

Materiały XXVI Konferencji z cyklu
*Zagadnienia surowców energetycznych
i energii w gospodarce krajowej*
Zakopane, 14–17.10.2012 r.
ISBN 978-83-62922-07-9

Michał MAZUREK*

Analiza opłacalności wzbogacania węgla dla nowo zaproponowanego systemu cen

STRESZCZENIE. W pracy omówiono problem opłacalności wzbogacania węgla kamiennego. Opłacalność wzbogacania ocenia się poprzez analizę krzywych wartości produkcji. Wartość produkcji to iloczyn wychodu koncentratu i jego ceny. Analizę opłacalności pokazano na przykładzie miałów węgla energetycznych pochodzących z trzech kopalń. Do obliczeń przyjęto cztery warianty formuł sprzedażnych. Dla teoretycznych koncentratów wydzielonych przy różnych gęstościach rozdziału obliczono wychody oraz oznaczono parametry jakościowe. Obliczono z formuł ceny zbytu, a następnie wyznaczono krzywe wartości produkcji. O opłacalności wzbogacania decydować będzie różnica pomiędzy wartością produkcji węgla surowego a wartością produkcji koncentratu.

SŁOWA KLUCZOWE: opłacalność wzbogacania węgla, ceny sprzedaży, parametry jakościowe

Wprowadzenie

Począwszy od roku 1990 w handlu węglem kamiennym stosuje się formuły sprzedażne, tzn. cenę węgla oblicza się przy pomocy wzorów zwanych formułami sprzedażnymi. W przeciągu ostatnich lat zdecydowano, iż ceny węgla wyznaczać będzie się przy pomocy

* Mgr inż. – Katedra Przeróbki Kopalni i Utylizacji Odpadów, Politechnika Śląska Gliwice

formuł liniowych. Ceny w takich formułach zmieniają się proporcjonalnie do zmian tylko jednego parametru jakościowego w tym przypadku wartości opałowej. Jednakże badania przeprowadzone nad tą formułą wyraźnie pokazały, że stosowanie formuły liniowej powoduje nieopłacalność wzbogacania węgla, dlatego, że zyski ze sprzedaży węgla surowego są wyższe niż zyski ze sprzedaży węgla wzbogacanego. Można zatem stwierdzić, że liniowe systemy cen są krokiem wstecz w ekonomice górniczej. Nieopłacalność wzbogacania węgla (usuwania popiołu i siarki), skłania kopalnie do sprzedaży węgla surowego. Poprzez użytkowanie węgla surowych zwiększa się emisja pyłów i dwutlenku siarki. Z tego względu w niniejszym artykule postanowiono dokonać analizy opłacalności wzbogacania dla zaproponowanego systemu cen opartego na wskaźnikach energetycznych [1].

1. Opłacalność wzbogacania węgla

W latach ubiegłych prowadzono wiele prac w celu określenia tzw. opłacalności wzbogacania węgla. Prace przeprowadzane były w myśl tezy, że przyrost wartości produkcji w procesach wzbogacania powinien pokrywać koszty tych procesów. Pokazano jak ważną rolę w tych procesach odgrywają właściwości technologiczne węgla, właściwości te opisuje się przy pomocy krzywych wzbogalności opierających się za zawartości popiołu w różnych frakcjach ciężarowych każdego analizowanego węgla. Później wprowadzono kompleksowe krzywe wzbogacania oparte na wartości opałowej, zawartości siarki i popiołu. Te trzy parametry jakościowe decydowały o cenie węgla. Ponadto stwierdzono, że w przypadku liniowych struktur cen opłacalność wzbogacania miała miejsce w nielicznych przypadkach tzn. kiedy węgiel był łatwo wzbogalalny i zawierał w sobie niewielką ilość ziarn czystego kamienia. Natomiast w przypadku węgla trudno wzbogalnego opłacalność wzbogacania występowała dla nieliniowych struktur cenowych. Liniowe struktury cen mogą powodować opłacalność wzbogacania węgla trudnowzbogalnego tylko wtedy gdy mamy do czynienia z bardzo stromą strukturą cen. Dlatego, że bardzo strome struktury dają szybki przyrost ceny wobec jednostkowej zmianie poszczególnych parametrów jakościowych. Opłacalność wzbogacania bada się poprzez wyznaczenie krzywych wartości produkcji [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Wartość produkcji to iloczyn ceny zbytu produktu handlowego pomnożony przez wychód (w stosunku do masy węgla surowego), tegoż produktu. Im proces wzbogacania prowadzony jest głębiej, tzn. przy niższych gęstościach rozdziału tym mniejszy wychód koncentratu ale coraz lepsze parametry jakościowe o wyższej wartości cenowej. Tak więc iloczyn ceny i wychodu wyznacza wpływy ze sprzedaży kolejnych teoretycznych koncentratów. Węgiel surowy o wychodzie 1(100%), sprzedawany będzie po najniższej cenie z uwagi na fakt, iż charakteryzują go najgorsze parametry jakościowe. Zatem iloczyn te same ceny i wychodu wyznaczy wartość produkcji węgla surowego. Iloczyn malejących wychodów koncentratów i rosnących cen mogą wyznaczyć wartości produkcji tych koncentratów większy lub też mniejsze od wartości produkcji węgla surowego. Jeżeli wystąpi przypadek, że wartość produkcji koncentratu będzie niższa od wartości produkcji węgla surowego

