

METODA OKREŚLENIA NORMATYWÓW JAKOŚCI I KOSZTÓW WYDOBYWANEJ RUDY W PODSTAWOWYM CIĄGU TECHNOLOGICZNYM KOPALNI

Jan KUDEŁKO^{1*}, Herbert WIRTH²

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii; jan.kudelko@pwr.edu.pl

² Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii; herbert.wirth@pwr.edu.pl

*Korespondencja: jan.kudelko@pwr.edu.pl; Tel.: +48-71-320-68-46

Streszczenie: Koszty wydobywanej rudy można kształtować na dwa sposoby, zmniejszając pracochłonność, materiałochłonność i energochłonność oraz poprzez dostosowanie jakości wydobywanej rudy (zawartość miedzi) do poziomu wynikającego z aktualnych cen miedzi. W artykule przedstawiono algorytmy wyznaczania normatywów jakości rudy wynikających z aktualnej ceny rynkowej miedzi oraz według przyjętych kryteriów rentowności. Określono modele obliczeniowe tych normatywów, jednostkowych kosztów górniczych obciążających jedną tonę miedzi, poziomu produkcji miedzi elektrolitycznej i wydobywania rudy. Oryginalnym rozwiązaniem przedstawionym w artykule jest metoda dekompozycji sterowalnych zmiennych dla podstawowego ciągu technologicznego na zadania dla pojedynczych kopalni. Korzystając z opracowanych modeli wykazano, że nawet przy stosunkowo skromnej bazie danych można w miarę szybko otrzymać interesujące dla menedżerów informacje, na przykład prognozę stopy zwrotu (ekonomicznej lub operacyjnej), żadaną zawartość miedzi w wydobytej rudzie przy zadanej stopie zwrotu lub poziom progowy tej zawartości w odniesieniu do wielkości kosztów i produkcji. Rozważania teoretyczne zilustrowane zostały odpowiednimi przykładami.

Słowa kluczowe: górnictwo, metale nieżelazne, ekonomika, zarządzanie.

METHOD OF DETERMINING THE QUALITY AND COST STANDARDS OF ORE EXTRACTED IN BASIC TECHNOLOGICAL LINE OF THE MINE

Abstract: The ore mining costs can be shaped in two ways, reducing labor consumption, material intensity and energy consumption, and by adjusting the quality of the ore extracted (copper content) to the level resulting from current copper prices. The article presents algorithms for determining ore quality standards resulting from the current market price of copper and in accordance with the adopted profitability criteria. The calculation models for these standards, unit mining costs for one tonne of copper, the level of electrolytic copper production and ore extraction were determined. The original solution presented in the article

is the method of decomposing controllable variables for the basic technological sequence for tasks for individual mines. Using the developed models, it was shown that even with a relatively modest database, you can get information that is interesting for managers, such as the rate of return forecast (economic or operational), the desired copper content in the ore extracted at a given rate of return or the threshold level of this content in regarding the amount of costs and production. The theoretical considerations are illustrated by appropriate examples.

Keywords: mining, nonferrous metals, economics, management.

1. Wprowadzenie

Problematyka jakości i kosztów wydobywanej rudy jest jednym z obszarów podejmowanych w ramach specjalności ekonomika i organizacja górnictwa. W ramach tego problemu badawczego poszukuje się rozwiązań prowadzących do skutecznego określania normatywów jakości i kosztów wydobywanej rudy w podstawowym ciągu technologicznym kopalni. Celem artykułu jest zaprezentowanie metodyki przyjmowanej w tym zakresie, wypracowanej na gruncie specjalności ekonomiki i organizacji górnictwa. W artykule zaprezentowane zostaną algorytmy wyznaczania normatywów jakości rudy wynikających z aktualnej ceny rynkowej miedzi oraz przyjętych kryteriów rentowności oraz określone zostaną modele obliczeniowe tych normatywów. Oryginalnym rozwiązaniem przedstawionym w artykule jest metoda dekompozycji sterowalnych zmiennych dla podstawowego ciągu technologicznego na zadania dla pojedynczych kopalni. Korzystając z przedstawionych modeli, nawet przy stosunkowo skromnej bazie danych, możliwe będzie stosunkowo szybkie otrzymanie interesujących dla menedżerów informacji, na przykład prognozy stopy zwrotu (ekonomicznej lub operacyjnej), żądanej zawartości miedzi w wydobytej rudzie przy zadanej stopie zwrotu lub poziomie progowego tej zawartości w odniesieniu do wielkości kosztów i produkcji.

Normatywami określono minimalne (w przypadku jakości rudy i poziomu produkcji) lub maksymalne (w przypadku kosztów) wartości zmiennych przy założonych kryteriach efektywności. Wzory obliczeniowe ustalono przy alternatywnie wybieranym jednym z dwóch kryteriów: ekonomicznej stopie zwrotu lub operacyjnej stopie zwrotu. Ekonomiczna stopa zwrotu jest stosunkiem ekonomicznej wartości dodanej do wartości zaangażowanego majątku. Natomiast operacyjna stopa zwrotu jest stosunkiem zysku operacyjnego do zaangażowanego kapitału.

Normatywy są ustalane dla jednej z wyróżnionych zmiennych modeli przy założeniu, że pozostałe zmienne objaśniające przyjętego kryterium są ustalane w danym obliczeniu. Normatywy ustalone dla podstawowego ciągu technologicznego (PCT) i oddziałów zakłady górnicze (OZG) muszą być spójne, to znaczy normatyw kosztu ustalony dla PCT musi być

odpowiednio zdekomponowany na OZG. Punktem wyjścia do wyprowadzenia wzorów obliczeniowych normatywów są funkcje określające ekonomiczną i operacyjną stopę zwrotu. Zatem przedstawione modele mogą także służyć do prognozowania wartości tych funkcji przy dowolnych objaśniających je zmiennych (Butra et al., 2009, Kudełko et al., 2011, 2013, Kudełko, and Wirth, 2010).

