - ✧ $Q^r_i = 9\,936$ MJ/Mg,
 - ✧ $A_d = 14,87\%$,
 - ✧ $S^d_t = 0,96\%$;
- ✧ moc współpracującej elektrowni: $4 \times 1\,100$ MW = 4 400 MW.

Jak wspomniano wcześniej, do oceny wariantów wykorzystano metodę dyskontową, w której najważniejsze znaczenie mają dwie wielkości, tj. zaktualizowana wartość przepływów pieniężnych netto NPV oraz wewnętrzna stopa zwrotu IRR.

NPV oblicza się ze wzoru:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \frac{I_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

gdzie: CF_t – nadwyżka finansowa w okresie t ,
 I_t – wielkość nakładów inwestycyjnych w roku t ,
 r – stopa dyskontowa,
 t – kolejny rok obliczeń;

przy czym:

$$CF_t = Z_n + A \quad (2)$$

gdzie: Z_n – zysk netto,
 A – amortyzacja.

Zysk netto (z pominięciem zdarzeń nadzwyczajnych) obliczamy następująco:

$$Z_n = [(P_o + P_f) - (K_o + K_f)](1-T) \quad (3)$$

gdzie: P_o – przychody operacyjne,
 P_f – przychody finansowe,
 K_o – koszty operacyjne,
 K_f – koszty finansowe,
 T – stawka podatku CIT.

Przychody operacyjne wyznaczamy wzorem:

$$P_o = c \cdot x_p \quad (4)$$

gdzie: c – cena jednostkowa produktu,
 x_p – wielkość sprzedaży;

natomiast koszty operacyjne oznaczamy jako:

$$K_o = K_s + K_z \quad (5)$$

gdzie: K_s – koszty stałe,
 K_z – koszty zmienne

oraz

$$K_z = k_{jz} \cdot x \quad (6)$$

gdzie: k_{jz} – jednostkowy koszt zmienny,
 x – wielkość produkcji/wydobycia.

3. Wartości zmiennych przyjętych do obliczeń

Możemy powiedzieć, że przy wyznaczaniu wartości NPV według wzoru (1) mamy do czynienia z następującymi zmiennymi:

- ✧ I_t – wielkością nakładów inwestycyjnych [zł];
- ✧ r – stopą dyskontową [%];
- ✧ x_p – wielkością sprzedaży [jednostki];
- ✧ x – wielkością produkcji [jednostki];
- ✧ c – ceną sprzedaży [zł/jednostkę];
- ✧ K_s – kosztami stałymi,
- ✧ K_z – kosztami zmiennymi.

Poniższa analiza pokazuje w jakim zakresie poszczególne zmienne mogą się wahać, a także które z nich uznano za możliwe do przyjęcia na ustalonym poziomie, a które zostaną wykorzystane wariantowo (w kilku wielkościach).

3.1. Nakłady inwestycyjne

Podobnie jak pozostałe zmienne, również nakłady inwestycyjne należałoby rozpatrywać w kilku wariantach. Nie skorzystano z tego z prostego powodu, mianowicie aby nie rozbudowywać nadmiernie liczby wariantów. Tym bardziej, że w przypadku nakładów inwestycyjnych, co prawda w niewielkim zakresie, ale przyjmuje się margines bezpieczeństwa, powiększając obliczone nakłady o 10%. Dla przyjętego do analizy złoża Legnica Zachód nakłady inwestycyjne przyjęto w wysokości 6 616 840 tys. zł, a rozłożenie nakładów na poszczególne zakresy robót oraz na poszczególne lata zestawiono w tabeli 2.

3.2. Stopa dyskontowa

Wyznaczenie właściwej stopy dyskontowej jest najtrudniejszym zadaniem przy wyznaczaniu efektywności inwestycji, chociażby dlatego, że jest to indywidualna decyzja inwestora. Stopa dyskontowa oznacza minimalną stopę zwrotu (nagrody) dla inwestora w zamian za wyrzeczenie się (zainwestowanie) wolnego kapitału. W praktyce stosowane są różne sposoby wyznaczania stopy dyskontowej, w zależności od uwzględnionych czynników, głównie od przyjętego ryzyka i struktury zaangażowanego kapitału (własny, obcy).

Najczęściej wykorzystuje się dwa sposoby:

- ✧ według stopy dyskontowej będącej sumą stopy WIBOR 3M i marży banku (przy inwestowaniu kredytem bankowym),
- ✧ według średnioważonego kosztu kapitału WACC (przy inwestowaniu kapitałem obcym i własnym).