wówczas wzbogacania nie będzie opłacalne. Jeżeli natomiast wartość produkcji koncentratu będzie wyższa od wartości produkcji węgla surowego to o opłacalności wzbogacania zadecyduje różnica między tymi wartościami produkcji. Jeżeli wyznaczona różnica będzie większa od kosztów wzbogacania 1 tony węgla wtedy proces wzbogacania będzie opłacalny.

W przypadku kiedy różnica ta będzie niższa od kosztów wzbogacania wtedy nie będzie występował przypadek opłacalności wzbogacania. Nie należy jednak myśleć że nie należy wtedy wzbogacać węgla. Ponieważ w sytuacji kiedy to wartość produkcji koncentratu jest wyższa od wartości produkcji węgla surowego osiąga się wtedy najwyższą wartość produkcji węgla handlowego, wtedy to o konieczności wzbogacania decydować będzie poziom cen węgla jaki zostanie uzgodniony z użytkownikiem.

2. Formuła sprzedażna przyjęta do analizy

W niniejszym artykule do analizy przyjęto nowo zaproponowaną formułę sprzedażną do wyceny węgla kamiennego energetycznego:

$$F_c = C_b \cdot \frac{Q}{Q_n} \cdot \left[1 - \left(\frac{A_w - 43,8}{42} + \frac{E_s - 1,79}{5} \right) \right]$$

gdzie: C_b – cena węgla bazowego – węgiel normatywny 21 MJ [zł/Mg],
 Q – wartość opałowa wycenianego węgla energetycznego w stanie roboczym [kJ/kg],
 Q_n – wartość opałowa węgla normatywnego w stanie roboczym [kJ/kg],
 E_s – wskaźnik energetyczny zawartości siarki w węglu [g/Mcal],
 A_w – wskaźnik energetyczny zawartości popiołu w węglu [g/Mcal].

Formuła sprzedażna uwzględnia przede wszystkim zasadę proporcjonalności ceny do wartości opałowej, natomiast człon siarkowy oraz popiołowy, występujący w postaci wskaźników energetycznych zawartości i siarki pełnią rolę stymulatorów ekonomicznych, informujących o ewentualnych upustach lub też dopłatach do danego węgla w zależności od obciążenia balastem jednostki ciepła.

3. Analiza opłacalności wzbogacania

W celu wykonania porównawczej analizy opłacalności wzbogacania do badań wybrano trzy węgle pochodzące z krajowych kopalń oznaczone kolejno: kopalnia 1, 2, 3. Są to miały energetyczne w klasie ziarnowej 20–0,5 mm. Próbkę każdego z węgla została

TABELA 1. Parametry jakościowe teoretycznych koncentratów możliwych do wytworzenia podczas wzbogacania węgla z kopalni 1 przy różnych gęstościach rozdziału i dokładności wzbogacania $E_p = 0,12$