Oryginalnym rozwiązaniem zawartym w pracy jest metoda dekompozycji sterowalnych zmiennych dla PCT (spółki) na zadania dla OZG przy zapewnieniu osiągnięcia zadań PCT (spójności). Korzystając z odpowiednich modeli, przy stosunkowo skromnej bazie danych, można w miarę szybko uzyskać interesujące kadrę zarządzającą informacje np.:

- prognozę stopy zwrotu (ekonomicznej lub operacyjnej),
- żadaną zawartość miedzi w wydobytej rudzie dla PCT i OZG przy zadanej stopie zwrotu lub poziom progowy tej zawartości, itp. odnośnie poziomu kosztów i poziomu produkcji.

Przedmiotem badań autorów artykułu było ustalenie modeli obliczeniowych normatywów jakości wydobywanej rudy, jednostkowych kosztów górniczych obciążających 1 Mg Cu płaconej miedzi, poziomu produkcji miedzi elektrolitycznej i wydobycia rudy (Kudełko, and Wirth, 2010, Wirth et al., 2009). Przedstawione rozważania teoretyczne zilustrowane zostały odpowiednimi przykładami obliczeń.

2. Normatywy ustalane według ekonomicznej stopy zwrotu

Rentowność eksploatacji złóż rud miedzi jest uwarunkowana trzema podstawowymi zmiennymi:

- ceną miedzi elektrolitycznej,
- kosztami wytwarzania i sprzedaży miedzi elektrolitycznej,
- zaangażowanym w procesy produkcyjne majątkiem przedsiębiorstwa.

Jeżeli majątek przedsiębiorstwa odpowiada właściwym potrzebom jego funkcjonowania, to rentowność eksploatacji określa koszt pozyskania i sprzedaży miedzi, ponieważ cena jest zmienną zewnętrzną określoną przez rynek.

Koszty możemy kształtować na dwa sposoby (komplementarne):

- w sposób konwencjonalny zmniejszając pracochłonność, materiałochłonność i energochłonność,
- poprzez dostosowanie jakości wydobywanej rudy (zawartości miedzi w wydobywanej rudzie) do poziomu wynikającego z aktualnych cen miedzi.

Wymaganą jakość wydobywanej rudy w ramach spółki określamy według przyjętych kryteriów rentowności a następnie wyznaczamy normatyw jakości dla jednostek struktu-

ralnych spółki tzn. zakładów górniczych (OZG). W pracy przedstawiono algorytmy wyznaczania normatywów jakości rudy wynikających z aktualnej ceny rynkowej miedzi.

2.1. Ekonomiczna stopa zwrotu

Ekonomiczną stopą zwrotu określamy stosunek ekonomicznej wartości dodanej do majątku przedsiębiorstwa. Ekonomiczną wartość dodaną określamy ze wzoru:

$$EWD = EBIT(1 - CT) - WACC \cdot IC_{t-1} \quad (2.1)$$

gdzie:

EWD – ekonomiczna wartość dodana, zł/rok,

EBIT – zysk z działalności operacyjnej, zł/rok,

CT – stopa podatkowa,

WACC – średnioważony koszt kapitału,

IC_{t-1} – wartość zaangażowanego kapitału na koniec t-1 roku, zł.

Jeżeli równanie (2.1) podzielimy przez IC_{t-1} otrzyma się:

$$\frac{EWD}{IC_{t-1}} = \frac{EBIT(1-CT)}{IC_{t-1}} - WACC \quad (2.2)$$

lewą stronę równania możemy interpretować jako ekonomiczną stopę zwrotu:

$$ESZ = \frac{EWD}{IC_{t-1}} \quad (2.3)$$

Po podstawieniu (2.1) do (2.3) otrzyma się:

$$ESZ = \frac{EBIT(1-CT)}{IC_{t-1}} - WACC \quad (2.4)$$

Zysk z działalności operacyjnej opisuje wzór:

$$EBIT = M(p - k) \quad (2.5)$$

przy czym:

$$M = 0,01 \alpha_w \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \quad (2.6)$$

$$k = \frac{K - P_d}{M} \quad (2.7)$$

gdzie:

M – produkcja miedzi elektrolitycznej, Mg/rok,

p – cena miedzi elektrolitycznej, zł/Mg,

k – koszt ciągniony produkcji miedzi elektrolitycznej, zł/Mg,

α_w – średnia zawartość miedzi w wydobytej rudzie, %,

W – sumaryczne wydobywanie rudy, Mg/rok,

ε_p – średni uzysk miedzi w procesach przerobczych,

ε_h – średni uzysk miedzi w procesach hutniczych,

K – suma rocznych kosztów górniczych, przerobczych, hutniczych oraz koszty zarządu, zł/rok,

P_d – przychody z produkcji ubocznej w hutach, zł/rok.

Podstawiając (2.6 i 2.7) do (2.5) otrzyma się:

$$EBIT = 0,01\alpha_w \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \left(p - \frac{K - P_d}{0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h} \right) \quad (2.8)$$

skąd:

$$EBIT = 0,01\alpha_w \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \cdot p - (K - P_d) \quad (2.9)$$

skąd podstawiając (2.9) do (2.4) otrzyma się:

$$ESZ = \frac{[0,01\alpha_w \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \cdot p - (K - P_d)](1 - CT)}{IC_{t-1}} - WACC \quad (2.10)$$

Koszt produkcji miedzi w ramach PCT obliczymy z wzoru:

$$K = W(v_g + v_p) + M \cdot v_h + F \quad (2.11)$$

Po podstawieniu (2.5) do (2.11) otrzyma się:

$$K = W(v_g + v_p) + 0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \cdot v_h + F \quad (2.12)$$

gdzie:

v_g – średni dla PCT jednostkowy, zmienny koszt wydobycia rudy, zł/Mg rudy,

v_p – średni dla PCT jednostkowy, zmienny koszt przeróbki rudy, zł/Mg rudy,

v_h – średni dla PCT jednostkowy, zmienny koszt hutniczy, zł/Mg Cu,

F – koszty stałe w ramach PCT, zł/rok.