W pierwszym przypadku wysokość stopy dyskontowej zawsze będzie mieć charakter subiektywny, bowiem jej wartość zależy od zmiennej stopy bazowej i zmiennej wartości marży brutto:

TABELA 2. Nakłady inwestycyjne – Legnica Zachód [7]

TABLE 2. Investment's expenditure – Legnica Zachód [7]

Lp.	Wyszczególnienie	Roboty przygotowawcze								Budowa wkopu				Dochodzenie do pełnej zdolności wydobywczej			Razem	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	tys. zł	%			
1	Prace studialne, projektowe	20 000	30 000	20 000	20 000	15 000	10 000	10 000	10 000	10 000					150 000	2,27		
2	Przygotowanie terenu i wkopu		4 198	64 090	80 537	70 764	99 835	115 531	11 838	7 913	5 916				518 727	7,84		
3	Zasilanie w energię, łączność i sterowanie			31 500	71 500	53 000	30 000	30 000							248 000	3,75		
4	Odwadnianie			11 000	15 321	15 321	36 772	47 010	64 453	54 201	90 368	52 919			402 686	6,09		
5	Budowa i montaż maszyn podstawowych		1 800	180 400	258 700	311 800	280 800	221 700	185 400	99 200	42 900	6 400			1 889 100	28,55		
6	Budowa i montaż maszyn pomocniczych					16 400		22 600	48 420	22 580	51 200	51 200			257 600	3,89		
7	Budowa i montaż przenośników					10 000		53 900	47 200	137 400	111 000	60 000			518 800	7,84		
8	Budowa wkopu i rozwój wydobycia					75 900		227 700	608 187	668 800	492 800	103 040			2 631 927	39,78		
	Razem	20 000	35 998	306 990	446 058	492 285	761 607	981 041	975 498	990 094	794 184	273 559			6 616 840	100,00		
	%	0,30	0,54	4,64	6,74	7,44	11,51	14,83	14,74	14,96	12,00	4,13			100,00			

$$r = WIBOR3M + m \quad (7)$$

gdzie: $WIBOR3M$ – stopa procentowa 3-miesięczna na rynku międzybankowym [%];
 m – marża banku [%].

Na przestrzeni ostatniego roku (od 10.07.1008 roku do 9.07.2009 roku) stopa WIBOR 3M zmieniała swoją wartość od około 7,0 do 4,3%, średnia wartość w tym okresie wynosi 5,57%. Podobnie duże zmiany dotyczyły stosowanych marż. W ostatnim okresie, w związku z tendencją obniżania stóp procentowych NBP, które wyznaczają dopuszczane granice zmian stopy WIBOR 3M, zauważa się także zmniejszenie stosowanych marż bankowych. Uwzględniając aktualne realia przyjęto do analizy wariantowej następujące wartości stopy dyskontowej: 7,0, 7,5, 8,0 i 8,5%.

W artykule ograniczono się do powyższego sposobu wyznaczania stopy dyskontowej.

Nie można w chwili obecnej przesądzić z jakich źródeł mogą być finansowane projekty inwestycyjne zagospodarowania nowych złóż, nie wiadomo także kto będzie przyszłym inwestorem. Co prawda wszystkie dotychczasowe złoża satelitarne w rejonie Konina czy Adamowa, także w rejonie Bełchatowa, udostępniały pracujące w tych rejonach Kopalnie Węgla Brunatnego, ale nie musi tak być za kilka czy kilkanaście lat, zwłaszcza w przypadku innych rejonów niż tych, w których prowadzona jest aktualnie eksploatacja węgla brunatnego. Stąd też wydaje się celowe aby na wstępie określić niektóre podstawowe informacje, chociażby precyzujące pojęcie kapitału. Po pierwsze dlatego, że nie można wykluczyć finansowania udostępniania przyszłych kopalń z różnych źródeł pozyskiwania kapitału. Po drugie, w przypadku zaangażowania własnych kapitałów przez potencjalnych przyszłych inwestorów, pojawi się potrzeba uwzględnienia kosztu kapitału własnego tychże inwestorów. Przy takim założeniu wykorzystuje się tak zwany średnioważony koszt kapitału – WACC jako stopę dyskontową przy ocenie zamierzeń inwestycyjnych, czyli:

$$WACC = r_D \cdot (1-T) \frac{D}{V} + r_E \frac{E}{V} \quad (8)$$

gdzie: r_D – oprocentowanie kapitału obcego [%],
 r_E – stopa zwrotu z kapitału własnego [%],
 T – stopa podatku dochodowego [%],
 E – kapitał własny [zł],
 D – kapitał obcy [zł],
 V – suma kapitału własnego i obcego [zł].

3.3. Wielkość sprzedaży i wielkość wydobycia

Zgodnie ze stosowaną praktyką przyjęto, że 100% wydobycia będzie odbierane przez skojarzoną elektrownię, w ilościach ustalonych w harmonogramie realizacji inwestycji, czyli w okresie ustabilizowanej pracy kopalni i elektrowni – 24 mln Mg/rok.