Gęstość rozdziału koncentrat/odpady [g/cm ³]	Wychód produktu handlowego ΣY_r [%]	Zawartość popiołu A [%]	Zawartość siarki S [%]	Wartość opałowa Q [kJ/kg]
1,3	11,70	3,0	0,39	25 761
1,4	35,56	3,25	0,38	25 670
1,5	55,00	3,61	0,39	25 557
1,6	67,31	4,08	0,4	25 400
1,7	73,84	4,79	0,43	25 172
1,8	77,68	6,1	0,46	24 764
1,9	81,53	8,57	0,51	24 012
2,0	86,88	12,36	0,58	22 855
2,1	93,54	16,74	0,66	21 528
2,2	100,00	20,49	0,72	20 387

Źródło: badania własne

TABELA 2. Parametry jakościowe teoretycznych koncentratów możliwych do wytworzenia podczas wzbogacania węgla z kopalni 2 przy różnych gęstościach rozdziału i dokładności wzbogacania $E_p = 0,12$

Gęstość rozdziału koncentrat/odpady [g/cm ³]	Wychód produktu handlowego ΣY_r [%]	Zawartość popiołu A [%]	Zawartość siarki S [%]	Wartość opałowa Q [kJ/kg]
1,3	12,84	3,83	0,59	30 814
1,4	36,94	4,04	0,58	30 660
1,5	54,40	4,36	0,58	30 442
1,6	64,25	4,91	0,58	30 113
1,7	69,31	5,93	0,58	29 605
1,8	72,85	7,69	0,57	28 818
1,9	76,73	10,32	0,56	27 677
2,0	81,37	13,60	0,54	26 251
2,1	86,24	16,91	0,52	24 789
2,2	100,00	23,03	0,51	23 602

Źródło: badania własne

rozdzielona w laboratorium w cieczach ciężkich w przedziale gęstości 1,3–2,2 g/cm³ następnie wyznaczono wychody każdej wydzielonej frakcji gęstościowej.

W otrzymanych próbkach określono parametry jakościowe tj. wartość opałowa, zawartość popiołu i zawartość siarki. Wartość te podano w stanie roboczym. Na podstawie tych badań obliczono wychody koncentratów oraz parametry jakościowe poszczególnych koncentratów. Dane otrzymane w ten sposób umożliwiają wyznaczenie krzywych wzbogacalności. Przyjęto że miały energetyczne będą wzbogacane w osadzarkach pracujących przy rozproszeniu $E_p = 0,12$. Dla przyjętego rozproszenia dokonano przeliczenia krzywych wzbogacalności na krzywe wzbogacania, współrzędne tych krzywych zestawiono w tabelach 1–3.

TABELA 3. Parametry jakościowe teoretycznych koncentratów możliwych do wytworzenia podczas wzbogacania węgla z kopalni 3 przy różnych gęstościach rozdziału i dokładności wzbogacania $E_p = 0,12$

Gęstość rozdziału koncentrat/odpady [g/cm ³]	Wychód produktu handlowego ΣY_r [%]	Zawartość popiołu A [%]	Zawartość siarki S [%]	Wartość opałowa Q [kJ/kg]
1,3	7,77	8,50	0,84	26 691
1,4	24,58	9,35	0,86	26 362
1,5	40,06	10,50	0,88	25 923
1,6	52,07	11,99	0,90	25 375
1,7	60,78	13,85	0,93	24 689
1,8	67,69	16,3	0,98	23 795
1,9	74,59	19,66	1,05	22 576
2,0	82,69	23,87	1,16	21 047
2,1	91,72	28,18	1,28	19 492
2,2	100,00	31,61	1,38	18 251

Źródło: badania własne

3.1. Wyznaczanie cen zbytu teoretycznych koncentratów

Parametry jakościowe koncentratów są jak podano w tabelach 1–3 prognozowanymi parametrami jakościowymi uzyskiwanymi w warunkach rzeczywistych. Parametry jakościowe każdego teoretycznego koncentratu podstawiono do przedstawionej powyżej formuły sprzedażnej, wyliczono także wskaźniki energetyczne zawartości popiołu i siarki dla każdej gęstości rozdziału. Przyjęto, że cena węgla normatywnego wynosi przykładowo 120 zł/Mg,

TABELA 4. Ceny sprzedaży i wartość produkcji koncentratów otrzymanych przy różnych gęstościach rozdziału węgla z kopalni 1 i cenie węgla normatywnego 120 zł/Mg