Zmienne, występujące we wzorach (2.11 i 2.12) obliczamy ze wzorów:

$$W = \sum_{i=1}^g W_i \quad (2.13)$$

$$F = \sum_{i=1}^g F_{gi} + \sum_{j=1}^p F_{pj} + \sum_{z=1}^h F_{hz} + F_z \quad (2.14)$$

$$v_g = \frac{\sum_{i=1}^g v_{gi} \cdot W_i}{W} \quad (2.15)$$

$$v_p = \frac{\sum_{j=1}^p v_{pj}}{W} \quad (2.16)$$

$$v_h = \frac{\sum_{z=1}^h v_{hz} \cdot \overline{M}_z}{\overline{M}} \quad (2.17)$$

$$\varepsilon_p = \frac{\sum_{j=1}^p \varepsilon_{pj} \cdot W_j}{W} \quad (2.18)$$

$$\varepsilon_h = \frac{\sum_{z=1}^h \varepsilon_{hz} \cdot \overline{M}_z}{\overline{M}} \quad (2.19)$$

gdzie:

g – ilość zakładów górniczych,

p – ilość zakładów przeróbczych,

h – ilość zakładów hutniczych,

F_{gi} – koszty stałe w i -tym zakładzie górniczym, zł/rok,

F_{pi} – koszty stałe w j -tym zakładzie przeróbczym, zł/rok,

F_{hz} – koszty stałe w z -tym zakładzie hutniczym, zł/rok,

v_{gi} – jednostkowy koszt zmienny wydobycia rudy w i -tym zakładzie górniczym, zł/Mg,

v_{pj} – jednostkowy koszt zmienny przeróbki rudy w j -tym zakładzie przeróbczym, zł/Mg,

v_{hz} – jednostkowy koszt zmienny przerobu hutniczego, zł/Mg Cu,

W_i – wydobycie rudy w i -tym zakładzie górniczym, Mg/rok,

W_j – przeróbka rudy w j -tym zakładzie przeróbczym, Mg/rok,

\overline{M}_z – średnioroczna produkcja miedzi w z -tym zakładzie hutniczym, Mg Cu,

\overline{M} – średnioroczna produkcja miedzi w ramach spółki, Mg Cu.

Wartość produkcji dodatkowej (ubocznej) opiszemy wzorem:

$$P_d = M \sum_{i=1}^d \frac{M_{(t-1)i}}{M_{t-1}} p_i \quad (2.20)$$

$$P_d = W \cdot 0,01 \alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \sum_{i=1}^d \frac{M_{(t-1)i}}{M_{t-1}} p_i \quad (2.21)$$

gdzie:

d – ilość produktów dodatkowych,

$M_{(t-1)i}$ – ilość i -tego produktu wytworzonego w roku $(t-1)$ (poprzedzającym rok obliczeniowy), j.nat.,

M_{t-1} – produkcja miedzi w roku $t-1$, Mg/rok,

p_i – cena i -tego produktu dodatkowego w t -tym roku, zł/j.nat.

Jeżeli czynnik:

$$\sum_{i=1}^d \frac{M_{(t-1)i}}{M_{t-1}} p_i = p_d \quad (2.22)$$

to wartość produkcji dodatkowej opiszemy wzorem:

$$P_d = M \cdot p_d \quad (2.23)$$

lub uwzględniając (2.6):

$$P_d = W \cdot 0,01 \alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \cdot p_d \quad (2.24)$$

Po podstawieniu (2.12 i 2.23) do (2.10) przy uwzględnieniu (2.6) otrzyma się:

$$ESZ = \frac{[0,01\alpha_w \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h (p + p_d - v_h) - W(v_g + v_p) - F](1 - CT)}{IC_{t-1}} - WACC \quad (2.25)$$

Wartość zaangażowanego kapitału (IC_{t-1}) na koniec okresu można obliczyć według wzoru (Wanielista, 2007):

$$IC_{t-1} = A_t + A_{obr.} - Z_n + W_n + R_b + G_w \quad (2.26)$$

gdzie:

A_t – wartość bilansowa aktywów trwałych Spółki na koniec okresu,

$A_{obr.}$ – wartość bilansowa aktywów obrotowych Spółki na koniec okresu,

Z_n – wartość bilansowa zobowiązań nieodsetkowych (krótkoterminowych i długoterminowych) ogółem dla Spółki na koniec okresu, obliczana jako suma wartości zobowiązań: z tytułu dostaw i usług ogółem, z tytułu zaliczek otrzymanych na poczet dostaw ogółem, z tytułu podatków, ceł i ubezpieczeń i innych świadczeń ogółem, z tytułu wynagrodzeń ogółem, innych ogółem, wartości funduszy specjalnych ogółem,

W_n – wartość bilansowa wartości niematerialnych i prawnych Spółki na koniec okresu,

R_b – wartość bilansowa biernych rozliczeń międzyokresowych kosztów ogółem, z wyłączeniem wartości zobowiązań z tytułu niewykorzystanych urlopów na koniec danego okresu,

G_w – wartość gruntów użytkowanych wieczyście wykazywanych w ewidencji pozabilansowej ogółem.

Średnioważony koszt finansowania kapitałem oblicza się według wzoru (Wanielista, 2007):

$$WACC = \frac{D}{D + E} k_d (1 - CT) + \frac{E}{D + E} k_w \quad (2.27)$$

gdzie:

k_d – koszt finansowania kapitałem obcym, obliczany jako iloraz sumy wartości: odsetek, prowizji, dyskont i innych kosztów obsługi zadłużenia ogółem w danym okresie, płatności z tytułu umów leasingu finansowego ogółem w danym okresie, bilansowej wartości salda średniorocznych zobowiązań odsetkowych (krótko i długookresowych), obliczanych zgodnie z definicją symbolu „D”,

D – bilansowe wartości salda średniorocznych zobowiązań odsetkowych (krótko i długookresowych), obliczanych jako suma średnich arytmetycznych wartości: kredytów i pożyczek na koniec oraz na początek danego okresu, zobowiązań z tytułu emisji

dłużnych papierów wartościowych na koniec oraz początek danego okresu, zobowiązań z tytułu umów leasingu finansowego na koniec oraz na początek danego okresu,

E – rynkowa wartość kapitałów własnych na koniec okresu, obliczana jako iloczyn średniej arytmetycznej ilości akcji oraz średniej ceny akcji firmy w okresie, wyznaczonej na podstawie notowań Spółki na Giełdzie Papierów Wartościowych,

k_w – koszt finansowania kapitałem własnym, obliczany jako suma pozycji: wskaźnika stopy wolnej od ryzyka, oraz iloczynu następujących wskaźników: rynkowej premii za ryzyko (ERP) i ryzyka systematycznego dla akcji.