3.4. Cena sprzedaży węgla

Po uwolnieniu cen rynkowych energii elektrycznej ceny węgla brunatnego zależą od akceptacji obu stron czyli kopalni i elektrowni. Na wartość ceny znacząco wpływają parametry jakościowe węgla oraz ceny rynkowe energii elektrycznej. Bardzo korzystna kaloryczność węgla ze złoża Legnica Zachód oraz parametry przewidywanych bloków energetycznych upoważniają do analizy ceny węgla w takich granicach – 55,00, 57,50, 60,00, 62,50, 65,00 zł/Mg.

3.5. Koszty wydobycia węgla

Specyfika wydobycia węgla brunatnego powoduje, że wykorzystanie wzorów (5) i (6) jest w przypadku niniejszych rozważań trudne z tego względu, że zmiana kosztów wydobycia nie zależy od zmiany wielkości wydobycia węgla, natomiast zależy od zmiany wielkości wydobycia masy (węgiel + nadkład). Koszty w kopalniach węgla brunatnego zależą od ilości koniecznego do usunięcia nadkładu, czyli wskaźnika N:W (stosunek ilości nadkładu do 1 Mg węgla). Dlatego w niniejszym artykule podstawą ustalania kosztów wydobycia węgla jest tak zwany koszt jednostkowy wydobycia masy. Uwzględniając wartości tych wskaźników w czynnych kopalniach jak również warunki złoża Legnica Zachód, również i w tym przypadku przyjęto rozważać koszty wariantowo, dla kosztu jednostkowego wydobycia masy k_{jm} o wartości: 6,00, 6,50, 7,00, 7,50, 8,00 zł/m³.

4. Analiza wyników obliczeń

W efekcie przyjętych założeń, przeprowadzono obliczenia efektywności dla 100 wariantów, a wyniki kryterialne tych obliczeń zestawiono w tabeli 3–7, czyli:

- ✧ wartość bieżąca netto NPV [zł],
- ✧ wewnętrzna stopa zwrotu IRR [%],
- ✧ zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu [%],
- ✧ indeks rentowności PI,
- ✧ zwrot z aktywów netto RONA [%],
- ✧ ekonomiczna wartość dodana EVA [zł],
- ✧ okres zwrotu [lata].

Dla lepszej ilustracji uzyskanych wyników, na rysunkach od 1 do 5 przedstawiono zależność wartości NPV od ceny sprzedaży i stopy dyskontowej przy różnym koszcie jednostkowym masy.

TABELA 3. Wyniki dla kosztu jednostkowego masy $k_{jm} = 6,0 \text{ zł/m}^3$ TABLE 3. The results of the calculations concerning the unit mass cost $k_{jm} = 6.0 \text{ zł/m}^3$

Stopa dyskontowa: 7,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-77 382	205 816	489 014	772 211	1 055 409
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	6,78	7,58	8,33	9,04	9,71
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,92	7,20	7,47	7,71	7,94
Indeks rentowności PI	0,98	1,05	1,12	1,20	1,27
Zwrot z aktywów netto RONA, %	12,6	15,3	18,1	20,8	23,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	13 786	47 383	80 979	114 576	148 173
Okres zwrotu	-	28,7	25,0	23,2	21,8
Stopa dyskontowa: 7,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-234 034	25 534	285 103	544 672	804 241
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	6,78	7,58	8,33	9,04	9,71
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	7,24	7,53	7,79	8,04	8,27
Indeks rentowności PI	0,94	1,01	1,08	1,14	1,21
Zwrot z aktywów netto RONA, %	12,6	15,3	18,1	20,8	23,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	488	34 085	67 681	101 278	134 875
Okres zwrotu	-	32,8	26,9	24,3	22,7
Stopa dyskontowa: 8,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-370 842	-132 638	105 567	343 771	581 976
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	6,78	7,58	8,33	9,04	9,71
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	7,57	7,85	8,11	8,36	8,59
Indeks rentowności PI	0,90	0,96	1,03	1,09	1,16
Zwrot z aktywów netto RONA, %	12,6	15,3	18,1	20,8	23,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-12 810	20 787	54 383	87 980	121 577
Okres zwrotu	-	-	30,7	25,8	23,7
Stopa dyskontowa: 8,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-490 078	-271 217	-52 355	166 506	385 368
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	6,78	7,58	8,33	9,04	9,71
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	7,89	8,18	8,44	8,69	8,92
Indeks rentowności PI	0,86	0,92	0,99	1,05	1,11
Zwrot z aktywów netto RONA, %	12,6	15,3	18,1	20,8	23,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-26 108	7 489	41 085	74 682	108 278
Okres zwrotu	-	-	-	28,6	25,1