Gęstość rozdziału koncentrat/odpady [g/cm ³]	Wychód produktu handlowego ΣYr [%]	Wskaźnik energetyczny obciążenia popiołem Aw [g/Mcal]	Wskaźnik energetyczny obciążenia siarką Es [g/Mcal]	Cena [zł]	Wartość produkcji [zł/t]
1,3	11,7	4,87	0,63	317,73	37,17
1,4	35,56	5,29	0,62	315,55	112,21
1,5	55	5,90	0,64	311,46	171,30
1,6	67,31	6,71	0,66	306,16	206,08
1,7	73,84	7,95	0,71	297,57	219,73
1,8	77,68	10,30	0,78	283,09	219,90
1,9	81,53	14,92	0,89	256,33	208,98
2,0	86,88	22,60	1,06	215,56	187,28
2,1	93,54	32,50	1,28	168,63	157,74
2,2	100,00	42,01	1,48	128,78	128,78

Źródło: badania własne, tabela 1

TABELA 5. Ceny sprzedaży i wartość produkcji koncentratów otrzymanych przy różnych gęstościach rozdziału węgla z kopalni 2 i cenie węgla normatywnego 120 zł/Mg

Gęstość rozdziału koncentrat/odpady [g/cm ³]	Wychód produktu handlowego ΣYr [%]	Wskaźnik energetyczny obciążenia popiołem Aw [g/Mcal]	Wskaźnik energetyczny obciążenia siarką Es [g/Mcal]	Cena [zł]	Wartość produkcji [zł/t]
1,3	12,84	5,20	0,80	372,79	47,87
1,4	36,94	5,51	0,79	369,95	136,66
1,5	54,4	5,99	0,80	365,14	198,64
1,6	64,25	6,82	0,81	357,51	229,70
1,7	69,31	8,37	0,82	344,73	238,94
1,8	72,85	11,15	0,83	324,41	236,33
1,9	76,73	15,59	0,85	294,27	225,79
2,0	81,37	21,66	0,86	257,01	209,13
2,1	86,24	28,51	0,88	219,08	188,94
2,2	100,00	40,79	0,90	168,48	168,48

Źródło: badania własne, tabela 2

wyliczone z formuły ceny sprzedaży kolejnych koncentratów zestawiono dla różnych gęstości rozdziału w tabeli 4–6, zmiany cen zbytu sprzedaży dla każdej kopalni pokazano na rysunkach 1–3. Otrzymane proste cen wykreślono dla zmian wartości opałowej, zawartości popiołu i siarki. Łatwo zauważyć, że kąty nachylenia prostych cen różnią się pomiędzy poszczególnymi kopalniami, wynika to z różnych charakterystyk technologicznych węgla.

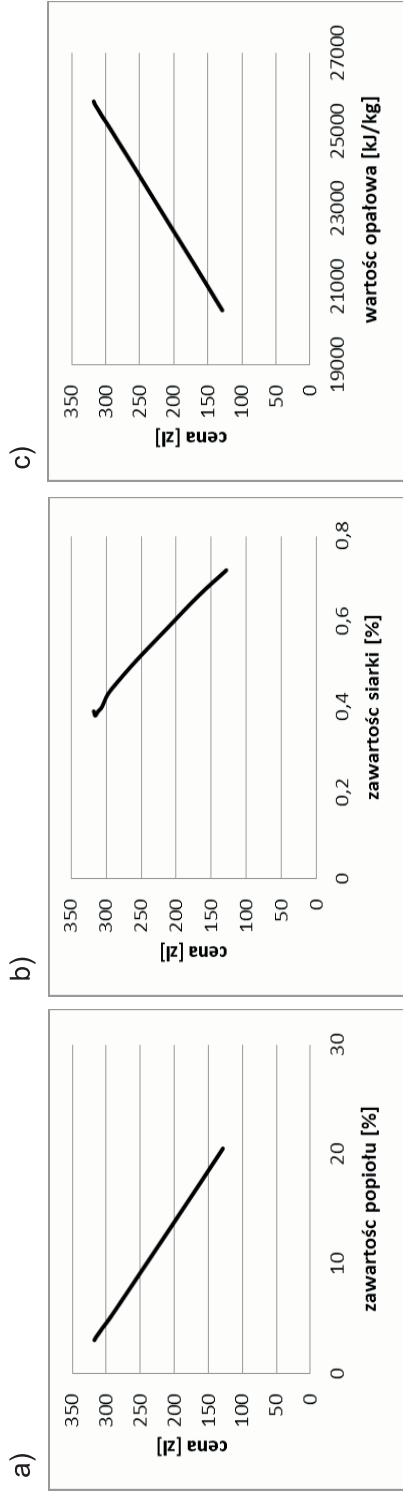
TABELA 6. Ceny sprzedaży i wartość produkcji koncentratów otrzymanych przy różnych gęstościach rozdziału węgla z kopalni 3 i cenie węgla normatywnego 120 zł/Mg