2.2. Normatywy jakości wydobywanej rudy dla PCT i OZG

Wzór (2.25) przekształcimy w sposób następujący:

$$\frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1}}{1 - CT} + W(v_g + v_p) + F = 0,01\alpha_w \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h (p + p_d - v_h) \quad (2.28)$$

skąd:

$$\alpha_w = \frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1} + [W(v_g + v_p + F)](1 - CT)}{0,01 \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h (p + p_d - v_h)(1 - CT)} \quad (2.29)$$

przy czym:

$$p_d = \sum_{i=1}^d \frac{M_{(t-1)i}}{M_{t-1}} p_i \quad (2.30)$$

Aby ustalić średnią zawartość miedzi w wydobytej rudzie dla poszczególnych oddziałów (OZG Lubin, Polkowice, Rudna) określimy najpierw wzór do obliczenia średniej zawartości miedzi w udostępnionych zasobach bilansowych złoża:

$$\alpha = \frac{\alpha_{zL} \cdot Q_L + \alpha_{zP} \cdot Q_P + \alpha_{zR} \cdot Q_R}{Q_L + Q_P + Q_R} \quad (2.31)$$

gdzie:

α_z – średnia zawartość miedzi w udostępnionych zasobach przemysłowych złoża, %,

α_{zL} – średnia zawartość miedzi w udostępnionych zasobach przemysłowych OZG „Lubin”, %,

α_{zP} – średnia zawartość miedzi w udostępnionych zasobach przemysłowych OZG „Polkowice”, %,

α_{zR} – średnia zawartość miedzi w udostępnionych zasobach przemysłowych OZG „Rudna”, %,

Q_L – udostępnione zasoby przemysłowe w OZG „Lubin”, Mg, Q_P - udostępnione zasoby przemysłowe w OZG „Polkowice”, Mg, Q_R - udostępnione zasoby przemysłowe w OZG „Rudna”, Mg.

Wymaganą zawartość miedzi w wydobytej rudzie dla oddziałów górniczych (OZG) wyprowadzimy z relacji:

$$\frac{W_L \cdot \alpha_{wL}}{Q_L \cdot \alpha_{zL}} = \frac{W \cdot \alpha_w}{Q \cdot \alpha_z} \quad (2.32)$$

$$\frac{W_P \cdot \alpha_{wP}}{Q_P \cdot \alpha_{zP}} = \frac{W \cdot \alpha_w}{Q \cdot \alpha_z} \quad (2.33)$$

$$\frac{W_P \cdot \alpha_{zR}}{Q_R \cdot \alpha_{zR}} = \frac{W \cdot \alpha_w}{Q \cdot \alpha_z} \quad (2.34)$$

Podane relacje oznaczają założenie, że stosunek wydobytego metalu w rudzie do udostępnionych zasobów przemysłowych metalu w rudzie dla poszczególnych OZG powinien być taki jak dla całego złoża. Takie założenie, chociaż logiczne, może prowadzić niekiedy z formalnego punktu widzenia do nonsensownych wyników np. $\alpha_{wL} > \alpha_{zL}$. Taka sytuacja może wystąpić wówczas, gdy zachwiana jest struktura wydobycia tzn. występują duże udostępnione zasoby przemysłowe a równocześnie małe roczne wydobycie rudy. W takim przypadku dla danego OZG przyjmujemy $\alpha_w \cong \alpha_z$ ponawiamy obliczenia dla pozostałych OZG przy skorygowanych danych. Ze wzorów (2.32 ÷ 2.34) otrzymujemy:

$$\alpha_{wL} = \alpha_{zL} \cdot \frac{Q_L}{W_L} \cdot \frac{W \cdot \alpha}{Q \cdot \alpha_z} \quad (2.35)$$

$$\alpha_{wP} = \alpha_{zP} \cdot \frac{Q_P}{W_P} \cdot \frac{W \cdot \alpha}{Q \cdot \alpha_z} \quad (2.36)$$

$$\alpha_{wR} = \alpha_{zR} \cdot \frac{Q_R}{W_R} \cdot \frac{W \cdot \alpha}{Q \cdot \alpha_z} \quad (2.37)$$

przy czym:

$$W = W_L + W_P + W_R \quad (2.38)$$

$$Q = Q_L + Q_P + Q_R \quad (2.39)$$

gdzie:

α_{wL} – zawartość miedzi w wydobytej rudzie dla OZG „Lubin”, %,

α_{wP} – zawartość miedzi w wydobytej rudzie dla OZG „Polkowice”, %,

α_{wR} – zawartość miedzi w wydobytej rudzie dla OZG „Rudna”, %,

W_L – wydobycie rudy w OZG „Lubin”, Mg/rok,

W_P – wydobycie rudy w OZG „Polkowice”, Mg/rok,

W_R – wydobycie rudy w OZG „Rudna”, Mg/rok.

I. Przykład obliczeń minimalnej zawartości miedzi w wydobytej rudzie dla PCT (α_{ws})

i OZG (α_{wi})

Dane: $ESZ = 0,2$; $WACC = 0,1$; $IC_{t-1} = 4 \cdot 10^9$ zł; $W = 30 \cdot 10^6$ Mg/rok; $\varepsilon_p = 0,85$; $\varepsilon_h = 0,9$; $p = 15000$ zł/Mg; $v_h = 900$ zł/Mg; $CT = 0,3$; $v_g = 18,0$ zł/Mg; $v_p = 12,0$ zł/Mg; $F = 4 \cdot 10^9$ zł/rok

Produkcja dodatkowa w roku t-1: złoto: 700 kG; srebro: 1200 Mg; ołów: 21 000 Mg; kwas siarkowy: 620 000 Mg; siarczan miedzi: 7000 Mg; siarczan niklu: 2000 Mg; selen techniczny: 82 Mg. Produkcja miedzi w roku t-1: 500 000 Mg. Ceny produktów dodatkowych

w roku t (obliczeniowym): złoto: 50 000 zł/kg; srebro: 700 zł/kg; ołów: 3500 zł/Mg; kwas siarkowy: 30 zł/Mg; siarczan miedzi: 2500 zł/Mg; siarczan niklu: 10 000 zł/Mg; selen techniczny: 300 zł/Mg.