TABELA 4. Wyniki dla kosztu jednostkowego masy $k_{jm} = 6,5 \text{ zł/m}^3$ TABLE 4. The results of the calculations concerning the unit mass cost $k_{jm} = 6.5 \text{ zł/m}^3$

Stopa dyskontowa: 7,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-417 919	-134 722	148 476	431 674	714 872
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	5,71	6,60	7,43	8,20	8,92
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,55	6,86	7,15	7,42	7,67
Indeks rentowności PI	0,89	0,97	1,04	1,11	1,18
Zwrot z aktywów netto RONA, %	8,6	11,3	14,1	16,8	19,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-31 144	2 452	36 049	69 646	103 242
Okres zwrotu	-	-	30,0	25,3	23,3
Stopa dyskontowa: 7,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-543 509	-283 940	-24 371	235 198	494 767
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	5,71	6,60	7,43	8,20	8,92
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,87	7,19	7,47	7,74	7,99
Indeks rentowności PI	0,86	0,93	0,99	1,06	1,13
Zwrot z aktywów netto RONA, %	8,6	11,3	14,1	16,8	19,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-44 442	-10 846	22 751	56 348	89 944
Okres zwrotu	-	-	-	27,6	24,5
Stopa dyskontowa: 8,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-652 408	-414 203	-175 999	62 206	300 410
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	5,71	6,60	7,43	8,20	8,92
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	7,20	7,51	7,80	8,07	8,32
Indeks rentowności PI	0,82	0,89	0,95	1,02	1,08
Zwrot z aktywów netto RONA, %	8,6	11,3	14,1	16,8	19,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-57 740	-24 144	9 453	43 049	76 646
Okres zwrotu	-	-	-	31,7	26,1
Stopa dyskontowa: 8,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-746 537	-527 675	-308 814	-89 952	128 909
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	5,71	6,60	7,43	8,20	8,92
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	7,53	7,84	8,13	8,40	8,64
Indeks rentowności PI	0,79	0,85	0,91	0,97	1,04
Zwrot z aktywów netto RONA, %	8,6	11,3	14,1	16,8	19,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-71 038	-37 442	-3 845	29 751	63 348
Okres zwrotu	-	-	-	-	29,5

TABELA 5. Wyniki dla kosztu jednostkowego masy $k_{jm} = 7,0 \text{ zł/m}^3$ TABLE 5. The results of the calculations concerning the unit mass cost $k_{jm} = 7.0 \text{ zł/m}^3$

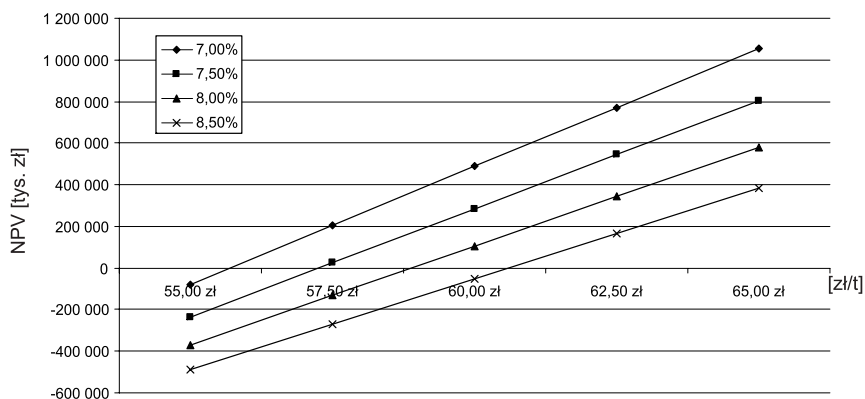
Stopa dyskontowa: 7,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-758 457	-475 259	-192 061	91 137	374 335
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	4,47	5,49	6,41	7,27	8,06
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,12	6,48	6,80	7,09	7,37
Indeks rentowności PI	0,81	0,88	0,95	1,02	1,10
Zwrot z aktywów netto RONA, %	4,6	7,3	10,1	12,8	15,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-76 075	-42 478	-8 881	24 715	58 312
Okres zwrotu	-	-	-	31,4	25,6
Stopa dyskontowa: 7,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-852 983	-593 414	-333 845	-74 276	185 293
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	4,47	5,49	6,41	7,27	8,06
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,45	6,81	7,13	7,42	7,69
Indeks rentowności PI	0,78	0,84	0,91	0,98	1,05
Zwrot z aktywów netto RONA, %	4,6	7,3	10,1	12,8	15,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-89 373	-55 776	-22 179	11 417	45 014
Okres zwrotu	-	-	-	-	28,5
Stopa dyskontowa: 8,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-933 973	-695 768	-457 564	-219 359	18 845
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	4,47	5,49	6,41	7,27	8,06
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,78	7,14	7,46	7,75	8,02
Indeks rentowności PI	0,75	0,81	0,88	0,94	1,01
Zwrot z aktywów netto RONA, %	4,6	7,3	10,1	12,8	15,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-102 671	-69 074	-35 478	-1 881	31 716
Okres zwrotu	-	-	-	-	32,9
Stopa dyskontowa: 8,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 002 995	-784 134	-565 273	-346 411	-127 550
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	4,47	5,49	6,41	7,27	8,06
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	7,12	7,47	7,79	8,08	8,35
Indeks rentowności PI	0,72	0,78	0,84	0,90	0,96
Zwrot z aktywów netto RONA, %	4,6	7,3	10,1	12,8	15,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-115 969	-82 372	-48 776	-15 179	18 418
Okres zwrotu	-	-	-	-	-

TABELA 6. Wyniki dla kosztu jednostkowego masy $k_{jm} = 7,5 \text{ zł/m}^3$ TABLE 6. The results of the calculations concerning the unit mass cost $k_{jm} = 7.5 \text{ zł/m}^3$

Stopa dyskontowa: 7,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 098 994	-815 796	-532 598	-249 400	33 798
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	2,99	4,19	5,26	6,22	7,10
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	5,64	6,04	6,40	6,73	7,03
Indeks rentowności PI	0,72	0,79	0,86	0,94	1,01
Zwrot z aktywów netto RONA, %	0,6	3,3	6,1	8,8	11,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-121 005	-87 408	-53 812	-20 215	13 381
Okres zwrotu	-	-	-	-	32,7
Stopa dyskontowa: 7,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 162 458	-902 889	-643 320	-383 751	-124 182
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	2,99	4,19	5,26	6,22	7,10
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	5,97	6,38	6,74	7,06	7,36
Indeks rentowności PI	0,69	0,76	0,83	0,90	0,97
Zwrot z aktywów netto RONA, %	0,6	3,3	6,1	8,8	11,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-134 303	-100 707	-67 110	-33 513	83
Okres zwrotu	-	-	-	-	-
Stopa dyskontowa: 8,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 215 538	-977 333	-739 129	-500 924	-262 720
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	2,99	4,19	5,26	6,22	7,10
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,31	6,71	7,07	7,40	7,70
Indeks rentowności PI	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93
Zwrot z aktywów netto RONA, %	0,6	3,3	6,1	8,8	11,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-147 601	-114 005	-80 408	-46 811	-13 215
Okres zwrotu	-	-	-	-	-
Stopa dyskontowa: 8,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 259 454	-1 040 593	-821 731	-602 870	-384 008
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	2,99	4,19	5,26	6,22	7,10
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,65	7,05	7,40	7,73	8,03
Indeks rentowności PI	0,64	0,71	0,77	0,83	0,89
Zwrot z aktywów netto RONA, %	0,6	3,3	6,1	8,8	11,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-160 899	-127 303	-93 706	-60 110	-26 513
Okres zwrotu	-	-	-	-	-

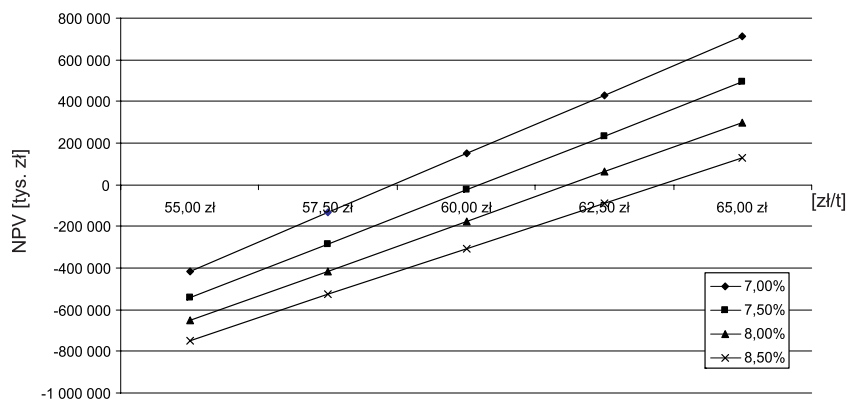
TABELA 7. Wyniki dla kosztu jednostkowego masy $k_{jm} = 8,0 \text{ zł/m}^3$ TABLE 7. The results of the calculations concerning the unit mass cost $k_{jm} = 8.0 \text{ zł/m}^3$

Stopa dyskontowa: 7,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 439 531	-1 156 333	-873 135	-589 937	-306 739
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	1,09	2,61	3,89	5,01	6,01
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	5,09	5,55	5,96	6,33	6,67
Indeks rentowności PI	0,63	0,71	0,78	0,85	0,92
Zwrot z aktywów netto RONA, %	-3,4	-0,7	2,1	4,8	7,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-165 936	-132 339	-98 742	-65 146	-31 549
Okres zwrotu	-	-	-	-	-
Stopa dyskontowa: 7,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 471 932	-1 212 363	-952 794	-693 225	-433 656
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	1,09	2,61	3,89	5,01	6,01
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	5,43	5,89	6,30	6,67	7,00
Indeks rentowności PI	0,61	0,68	0,75	0,82	0,89
Zwrot z aktywów netto RONA, %	-3,4	-0,7	2,1	4,8	7,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-179 234	-145 637	-112 040	-78 444	-44 847
Okres zwrotu	-	-	-	-	-
Stopa dyskontowa: 8,00%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 497 103	-1 258 898	-1 020 694	-782 490	-544 285
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	1,09	2,61	3,89	5,01	6,01
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	5,78	6,23	6,63	7,00	7,34
Indeks rentowności PI	0,59	0,66	0,72	0,79	0,85
Zwrot z aktywów netto RONA, %	-3,4	-0,7	2,1	4,8	7,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-192 532	-158 935	-125 338	-91 742	-58 145
Okres zwrotu	-	-	-	-	-
Stopa dyskontowa: 8,50%	Cena sprzedaży				
	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00
Wartość bieżąca netto NPV	-1 515 913	-1 297 051	-1 078 190	-859 329	-640 467
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	1,09	2,61	3,89	5,01	6,01
Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, %	6,12	6,57	6,97	7,34	7,67
Indeks rentowności PI	0,57	0,63	0,70	0,76	0,82
Zwrot z aktywów netto RONA, %	-3,4	-0,7	2,1	4,8	7,6
Ekonomiczna wartość dodana EVA	-205 830	-172 233	-138 637	-105 040	-71 443
Okres zwrotu	-	-	-	-	-



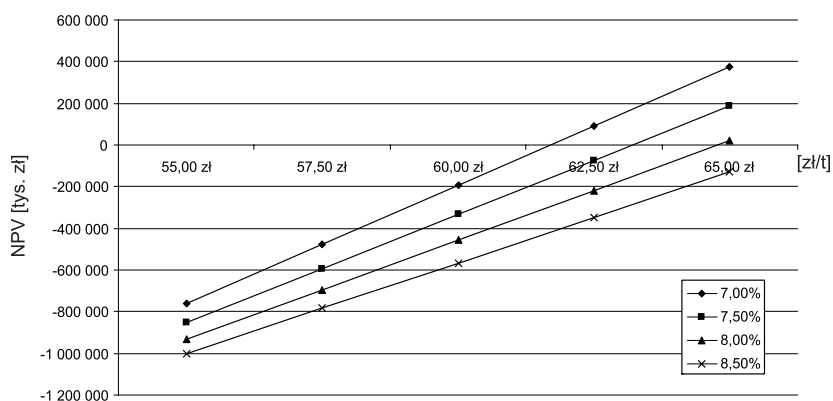
Rys. 1. Zależność NPV od ceny i stopy dyskontowej przy $k_{jm} = 6,0 \text{ zł/ m}^3$

Fig. 1. Relation between NPV and price and discount rate concerning $k_{jm} = 6.0 \text{ zł/ m}^3$



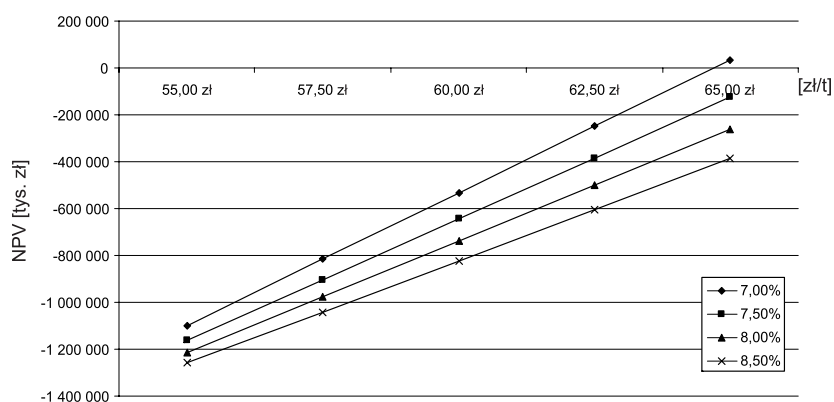
Rys. 2. Zależność NPV od ceny i stopy dyskontowej przy $k_{jm} = 6,5 \text{ zł/ m}^3$

Fig. 2. Relation between NPV and price and discount rate concerning $k_{jm} = 6.5 \text{ zł/ m}^3$



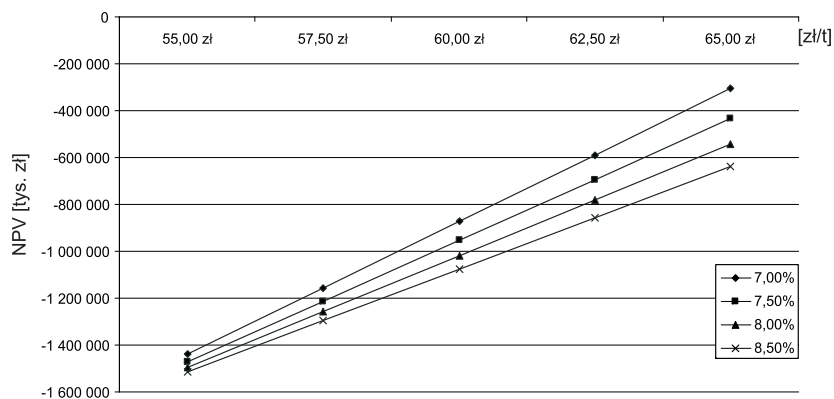
Rys. 3. Zależność NPV od ceny i stopy dyskontowej przy $k_{jm} = 7,0 \text{ zł/ m}^3$

Fig. 3. Relation between NPV and price and discount rate concerning $k_{jm} = 7.0 \text{ zł/ m}^3$



Rys. 4. Zależność NPV od ceny i stopy dyskontowej przy $k_{jm} = 7,5 \text{ zł/ m}^3$

Fig. 4. Relation between NPV and price and discount rate concerning $k_{jm} = 7.5 \text{ zł/ m}^3$



Rys. 5. Zależność NPV od ceny i stopy dyskontowej przy $k_{jm} = 8,0 \text{ zł/ m}^3$

Fig. 5. Relation between NPV and price and discount rate concerning $k_{jm} = 8.0 \text{ zł/ m}^3$

Z obliczeń wynika, że wszystkie trzy zmienne przyjęte wariantowo mają oczywisty wpływ na wyniki efektywności. Przyjmując za punkt porównawczy koszt jednostkowy wydobycia masy k_{jm} , otrzymane wyniki można skomentować następująco:

✧ dla $k_{jm} = 6,00 \text{ zł/m}^3$ (tab. 3):

- ✧ przy stopie dyskontowej $r = 7,0\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie większa lub równa $57,50 \text{ zł/Mg}$;
- ✧ przy stopie dyskontowej $r = 7,5\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie większa lub równa $57,50 \text{ zł/Mg}$;
- ✧ przy stopie dyskontowej $r = 8,0\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie równa lub większa od $60,00 \text{ zł/Mg}$;
- ✧ przy stopie dyskontowej $r = 8,5\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie równa lub większa od $62,50 \text{ zł/Mg}$;

- ✧ dla $k_{jm} = 6,50 \text{ zł/m}^3$ (tab. 4):
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 7,0\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie większa lub równa $60,00 \text{ zł/Mg}$;
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 7,5\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie większa lub równa $62,50 \text{ zł/Mg}$;
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 8,0\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie równa lub większa od $62,50 \text{ zł/Mg}$;
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 8,5\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie równa lub większa od $65,00 \text{ zł/Mg}$;
- ✧ dla $k_{jm} = 7,00 \text{ zł/m}^3$ (tab. 5):
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 7,0\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie większa lub równa $62,50 \text{ zł/Mg}$;
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 7,5\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie większa lub równa $65,00 \text{ zł/Mg}$;
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 8,0\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie równa lub większa od $65,00 \text{ zł/Mg}$;
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 8,5\%$, zagospodarowanie złoża nie będzie opłacalne przy przyjętych warunkach;
- ✧ dla $k_{jm} = 7,50 \text{ zł/m}^3$ (tab. 6):
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 7,0\%$, zagospodarowanie złoża będzie opłacalne jeżeli cena węgla będzie większa lub równa $65,00 \text{ zł/Mg}$;
 - ✧ przy stopie dyskontowej $r = 7,5\%$ lub $8,0\%$ lub $8,5\%$, zagospodarowanie złoża nie będzie opłacalne przy przyjętych warunkach;
- ✧ dla $k_{jm} = 8,00 \text{ zł/m}^3$ (tab. 7):
 - ✧ przy takiej wartości kosztu jednostkowego masy, zagospodarowanie złoża nie będzie opłacalne przy żadnej przyjętej stopie dyskontowej i żadnej prognozowanej cenie.

Podsumowanie i wnioski końcowe

Udział energii elektrycznej z węgla brunatnego na rynku energii oraz korzystne ceny tej energii potwierdzają konieczność nie tylko utrzymania ale wzrostu dotychczasowego poziomu wydobycia węgla brunatnego i produkcji energii elektrycznej z tego paliwa. Istnieje podstawa do tego stwierdzenia, bowiem dysponujemy bardzo znaczącą ilością zasobów w złożach niezagospodarowanych, mających ogólne warunki niewiele odbiegające od złóż aktualnie eksploatowanych. Ponadto ilość zużywanej energii elektrycznej w Polsce znacznie odbiega od średniego zużycia w Unii Europejskiej, nie mówiąc o tym, że w przypadku koniecznego wzrostu gospodarczego Polski zapotrzebowanie na energię wzrośnie.

Aby to było możliwe, przy zagospodarowaniu nowych złóż muszą być spełnione trzy warunki. Po pierwsze eksploatacja musi spełniać określone wymogi ekologiczne, po drugie musi uzyskać akceptację społeczną, po trzecie musi być ekonomicznie opłacalna.

W przypadku trzeciego warunku, z przeprowadzonych badań wynika, że opłacalność ekonomiczna zagospodarowania nowego złoża węgla brunatnego zależy bardzo wyraźnie od:

- ✧ warunków geologicznych złoża, określonych przez wskaźnik N:W, determinujący koszt jednostkowy wydobycia masy;
- ✧ jakości złoża, głównie od wartości opałowej, która ma wpływ na cenę węgla brunatnego;
- ✧ ogólnych warunków rynkowych określonych kosztami pozyskania kapitału, w analizowanym przypadku wpływających na stopy rynkowe i w efekcie na stopę dyskontową.

Artykuł zrealizowano w ramach badań statutowych nr 11.11.100.266

Literatura

- [1] CZOPEK K., 2007 – Ekonomiczna opłacalność wydobycia węgla brunatnego ze złoża Legnica Zachód. Układ K-T-Z dla złoża węgla brunatnego Legnica. Górnictwo Odkrywkowe, Poltegor-Institut IGO, Wrocław.
- [2] EHRBAR A., 1998 – EVA: the real key to creating wealth. Al Ehrbar and Stern Steward Co.
- [3] KASIŃSKI I.R., MAZUREK S., PIWOCKI M., 2006 – Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- [4] KASZTELEWICZ Z., KACZOROWSKI J., MAZUREK S., ORLIKOWSKI D., ŻUK S., 2009 – Stan obecny i strategia rozwoju branży węgla brunatnego w I połowie XXI wieku w Polsce. UWND AGH, Kwartalnik Górnictwo i Geoinżynieria, z. 2.
- [5] Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2009.
- [6] Studia wykonalności dla opracowanych technologii udostępniania i eksploatacji dodatkowych zasobów i złóż perspektywicznych. Program „Foresight”, AGH WGiG, Kraków 2006–2008.
- [7] Technologia udostępniania złoża węgla brunatnego Legnica. Poltegor-Institut IGO, Wrocław 2007.
- [8] ŻUK S., 2009 – Analiza wyników produkcyjno-ekonomicznych branży węgla brunatnego w roku 2008. UWND AGH, Kwartalnik Górnictwo i Geoinżynieria, z. 2.

Kazimierz CZOPEK, Mariusz SIERPIEŃ

Variant's analysis of the profitability of the exploitation a new lignite deposit

Abstract

This article presents an example of a procedure for economic estimation of exploitation of a new lignite deposit. This paper is concerned with a way of assigning of the scope of a decisional variable value in the NPV (Net Present Value) formula.

This article also takes into consideration the specific of lignite mining in cash flow calculation, taking into account instead of operating costs, the unit costs of mass exploitation.

The analysis presented in this article enlarges a modification of sensitivity analysis for investment risk projects' estimation. Mentioned enlarge modification considers the changes analysis of NPV (Net Present Value) under the influence of two parameters. Moreover, the changes influencing on value of NPV as well as the selling price of lignite, unit cost of mass exploitation, discount rate are not expressed in percentage value but in the real values listed in lignite mines.

This depicted analysis considers not only one final parameter as NPV but also others important for comprehensive estimation of investment project, as internal rate of return - IRR, modified internal rate of return - MIRR, profitability index - PI, discount rate RONA, economics value added – EVA and period of return.

The presented analysis is based on Legnica Zachód lignite deposit, which is considered for exploitation in regard to its large lignite resources, very good value of lignite resources, sufficient geological investigations and non-significant ecological objections.

This analysis considering 100 variants discusses the marginal volumes of analyzed variables, with reference to profitability of projected future exploitation of lignite deposit. The method presented in this article can be used best by variant selection for satellite or other perspective deposits.

KEY WORDS: analysis, energetics, lignite mining, profitability of investment, variant's solutions