Gęstość rozdziału koncentrat/odpady [g/cm ³]	Wychód produktu handlowego ΣYr [%]	Wskaźnik energetyczny obciążenia popiołem Aw [g/Mcal]	Wskaźnik energetyczny obciążenia siarką Es [g/Mcal]	Cena [zł]	Wartość produkcji [zł/t]
1,3	7,77	13,31	1,32	277,72	21,58
1,4	24,58	14,83	1,36	267,41	65,73
1,5	40,06	16,93	1,42	253,89	101,71
1,6	52,07	19,75	1,48	236,95	123,38
1,7	60,78	23,45	1,57	215,52	131,00
1,8	67,69	28,63	1,72	186,93	126,54
1,9	74,59	36,40	1,94	147,76	110,21
2,0	82,69	47,40	2,30	97,60	80,70
2,1	91,72	60,43	2,74	46,01	42,20
2,2	100,00	72,40	3,16	4,70	4,70

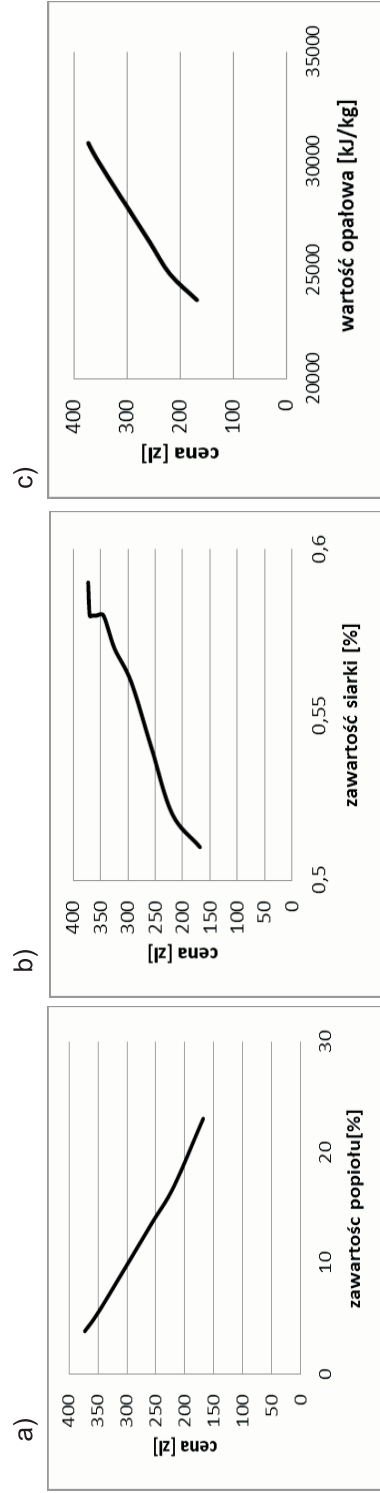
Źródło: badania własne, tabela 3

3.2. Obliczanie krzywych wartości produkcji

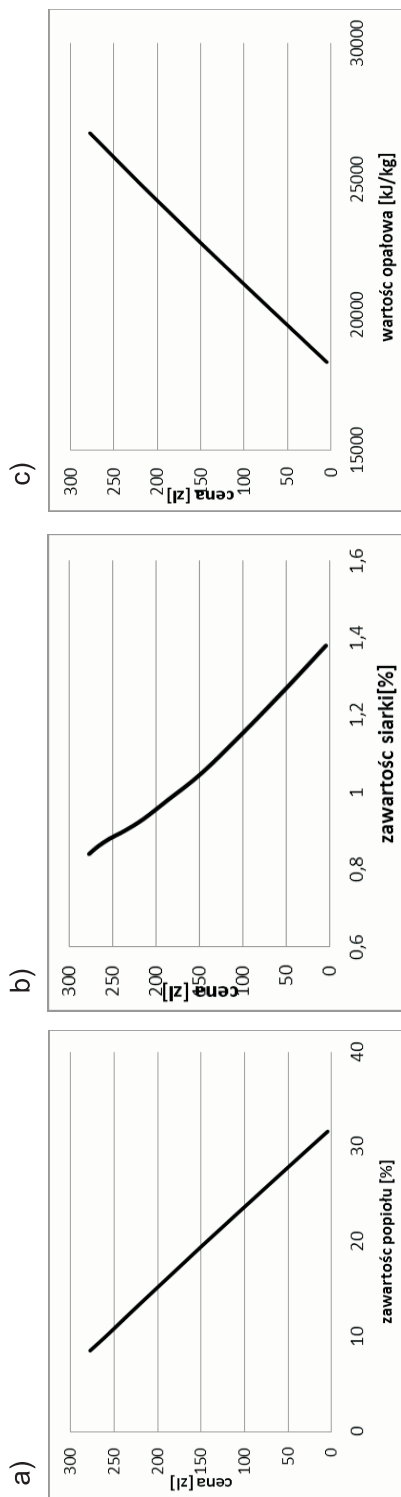