Obliczamy wartość produkcji dodatkowej dla każdego produktu, czynnik P_{di} , korzystając ze wzoru 2.22, stąd złoto – 70,0 zł/Mg Cu, srebro – 1680,0 zł/Mg Cu, ołów – 147,0 zł/Mg Cu, kwas siarkowy – 37,2 zł/Mg Cu, siarczan miedzi – 35,0 zł/Mg Cu, siarczan niklu – 40,0 zł/Mg Cu, selen techniczny – 0,049 zł/Mg Cu.

Natomiast wartość całej dodatkowej produkcji wynosi $P_d = 2009$ zł/Mg Cu.

Obliczenie α_{ws} dla PCT (wzór 2.29); $\alpha_{ws} = 1,79$ % Cu oraz w przypadku granicznym dla ESZ i EBIT = 0; $\alpha_{ws} = 1,48$ % Cu.

Obliczenie α_{wi} dla OZG (wzory 2.35÷2.37).

Przyjmijmy dane jak dla PCT przy $\alpha_{ws} = 1,48$ % Cu oraz dodatkowo:

$$\begin{array}{lll} W_L = 7 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok} & W_p = 11 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok} & W_R = 12 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok} \\ Q_L = 120 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok} & Q_p = 200 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok} & Q_R = 180 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok} \\ \alpha_{ZL} = 1,4 \text{ \% Cu} & \alpha_{ZP} = 2 \text{ \% Cu} & \alpha_{ZR} = 2,2 \text{ \% Cu} \end{array}$$

Obliczmy α_Z dla PCT ze wzoru (2.31); $\alpha_Z = 1,93$ % Cu.

Obliczmy zawartość α_{wi} dla OZG; $\alpha_{wL} = 1,1$ % Cu, $\alpha_{wP} = 1,67$ % Cu, $\alpha_{wR} = 1,52$ % Cu.

Sprawdzenie:

$$\alpha_{ws} = \frac{(1,1 \cdot 7 + 1,67 \cdot 11 + 1,52 \cdot 12) \cdot 10^6}{(7 + 11 + 12) \cdot 10^6} = 1,48 \text{ \% Cu}$$

Może dziwić wynik, że $\alpha_{wP} > \alpha_{wR}$ mimo, iż $\alpha_{ZP} < \alpha_{ZR}$. Wynika to jednak ze struktury wydobycia i zasobów. OZG_P ma większe zasoby a mniejsze wydobycie aniżeli OZG_R i stąd większe wymagania jakościowe dla OZG_P (por. wzory 2.2÷2.4). Zatem dekompozycja α_{ws} (dla złoża) na α_{wi} (dla obszarów górniczych) została przeprowadzona sprawiedliwie, chociaż przy powierzchniowej analizie nielogicznie. OZG_P powinna przy istniejących zasobach zwiększyć wydobycie rudy. Dane wykorzystane w przykładzie mają charakter teoretyczny.

2.3. Normatywy kosztów górniczych dla PCT i OZG

Punktem wyjścia do określenia normatywów kosztów jest równanie opisujące ekonomiczną stopę zwrotu:

$$ESZ = \frac{EBIT(1-CT)}{IC_{t-1}} - WACC \quad (2.40)$$

przy czym:

$$EBIT = M(p-k) \quad (2.41)$$

$$k = \frac{K - P_d}{M} \quad (2.42)$$

Oznaczenia jak we wzorach (2.5÷2.7). Podstawiając (2.42) do (2.41) a następnie do (2.40) otrzyma się:

$$ESZ = \frac{[M \cdot p - (K - P_d)](1 - CT)}{IC_{t-1}} - WACC \quad (2.43)$$

skąd:

$$K = M \cdot p - \frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1}}{1 - CT} + P_d \quad (2.44)$$

Koszt produkcji miedzi elektrolitycznej opiszemy w tym przypadku wzorem:

$$K = (k_g + k_p + k_h) M + K_z \quad (2.45)$$

gdzie:

k_g – średni, jednostkowy koszt wydobycia rudy, liczony na 1 Mg płaconej miedzi, zł/Mg Cu,

k_p – średni, jednostkowy koszt przeróbki rudy liczony na 1 Mg płaconej miedzi, zł/Mg Cu,

k_h – średni, jednostkowy koszt hutniczy liczony na 1 Mg płaconej miedzi, zł/Mg Cu,

M – roczna produkcja i sprzedaż miedzi elektrolitycznej, Mg,

K_z – roczny koszt zarządu, zł/rok.

Podstawiając (2.45) do (2.43) otrzyma się:

$$M(k_g + k_p + k_h) + K_z = M \cdot p - \frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1}}{1 - CT} + P_d \quad (2.46)$$

skąd:

$$k_g = p - \frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1}}{M(1 - CT)} + \frac{P_d - K_z}{M} - k_p - k_h \quad (2.47)$$

przy czym:

$$P_d = M \sum_{i=1}^d \frac{M_{(t-1)i}}{M_{t-1}} p_i \quad (2.48)$$

Oznaczając:

$$p_d = M \sum_{i=1}^d \frac{M_{(t-1)i}}{M_{t-1}} p_i \quad (2.49)$$

otrzymamy:

$$P_d = M \cdot p_d \quad (2.50)$$

Podstawiając (2.50) do (2.47) otrzyma się:

$$k_g = p - \frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1}}{M(1 - CT)} + \frac{M \cdot p_d - K_z}{M} - k_p - k_h \quad (2.51)$$

skąd uwzględniając (2.6) otrzyma się:

$$k_g = p + p_d - k_p - k_h - \frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1} - K_z(1 - CT)}{0,01\alpha_w \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h(1 - CT)} \quad (2.52)$$

W celu wyznaczenia kosztów normatywnych dla poszczególnych OZG opiszemy koszt górniczy obciążający 1 Mg miedzi elektrolitycznej w sposób następujący:

- dla PCT (Podstawowy Ciąg Technologiczny)

$$k_g = \frac{k_r}{0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h} \quad (2.53)$$

przy czym:

$$k_r = \frac{\sum_{i=1}^g W_i \cdot k_{ri}}{W} \quad (2.54)$$

$$\alpha_w = \frac{\sum_{i=1}^g W_i \cdot \alpha_w}{W} \quad (2.55)$$

gdzie:

k_r – średni dla PCT, jednostkowy koszt wydobycia rudy, zł/Mg,

k_{ri} – jednostkowy koszt wydobycia rudy dla i -tego OZG, zł/Mg.