Współrzędne wartości produkcji obliczono dla kolejnych koncentratów otrzymanych przy gęstościach rozdziału równych gęstościom wydzielanych frakcji gęstościowych. Jak już wcześniej wspomniano wartość produkcji to iloczyn wychodu koncentratu i jego ceny zbytu. Przy wychodach podawanych w procentach iloczyn ten należy przemnożyć przez 0,01. Dlatego też dla kolejnych teoretycznych koncentratów przemnożono ich wychody przez wyliczone odpowiadające im ceny sprzedaży. Obliczone wartości produkcji zestawiono dla kolejnych koncentratów i proponowanej formuły sprzedażnej w tabelach 4–6. Zmiany wartości produkcji w zależności od parametrów jakościowych (wartości opałowej, zawartości popiołu, zawartości siarki), przedstawiono na rysunkach 4–6.



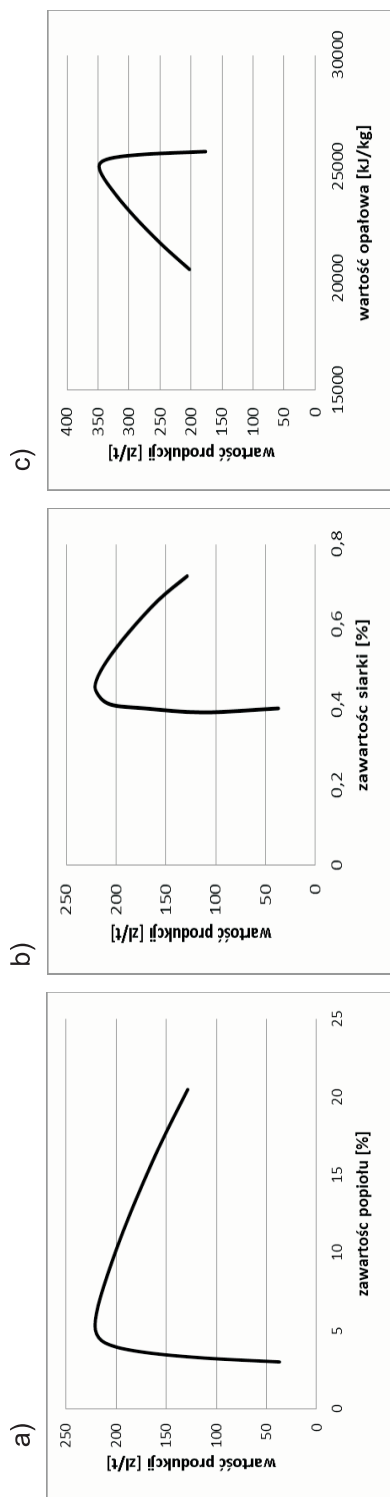
Rys. 1. Prognozowane ceny zbytu koncentratów (kopalnia 1) od: a – zawartość popiołu, b – zawartości siarki, c – wartości opałowej