- dla i -tego OZG

$$k_{gi} = \frac{k_{ri}}{0,01\alpha_{wi} \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h} \quad (2.56)$$

gdzie: k_{gi} – jednostkowy koszt wydobycia rudy liczony na 1 Mg miedzi elektrolitycznej dla i -tego OZG, zł/Mg Cu.

Określmy następnie zależność:

$$\frac{M_i \cdot k_{gi}}{M \cdot k_g} = \frac{M \cdot \frac{k_{ri}}{0,01\alpha_{wi} \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h}}{M \cdot \frac{k_r}{0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h}} \quad (2.57)$$

skąd:

$$\frac{M_i \cdot k_{gi}}{M \cdot kg} = \frac{M_i \cdot k_{ri} \cdot 0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h}{M \cdot k_r \cdot 0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h} \quad (2.58)$$

skąd:

$$k_{gi} = \frac{M \cdot M_i \cdot k_g \cdot k_{ri} \cdot 0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h}{M \cdot M_i \cdot k_r \cdot 0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h} \quad (2.59)$$

skąd:

$$k_{gi} = kg \cdot \frac{k_{ri} \alpha_w}{k_r \alpha_{wi}} \quad (2.60)$$

II. Przykład obliczeń maksymalnego kosztu górniczego obciążającego 1 Mg płaconej miedzi dla PCT (k_{gs}) i OZG (k_{gi})

Obliczyć normatyw kosztu górniczego obciążający 1 Mg płaconej miedzi dla PCT i OZG przy następujących danych:

$p = 1500$ zł/Mg Cu; $k_g = 100$ zł/Mg Cu; $k_h = 1500$ zł/Mg Cu; $ESZ = 0,2$; $WACC = 0,1$; $IC_{t-1} = 4 \cdot 10^9$ zł; $d = 2009$ zł/Mg Cu (z przykładu I); $K_z = 300 \cdot 10^6$ zł; $CT = 0,3$; $\alpha_w = 1,48\%$ Cu; $\alpha_{wL} = 1,1\%$ Cu; $\alpha_{wP} = 1,67\%$ Cu; $\alpha_{wR} = 1,52\%$ Cu; $W = 30 \cdot 10^6$ Mg/rok; $\varepsilon_p = 0,85$; $\varepsilon_h = 0,9$; $k_r = 82,2$ zł/Mg; $k_{rL} = 80$ zł/Mg; $k_{rP} = 75$ zł/Mg; $k_{rR} = 90$ zł/Mg.

Obliczenie normatywnego kosztu dla PCT (wzór 2.52); $k_{gs} = 10345,0$ zł/Mg Cu.

Obliczenie normatywnego kosztu dla OZG (wzór 2.60); $k_{gL} = 12213,79$ zł/Mg Cu, $k_{gP} = 7551,09$ zł/Mg Cu, $k_{gR} = 9978,23$ zł/Mg Cu.

2.4. Normatywy produkcyjne dla PCT i OZG

Powtórzmy równanie:

$$ESZ = \frac{EBIT_t(1-CT_t)}{IC_{t-1}} - WACC \quad (2.61)$$

przy czym:

$$EBIT = (p - v)M - F \quad (2.62)$$

gdzie:

p – jednostkowa cena miedzi elektrolitycznej, zł/Mg Cu,

v – jednostkowy ciągniony koszt zmienny produkcji i sprzedaży miedzi elektrolitycznej w ramach PCT, zł/Mg Cu,

M – produkcja i sprzedaż miedzi elektrolitycznej, Mg/rok,

F – koszty stałe w ramach PCT, zł/rok.

Podstawiając (2.62) do (2.61) otrzyma się:

$$ESZ = \frac{[(p-v)M-F](1-CT)}{IC_{t-1}} - WACC \quad (2.63)$$

skąd:

$$M = \frac{F}{p-v} + \frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1}}{(1-CT)(p-v)} \quad (2.64)$$

Przy znanym α_{ws} korzystając z zależności $M = W \cdot 0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h$ możemy określić poziom wydobycia rudy:

$$W = \frac{F}{0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h (p-v)} + \frac{(ESZ + WACC)IC_{t-1}}{0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h (p-v)(1-CT)} \quad (2.65)$$

Dla OZG określimy proporcję:

$$\frac{W_i \cdot \alpha_{wi}}{Q_i \cdot \alpha_{zi}} = \frac{W \cdot \alpha_w}{Q \cdot \alpha_z} \quad (2.66)$$

skąd:

$$W_i = Q_i \frac{\alpha_{zi}}{\alpha_{wi}} \frac{W \cdot \alpha_w}{Q \cdot \alpha_z} \quad (2.67)$$

III. Przykład obliczeń minimalnej produkcji miedzi i minimalnego wydobycia rudy dla PCT i OZG

Dane: $p = 15000$ zł/Mg Cu; $F = 2,6 \cdot 10^9$ zł; $v = 3200$ zł/Mg Cu; $ESZ = 0,2$; $WACC = 0,1$; $IC_{t-1} = 4 \cdot 10^9$ zł; $CT = 0,3$, $\alpha_w = 1,48$ % Cu; $\varepsilon_p = 0,85$; $\varepsilon_h = 0,9$; $Q_L = 120 \cdot 10^6$ Mg; $Q_p = 200 \cdot 10^6$ Mg; $Q_R = 180 \cdot 10^6$ Mg; $\alpha_{zL} = 1,4\%$ Cu; $\alpha_{zP} = 2\%$ Cu; $\alpha_{zR} = 2,2\%$ Cu.

Obliczenia: $M_s = 366 \cdot 10^3$ Mg Cu/rok, $W_s = 32,3 \cdot 10^6$ Mg/rok; $W_L = 7,556 \cdot 10^6$ Mg/rok,
 $W_P = 11,865 \cdot 10^6$ Mg/rok, $W_R = 12,906 \cdot 10^6$ Mg/rok,

3. Normatywy ustalane według operacyjnej stopy zwrotu

3.1. Operacyjna stopa zwrotu

Operacyjną stopą zwrotu określamy stosunek zysku operacyjnego do majątku (aktywów) przedsiębiorstwa generującego taki zysk:

$$ROI = \frac{EBIT_t}{IC_{t-1}} \quad (3.1)$$

przy czym:

$$EBIT = M(p - k) \quad (3.2)$$

$$M = 0,01 \alpha_w \cdot W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \quad (3.3)$$

$$k = \frac{K - P_d}{M} \quad (3.4)$$

Oznaczenia jak we wzorach (2.5÷2.7). Podstawiając (3.4) do (3.2) a następnie (3.2) do (3.1) otrzyma się:

$$ROI = \frac{M \cdot p + P_d - K}{IC_{t-1}} \quad (3.5)$$

Podstawiając (2.11; 2.23) do (3.5) otrzyma się:

$$ROI = \frac{M \cdot p + M \cdot p_d - W(v_g + v_p) - M \cdot v_h - F}{IC_{t-1}} \quad (3.6)$$

skąd:

$$ROI = \frac{M(p + p_d - v_h) - W(v_g + v_p) - F}{IC_{t-1}} \quad (3.7)$$

ponieważ:

$$M = 0,01W \cdot \alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h \quad (3.8)$$

wzór (3.7) można opisać:

$$ROI = \frac{0,01W \cdot \alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h (p + p_d - v_h) - W(v_g + v_p) - F}{IC_{t-1}} \quad (3.9)$$

3.2. Normatywy jakości wydobywanej rudy dla PCT i OZG

Przekształcając wzór (2.9) otrzyma się dla PCT:

$$\alpha_w = \frac{W(v_g + v_p) + F + ROI \cdot IC_{t-1}}{0,01W \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h (p + p_d - v_h)} \quad (3.10)$$

oraz dla OZG:

$$\alpha_{wi} = \alpha_{zi} \cdot \frac{Q_i}{W_i} \cdot \frac{W \cdot \alpha_{ws}}{Q \cdot \alpha_z} \quad (3.11)$$

IV. Przykład obliczeń zawartości miedzi w wydobytej rudzie dla PCT (α_{ws}) o OZG (α_{wi})

Przyjmując $ROI = 0,2$ oraz dane z przykładu I otrzyma się: $\alpha_{ws} = 1,2 \%$ Cu, zawartość miedzi dla poszczególnych OZG obliczymy z wzoru (3.11) przy założeniu $\alpha_{ws} = 1,2 \%$ i danych z przykładu I: $\alpha_{wL} = 0,89 \%$ Cu, $\alpha_{wP} = 1,35 \%$ Cu, $\alpha_{wR} = 1,23 \%$ Cu.

Sprawdzenie:

$$\alpha_{ws} = \frac{0,89 \cdot 7 \cdot 10^6 + 1,35 \cdot 11 \cdot 10^6 + 1,23 \cdot 12 \cdot 10^6}{(7 + 11 + 12) \cdot 10^6} = 1,2 \% \text{ Cu}.$$

3.3. Normatywy kosztów górniczych dla PCT i OZG

Operacyjną stopę zwrotu obliczamy z wzorów:

$$ROI = \frac{EBIT_t}{IC_{t-1}} \quad (3.12)$$

$$EBIT = M(p - k) \quad (3.13)$$

$$k = \frac{K - P_d}{M} \quad (3.14)$$

Uwzględniając (2.23) wzór (3.14) napiszemy w postaci:

$$k = \frac{K - M \cdot p_s}{M} \quad (3.15)$$

Podstawiając (3.15) do (3.13) otrzyma się:

$$EBIT = M(p - \frac{K}{M} + p_d) \quad (3.16)$$

skąd:

$$EBIT = M(p + p_d) - K \quad (3.17)$$

Po podstawieniu (3.17) do (3.12) otrzymamy:

$$ROI = \frac{M \cdot (p + p_d) - K}{IC_{t-1}} \quad (3.18)$$

skąd:

$$K = M(p + p_d) - ROI \cdot IC_{t-1} \quad (3.19)$$

Jeżeli za K podstawimy (2.45) otrzyma się:

$$M(k_g + k_p + k_h) + K_z = M(p + d) - ROI \cdot IC_{t-1} \quad (3.20)$$

skąd:

$$k_g = \frac{M(p + p_d) - ROI \cdot IC_{t-1} - k_p - k_h}{M} \quad (3.21)$$

skąd:

$$k_g = p + p_d - k_p - k_h - \frac{ROI \cdot IC_{t-1}}{W \cdot 0,01 \alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h} \quad (3.22)$$

Dla OZG analogicznie do wzoru (2.60) normatyw kosztów obliczamy ze wzoru:

$$k_{gi} = k_g \frac{k_{ri} \alpha_{ws}}{k_r \alpha_{wi}} \quad (3.23)$$

V. Przykład obliczeń maksymalnego kosztu górniczego obciążającego 1 Mg płaconej miedzi

Według danych z II przykładu i $ROI = 0,2$ obliczymy normatywy kosztów dla PCT (wzór 3.22) i OZG (wzór 3.23): $k_{gs} = 11604$ zł/Mg Cu, $k_{gL} = 15227$ zł/Mg Cu, $k_{gP} = 9411$ zł/Mg Cu, $k_{gR} = 12395$ zł/Mg Cu.