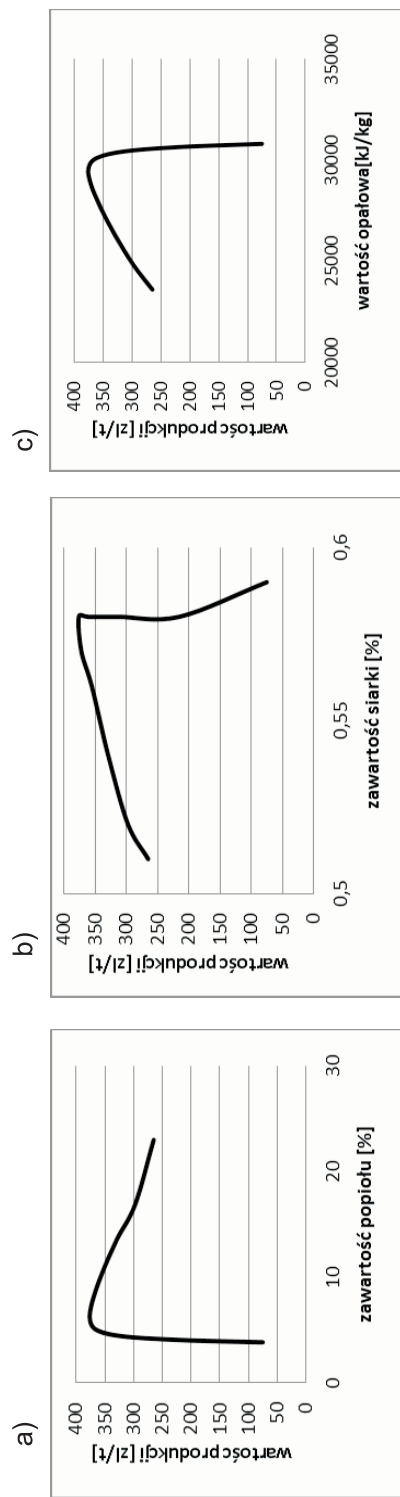
Rys. 2. Prognozowane ceny zbytu koncentratów (kopalnia 2) od: a – zawartość popiołu, b – zawartości siarki, c – wartości opałowej



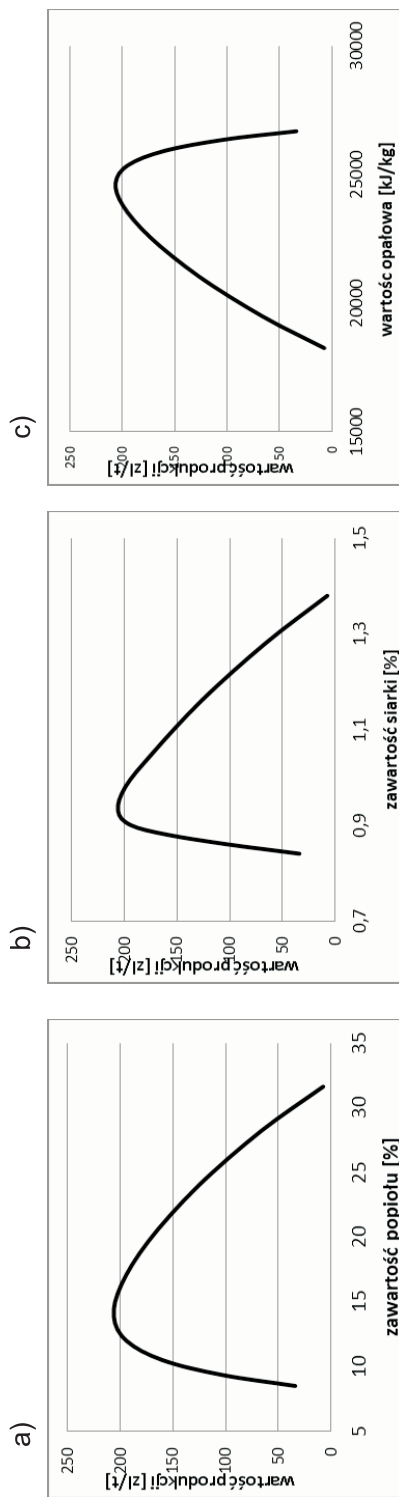
Rys. 3. Prognozowane ceny zbytu koncentratów (kopalnia 3) od: a – zawartość popiołu, b – zawartości siarki, c – wartości opałowej



Rys. 4. Prognozowane wartości produkcji koncentratów (kopalnia 1) w zależności od zmian od: a – zawartości popiołu, b – zawartości siarki, c – wartości opałowej



Rys. 5. Prognozowane wartości produkcji koncentratów (kopalnia 2) w zależności od zmian: a – zawartość popiołu, b – zawartości siarki, c – wartości opałowej



Rys. 6. Prognozowane wartości produkcji koncentratów (kopalnia 3) od: a – zawartości popiołu, b – zawartości siarki, c – wartości opałowej

Podsumowanie

Zaproponowana formuła sprzedażna (rys. 4–6), charakteryzuje się bardzo silnym wzrostem wartości produkcji przy wzbogacaniu węgla surowego. Wartości produkcji nadawy to rzędne punktów po prawej skrajnej stronie wykresów pomiędzy wartością produkcji węgla surowego a maksymalną wartością produkcji występuje duża różnica, która zapewnia opłacalność wzbogacania. Przeprowadzona w niniejszej pracy analiza pokazuje, że dla opłacalności wzbogacania bardzo istotne znaczenie ma struktura cen formuły sprzedażnej.

Literatura

- [1] BLASCHKE S., 1975 – Metoda kompleksowej oceny przydatności energetycznej węgla zasiarzonych. Zeszyty naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej, Górnictwo z. 66, Kraków.
- [2] BLASCHKE W., GRUDZIŃSKI Z., 1994 – Jakość węgla kamiennego energetycznego a jego cena. Materiały VII Konferencji „Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej”, Sympozja i Konferencje, Wyd. CPPGSMiE PAN Kraków, nr 15, s. 95–108.
- [3] BLASCHKE W., BLASCHKE S.A., GRUDZIŃSKI Z., 1997 – System cen energetycznego węgla kamiennego a opłacalność jego wzbogacania. Przegląd Górniczy nr 1, s. 21–33, Katowice.
- [4] BLASCHKE W., BLASCHKE S.A., GRUDZIŃSKI Z., MOKRZYCKI E., OLKUSKI T., RŻANY J., 2002 – Opłacalność wzbogacania wynikająca ze struktur cenowych formuł sprzedażnych i właściwości technologicznych energetycznego węgla kamiennego. Inżynieria Mineralna nr S.2 (8) grudzień 2002. Wyd. Polskie Towarzystwo Przeróbki Kopalni. Kraków, s. 27–40.
- [5] BLASCHKE W., MOKRZYCKI E., BLASCHKE S.A., GRUDZIŃSKI Z., BLASCHKE Z., 1998 – Opłacalność wzbogacania węgla energetycznego w nowym systemie cen na węgiel. Mat. XXIII Krak. Konf. Przeróbki Kopalni. Bukowina Tatrzańska 1991. Kraków Wyd. AGH.
- [6] JAWORSKI A., KITAJEWSKA D., 1991 – Opłacalność wzbogacania miałów węgla energetycznego przy nowym systemie cen węgla kamiennego. Przegląd górniczy nr 2.
- [7] LORENZ U., BLASCHKE W., GRUDZIŃSKI Z., 2002 – Propozycja nowej formuły sprzedażnej węgla energetycznego przeznaczonego dla energetyki zawodowej. Studia, Rozprawy, Monografie nr 112. Wyd. CPPGSMiE PAN Kraków.
- [8] MAZUREK M., 2011 – Opłacalność wzbogacania. Konf. Studentów w Krzywym Rogu 2011.
- [9] LORENZ U., 2011 – Ewolucja podejścia do cen węgla energetycznego w Polsce w latach 1989–2010, Przegląd Górniczy nr 8.

Michał MAZUREK*

Analysis of preparation efficiency the of coal for the proposed new pricing system

Abstract

Paper discusses the problem of coal preparation efficiency. It can be made through the analysis of the curves of production value. Production value is a product of concentrate output and its price. Efficiency analysis has been shown on the example of steam coal fines from three collieries. New proposed pricing system of coal have been assumed in calculation. For theoretic concentrates, produced at different separation densities, the outputs have been calculated and quality parameters have been set. The prices have been calculated according to the formulas and then the curves of production value have been determined. The difference between raw coal production value and concentrate production value determines the preparation efficiency.

KEY WORDS: coal preparation efficiency, sale prices, quality parameters