3.4. Normatywy produkcyjne dla PCT i OZG

Powtórzmy równanie:

$$ROI = \frac{EBIT_t}{IC_{t-1}} \quad (3.24)$$

Zysk operacyjny określimy wzorem:

$$EBIT = M(p - v) - F \quad (3.25)$$

Podstawiając (3.25) do (3.24) otrzyma się:

$$ROI = \frac{M(p - v) - F}{IC_{t-1}} \quad (3.26)$$

skąd:

$$M = \frac{F + \text{ROI} \cdot \text{IC}_{t-1}}{p - vv} \quad (3.27)$$

Równanie (3.27) możemy napisać w postaci:

$$W \cdot 0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h = \frac{F + \text{ROI} \cdot \text{IC}_{t-1}}{p - v} \quad (3.28)$$

skąd:

$$W = \frac{F + \text{ROI} \cdot \text{IC}_{t-1}}{0,01\alpha_w \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_h (p - v)} \quad (3.29)$$

Dla OZG analogicznie do wzorów (2.67; 2.68):

$$\frac{W_i \cdot \alpha_{wi}}{Q \cdot \alpha_{zi}} = \frac{W \cdot \alpha_w}{Q \cdot \alpha_z} \quad (3.30)$$

$$W_i = Q_i \frac{\alpha_{zi}}{\alpha_{wi}} \frac{W \cdot \alpha_w}{Q \cdot \alpha_z} \quad (3.31)$$

VI. Przykład obliczeń minimalnej produkcji miedzi i minimalnego wydobycia rudy dla PCT i OZG

Przyjmijmy dane jak w III przykładzie oraz $\text{ROI} = 0,2$, stąd $M_s = 288135 \text{ Mg/rok}$, $W_s = 31,4 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok}$, $W_L = 7,36 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok}$, $W_P = 11,5 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok}$, $W_R = 12,5 \cdot 10^6 \text{ Mg/rok}$.

4. Wyniki obliczeń

Lp.	Wyszczególnienie	Symbol	Miano	Wartość normatywu								
				Kryterium ekonomicznej stopy zwrotu				Kryterium operacyjnej stopy zwrotu				
				PCT	OZG Lubin	OZG Polkowice	OZG Rudna	PCT	OZG Lubin	OZG Polkowice	OZG Rudna	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.	Obecna wartość kryterium	ESZ, ROI	- -	0,2 -	-	-	-	-	- 0,2	-	-	-
2.	Minimalna zawartość miedzi w wydobytej rudzie	α_w α_{wi}	% %	1,93 -	- 1,10	- 1,67	- 1,52	-	1,20 -	- 0,89	- 1,35	- 1,23
3.	Maksymalny koszt wydobycia rudy liczony na 1 Mg płaconej miedzi	k_{gs} k_{gi}	zł/Mg Cu zł/Mg Cu	1045,0 -	- 12213,79	- 7551,09	- 9978,23	11604 -	- 15227,0	- 9411,0	- 12395,0	
4.	Minimalna produkcja miedzi elektrolitycznej	M_s	Mg/rok	366000				288135				
5.	Minimalne wydobycie rudy	W_s W_i	Mg/rok Mg/rok	32,3 $\times 10^6$ -	- $7,56 \times 10^6$ -	- $11,86 \times 10^6$ -	- $12,90 \times 10^6$ -	$31,4 \times 10^6$	- $7,36 \times 10^6$	- $11,5 \times 10^6$	- $12,5 \times 10^6$	

5. Zakończenie

W niniejszym artykule przedstawiono modele ekonometryczne służące do obliczenia:

- ekonomicznej i operacyjnej stopy zwrotu dla PCT,
- normatywów zawartości miedzi w wydobytej rudzie dla PCT (Podstawowego Ciągu Technologicznego) i OZG (Oddziałów Zakładów Górniczych),
- normatywów kosztów górniczych obciążających 1 Mg płaconej (tzn. z uwzględnieniem uzysku przerobczego i hutniczego) miedzi dla PCT i OZG,
- normatywów produkcyjnych tzn. rocznej produkcji miedzi i wydobycia rudy dla PCT oraz wydobycia rudy dla OZG.

Normatyw jest wartością jednej z wyżej wymienionych zmiennych, która w przypadku zawartości miedzi w rudzie i poziomemu produkcji nie może być mniejsza, a w przypadku kosztów większa od wyznaczonego normatywu, aby wybrana funkcja celu to znaczy ekonomiczna lub operacyjna stopa zwrotu osiągnęła zadaną wartość. Szczególnym przypadkiem są progowe (graniczne) wartości zmiennych obliczane przy założeniu, że $ESZ/ROI = 0$, to znaczy zysk operacyjny również jest równy zeru ($EBIT = 0$).

Normatywy dla PCT są obliczane z innych, przedstawionych w artykule wzorów przy czym zapewniono spójność normatywów dla PCT i OZG. Na przykład normatyw zawartości miedzi w rudzie dla OZG wyprowadza się przy założeniu, że stosunek wydobytej miedzi w rudzie do ilości miedzi w udostępnionych zasobach przemysłowych OZG powinien być taki sam jak dla PCT.

W praktyce można stosować jeden z trzech normatywów, najkorzystniej normatyw kosztów przy znanych, najłatwiej obecnie osiągniętych wartościach innych zmiennych. Wówczas obecne wartości innych zmiennych, a w szczególności zawartość miedzi w rudzie i poziom wydobycia rudy traktujemy jako quasi normatywy.

System premiowania kadry kierowniczej można uzależnić od korzystnych odchyień od wartości normatywu.

Bibliografia

1. Butra, J., Kicki J., Kudełko, J., Wanielista, W., Wirth, H. (2009). *Podstawy rachunku ekonomicznego w przedsiębiorstwach górniczych*. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN.
2. Kudełko, J., Wanielista, K., Wirth, H. (2013). Economic evaluation of mineral extraction projects from fields of exploitation during operational periods. *Journal of Sustainable Mining*, 1, 12. Katowice, 41-45.

3. Kudelko, J., Wirth, H., Wanielista, K. (2011). Metoda obliczania kryteriów bilansowości rud z warunków ekonomicznych. *Rudy i Metale Nieżelazne*, 9, 451-457.
4. Kudelko, J., Wirth, H. (2010). Standard values of quality and ore mining costs in management of multi-plant mining company. *Glückauf*, 146, 3, 111-116.
5. Wirth, H., Kudelko, J., Wanielista, K. (2009). Metoda wyceny aktywów geologiczno-górnictwowych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 3. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN, 21-35.
6. Wanielista, K. (2007). *Nowa strategia kreowania rynkowej wartości przedsiębiorstw górniczych*. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN.