

Zbigniew Lubosik*

GEOINŻYNIERYJNE I EKONOMICZNE KRYTERIA EKSPLOATACJI WĘGLA KAMIENNEGO Z RESZTKOWYCH PARCEL POKŁADÓW

Streszczenie

W artykule opisano sposób postępowania, prowadzący do racjonalizacji podejmowania decyzji o eksploatacji węgla z resztkowej parceli pokładu bądź o jej zaniechaniu. Przedstawiono algorytm do oceny możliwości wybrania resztkowej parceli pokładu węgla. Zaprezentowano wyniki badań nad wyznaczeniem geoinżynierskich kryteriów oceny możliwości oraz doboru technologii eksploatacji. Opisano sposób przeprowadzania analizy ekonomicznej projektu wybierania węgla z parceli resztkowej oraz podano przykład praktyczny. W badaniach zastosowano sondaż opinii (ankietę), metody taksonomiczne, analizę czynnikową oraz analizę ekonomiczną.

Geological, mining-technical and economic criteria of extracting residual parts of hard coal seams

Abstract

The procedure leading to rationalization of decision making about whether or not to extract a residual part of a coal seam were described. An algorithm for assessing possibilities of extracting residual hard coal seam parts were presented. Research outcomes of determining geological and mining-technical criteria for assessing possibilities of extracting residual hard coal seam as well as for selecting appropriate extraction technologies were presented. The method of economic analyses for assessing projects of extracting of residual hard coal seam parts was described and practical example was provided. The following research methods were used within the performed investigations: opinion poll (survey), taxonomic methods, factor analysis and economic analyses

WPROWADZENIE

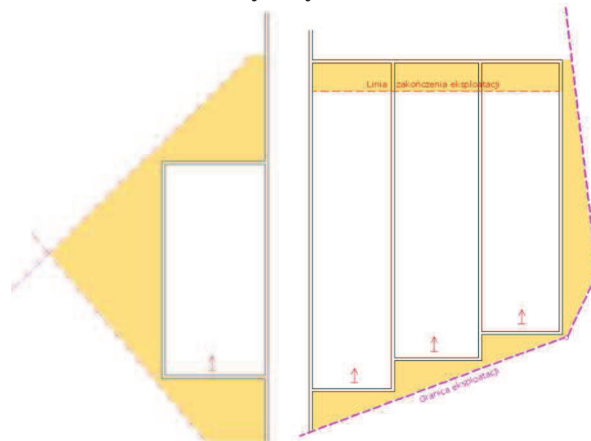
W polskim górnictwie węgla kamiennego prawie wyłącznie stosuje się ścianowy system eksploatacji. Wymaga on zapewnienia odpowiednich wymiarów pola eksploatacyjnego oraz podziału tego pola na parcele, kształtem zbliżone do prostokątów. Powoduje to pozostawianie niewybranych parcel pokładu węgla o wymiarach czy kształtach nieodpowiednich dla opłacalnego zastosowania systemu ścianowego (rys. 1).

Ponadto, w czasie planowania, a następnie prowadzenia eksploatacji, z różnych przyczyn, np. ze względów bezpieczeństwa, z uwagi na warunki geologiczne oraz górniczo-techniczne, możliwy do zastosowania system eksploatacji oraz jej opłacalność, pozostawia się niewybrane parcele pokładów (Turek, Lubosik 2008c; Trojnar 2000).

Wielkość zasobów pozostawianych w resztkowych parcelach pokładów jest trudna do określenia. W obszarach górniczych jedynie sześciu kopalń GZW zidentyfikowano aż 46 resztkowych parcel pokładów węgla o sumarycznych zasobach 27,9 mln ton węgla (Turek, Lubosik 2008a). Także w publikacji (Trojnar 2000) podano informację

* Główny Instytut Górnictwa.

o przeglądzie parcel resztkowych; zidentyfikowano 27 067 parcel o łącznej powierzchni 2770 mln m² i sumarycznych zasobach około 6,3 mln ton węgla.



Rys. 1. Przykładowy sposób rozcięcia nieregularnego rejonu eksploatacji w celu zastosowania systemu ścianowego

Fig. 1. Exemplary method of irregular part of seams extraction in order to use the longwall system

Z analizy literatury i doświadczeń praktycznych wynika, że istnieją techniczne możliwości wybierania węgla z resztkowych parceli pokładów. Eksploatację taką prowadzono w: kopalni „Staszic”, Zakładzie Górniczym „Siltech”,

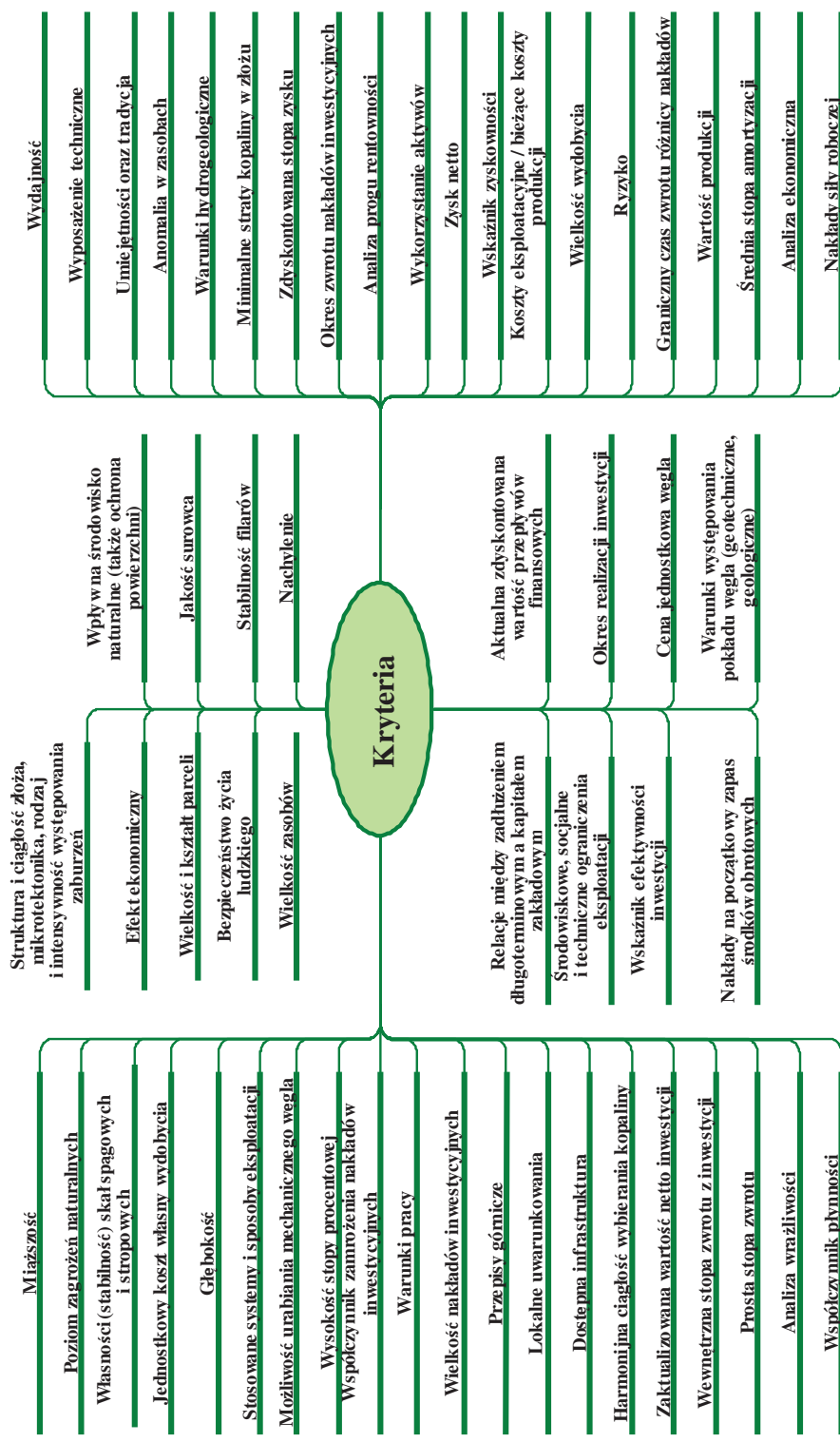
kopalni „Borynia”, czy też w kopalni „Kazimierz-Juliusz” (Turek, Lubosik 2008b). Jednak próby wybierania węgla z resztkowych parceli pokładów są nieliczne, mimo znajdujących się w nich jeszcze dużych ilości zasobów i postępującego szczyptywania się złoża w niektórych kopalniach. Główną przyczyną takiego stanu rzeczy jest brak przeprowadzonej wcześniej, przed podjęciem decyzji o eksploatacji danej parceli pokładu węgla kamiennego, analizy możliwości technicznych wybrania zasobów, z uwzględnieniem bezpieczeństwa prowadzonych prac oraz analizy opłacalności przedsięwzięcia. Aby analizy te były rzetelne, powinny bazować na wyznaczonych kryteriach, w których muszą być uwzględnione wszystkie aspekty związane z prowadzeniem eksploatacji.

1. KRYTERIA OCENY MOŻLIWOŚCI WYBIERANIA RESZTKOWYCH ZASOBÓW, DOBÓR TECHNOLOGII WYBIERANIA ORAZ SPORZĄDZANIA EKONOMICZNEJ OCENY PRZEDSIĘWZIĘCIA

Na podstawie analizy literatury dokonano zestawienia kryteriów dotychczas stosowanych do:

- oceny możliwości wybierania danych zasobów,
- doboru technologii wybierania,
- sporządzania ekonomicznej oceny przedsięwzięcia (Altounyan, Hurt, Bigby 1999; Behrens, Hawranek 1993; Butra, Kicki, Wanielista 2004; Butra i in. 2004; Fryczkowski 1971; Hellwig 1985; Karbownik 1984; Kidybiński 1987; Kirschbaum, Roberts, Biewick 2007; Kozieł, Sikora, Jaszczuk 2008; Lubosik, Rędzia 2008; Magda 1985; Matuszewski 2000, 2003; Nieć 1990; Nowak 1996; Ostrihansky 1996; Ostrowska 2002; Paździora 1980; Przybyła 1988; Przybyła, Chmiela 1997; Samanta, Samaddar 2002; Sęk, Snopkowski 1979; Sierpińska, Jachna 1995; Skelding 1982; Sobczyk 2007; Strickland 1999; Wanielista 1995; Wodarski, Karbownik 2008).

Zestawiono ponad 50 kryteriów, które zostały podzielone na kryteria geoinżynierijne i ekonomiczne (rys. 2).



Rys. 2. Zestawienie kryteriów oceny możliwości wybierania pola eksploatacyjnego, kryteriów doboru technologii eksploatacji oraz kryteriów oceny ekonomicznej opłacalności przedsięwzięcia

Fig. 2. List of criteria for assessing possibilities of extracting hard coal seam, selecting extraction technology and economic assessment of the undertaking's profitability

Liczba kryteriów oraz fakt, że nie zostały opracowane pod względem ilościowym i jakościowym powoduje, że decyzje o wybraniu parcel resztkowych bazują z reguły na intuicyjnych/subiektywnych ocenach specjalistów sporządzających projekt. Takie oceny, nieoparte badaniami naukowymi, mogą powodować podejmowanie błędnych decyzji co do wybierania czy też pozostawiania niewybranej parceli pokładu węgla.

2. ALGORYTM PRZEPROWADZANIA OCENY MOŻLIWOŚCI WYBIERANIA WĘGLA Z RESZTKOWEJ PARCELI POKŁADU

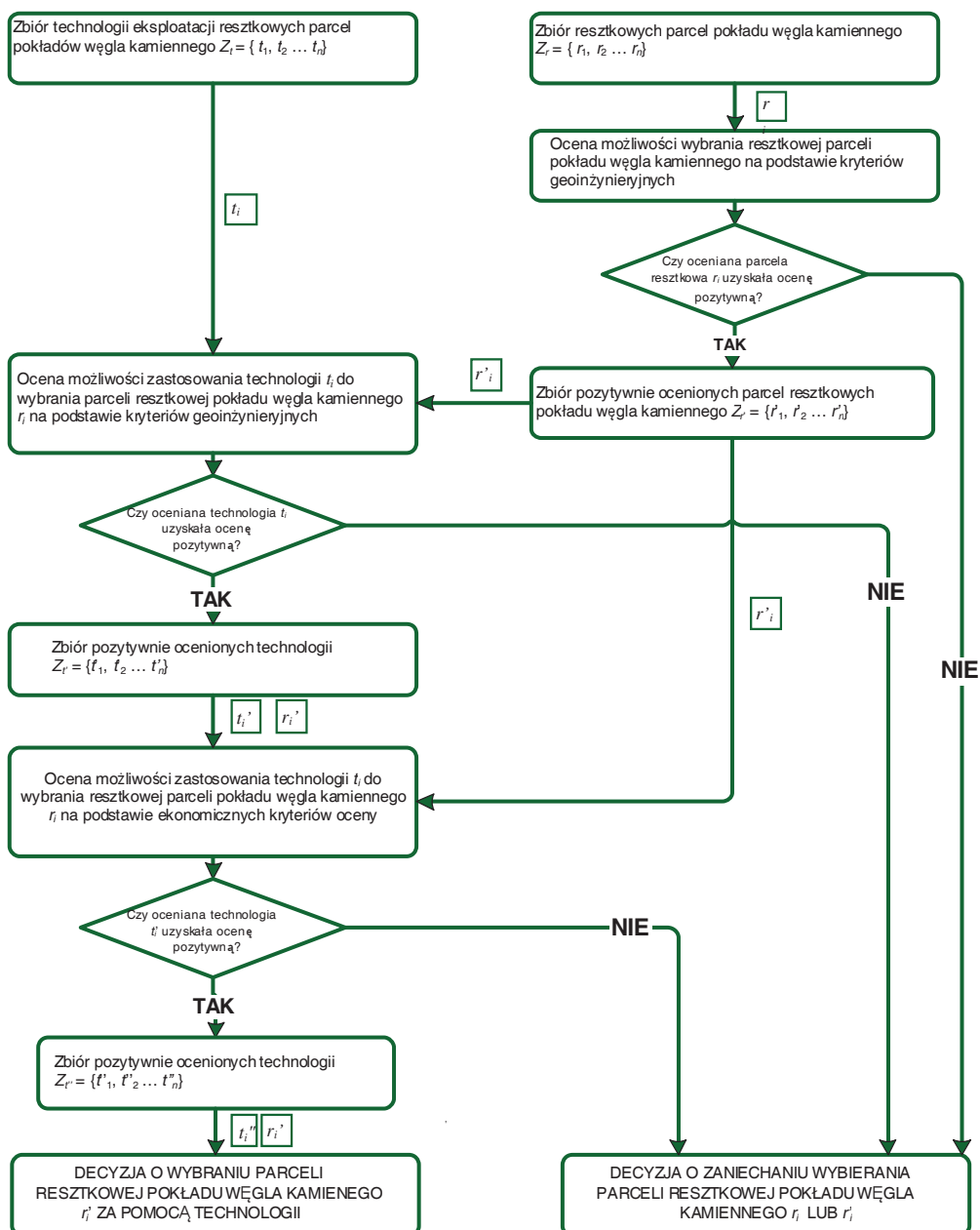
Na podstawie analizy literatury i wyników badań został opracowany algorytm umożliwiający podejmowanie racjonalnych decyzji o eksploatacji bądź o zaniechaniu eksploatacji węgla z resztkowej parceli pokładu (rys. 3). Podstawę do jego opracowania stanowił zbiór resztkowych parcel pokładu węgla oraz zbiór technologii możliwych do zastosowania.

Zgodnie z algorytmem, w pierwszym etapie należy ocenić możliwość wybrania resztkowej parceli na podstawie kryteriów geoinżynierskich. Jeżeli ocena będzie negatywna, to należy zaniechać wybierania resztki. W przypadku pozytywnej oceny realizuje się kolejny etap, w którym dobiera się technologię wybierania zasobów z resztkowej parceli również na podstawie kryteriów geoinżynierskich. W przypadku stwierdzenia braku możliwych do zastosowania technologii, podejmuje się decyzję o zaniechaniu eksploatacji. Jeżeli dobierze się odpowiednią technologię, przechodzi się do końcowego etapu, w którym ocenia się możliwość zastosowania pozytywnie ocenionych technologii do wybrania węgla z resztkowych pól na podstawie kryteriów ekonomicznych.

Jeżeli na podstawie kryteriów ekonomicznych projekt eksploatacji został również pozytywnie oceniony, to można podjąć decyzję o jej prowadzeniu. Może się oczywiście zdarzyć, że nie można w sposób ekonomicznie opłacalny wybrać zasobów i należy podjąć decyzję o zaniechaniu eksploatacji.

3. OCENA MOŻLIWOŚCI WYBRANIA WĘGLA Z RESZTKOWEJ PARCELI POKŁADU NA PODSTAWIE KRYTERIÓW GEOINŻYNIERYJNYCH

W celu wyznaczenia kryteriów geoinżynierskich do oceny możliwości wybrania resztkowej parceli pokładu węgla, na podstawie analizy literatury, opracowano kwestionariusz ankiety i przeprowadzono badania (Kozdrój, Przybyła 1986; Antoszkiewicz 1982; Helmer 1985; Męczyńska 1999; Potocki 1988; Bijańska 2006; Legut 1979; Steczkowski, Zeliaś 1981; Stabryła 2002), w których respondenci – pracownicy Kompanii Węglowej SA oraz Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA, zostali poproszeni o zaproponowanie dodatkowych kryteriów w celu uzupełnienia listy, o przypisanie wagi (znaczenia) każdemu z nich oraz o dokonanie samooceny stopnia kompetencji. Użytkowano 125 opinii, z których odrzucono 31, ze względu na mały współczynnik kompetencji, wykorzystując do dalszych badań pozostałe 94 opinie.



Rys. 3. Algorytm przeprowadzania oceny możliwości wybrania węgla z resztkowej parceli pokładu

Fig. 3. Algorithm for assessing possibilities of extracting residual hard coal seam parts

Wyniki badań ankietowych były podstawą do wyznaczenia współczynników względnej ważności kryteriów, na podstawie których uporządkowano kryteria geoinżynierskie oceny możliwości wybrania resztkowej parceli pokładu węgla ze względu na ich ważność (tabl. 1). W badaniach zastosowano metodę względnej ważności,

wykorzystując opracowane oprogramowanie EKSPERT napisane w środowisku CodeGear™ Delphi® 2007.

Wartości współczynników względnej ważności kryteriów geoinżynierskich mogą być zastosowane do oceny możliwości wybrania węgla z resztkowej parceli. Do przeprowadzenia tej oceny zaproponowano wskaźnik atrakcyjności resztki (WAR), będący sumą iloczynów oceny wartości natężenia i -tego kryterium geoinżynierskiego oraz współczynnika względnej ważności i -tego kryterium W_i .

Tablica 1. Zestawienie wyników uporządkowania kryteriów geoinżynierskich oceny możliwości wybrania węgla z resztkowej parceli pokładu według wartości współczynników względnej ważności kryterium

Lp.	Nazwa kryterium	Wartość współczynnika względnej ważności i -tego kryterium W_i
1.	Kształt i wymiary parceli	0,081567
2.	Oddziaływanie zasobności eksploatacyjnych	0,079667
3.	Zagrożenie tąpnięciami	0,076967
4.	Tektonika	0,072915
5.	Zagrożenie metanowe	0,072740
6.	Grubość pokładu	0,066549
7.	Wielkość zasobów	0,059657
8.	Warunki stropowe	0,058026
9.	Uwolnienie zasobów w innych pokładach przez likwidację stref koncentracji naprężeń	0,053564
10.	Odległość od czynnych wyrobisk	0,050621
11.	Konieczność ochrony powierzchni (zawał/podsadzka)	0,046182
12.	Nachylenie pokładu	0,043398
13.	Parametry jakościowe węgla (w tym: typ węgla, kaloryczność, siarka, popiół)	0,041392
14.	Głębokość zalegania	0,037291
15.	Odległość od dróg odstawy urobku	0,035615
16.	Zagrożenie wyrzutem metanu i skał	0,025160
17.	Zagrożenie samozapaleniem węgla	0,021267
18.	Zagrożenie klimatyczne	0,016823
19.	Zagrożenie wybuchem pyłu	0,015071
20.	Zanieczyszczenie pokładu (przerosty)	0,015066
21.	Zagrożenie wodne	0,013831
22.	Warunki spągowe	0,008362
23.	Wytrzymałość na ściskanie węgla	0,006019
24.	Odległość od szybu wydobywczego	0,002249

Wyniki badań ankietowych posłużyły także do analiz z wykorzystaniem metody analizy czynnikowej (Thurstone 1931, 1947; Stanisław 2007; Gatnar, Walesiak 2004; Gatnar 2003; Pluta 1986). Zastosowanie tej metody statystycznej umożliwiło redukcję liczby kryteriów z początkowych 24 do 9, bez istotnej utraty zawartej w nich informacji (tabl. 2). Do obliczeń wykorzystano program komputerowy Statistica 8 firmy StatSoft.

Wyznaczone kryteria są kryteriami, na które należy zwrócić największą uwagę w czasie przeprowadzania oceny możliwości wybrania resztkowej parceli. Do oceny można także wykorzystać zaproponowany wcześniej wskaźnik atrakcyjności resztki (WAR), z tym, że w miejsce wartości współczynnika względnej ważności i -tego kryterium W_i należy wstawić wartość ładunku czynnikowego i -tego kryterium.

Tablica 2. Macierz ładunków czynnikowych dla wyników sondażu na temat kryteriów geoinżynierskich oceny możliwości wybrania węgla z resztkowej parceli pokładu

Zmienna	Ładunki czynnikowe (Varimax sur) (ocena parceli resztkowej); wyodrębniono składowe główne (ładunki wyróżnione pismem pogrubionym są >0,700000)				
	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4	Czynnik 5
GLB	0,486871	0,416472	-0,179153	0,126196	0,035743
NAC	0,282052	0,501303	0,172655	-0,085765	0,307178
GRU	0,706930	0,107725	0,107297	0,301217	0,152311
K_W	0,774683	-0,090824	-0,073427	0,009404	0,359907
W_ZAS	0,784050	0,214541	0,224995	0,014519	-0,211944
TEKT	0,672555	0,148235	-0,065528	0,087914	-0,073605
ZAN	0,344764	-0,050868	-0,201547	0,319347	0,410241
Z_EKS	0,011341	-0,003975	0,174048	-0,031242	0,831478
W_STR	0,607148	0,085947	0,265898	-0,008206	-0,331050
W_SP	0,089378	0,392800	0,471850	0,208339	0,212987
RC_W	-0,183054	0,424776	0,020946	0,131513	0,610023
J_W	0,195669	0,043802	0,019806	0,584293	0,093450
Z_CH4	0,714797	0,160764	0,139985	0,066244	0,137562
Z_TAP	0,149419	0,765547	0,030715	0,062451	0,103996
Z_WOD	0,140256	0,261278	0,510789	0,216326	0,534284
Z_SAM	0,422338	0,265874	0,570074	-0,008282	0,209478
Z_PYL	0,328499	0,087916	0,296270	0,267179	0,477538
Z_WMIS	0,151239	0,624343	-0,037093	0,125994	-0,059462
Z_KLI	0,624903	-0,063677	0,326465	0,365354	0,133218
O_SZY	0,123414	0,296405	0,245831	0,541591	0,349744
O_ODS	0,153742	-0,012895	0,828048	0,090721	-0,014756
O_WYR	0,068644	-0,074183	0,858771	0,030134	0,120313
OCH_P	0,154650	0,004862	0,019020	0,841942	-0,066625
U_ZAS	-0,125932	0,179746	0,483045	0,594944	0,203349
War.wyj.	4,504673	2,138087	3,018254	2,268455	2,485386
Udział	0,187695	0,089087	0,125761	0,094519	0,103558

4. DOBÓR TECHNOLOGII WYBIERANIA WĘGLA Z RESZTKOWEJ PARCELI POKŁADU NA PODSTAWIE KRYTERIÓW GEOINŻNIERYJNYCH

Następnym etapem działań zmierzających do podjęcia decyzji o eksploatacji węgla z resztkowej parceli pokładu lub o zaniechaniu eksploatacji, zgodnie z algorytmem przedstawionym na rysunku 3, jest dobór technologii wybierania resztkowej parceli pokładu na podstawie kryteriów geoinżynierskich.

W celu wyznaczenia tych kryteriów, zostały przeprowadzone identyczne badania, obliczenia i analizy, jak w etapie poprzednim. Respondenci otrzymali kwestionariusz ankiety, zawierający kryteria geoinżynierskie doboru technologii wybierania węgla z resztkowej parceli pokładu. Kwestionariusz został przesłany do 125 respondentów. 28 respondentów oceniło, że nie są kompetentni i ich opinie nie zostały uwzględnione w dalszych rozważaniach.

Wynikiem przeprowadzonych obliczeń były współczynniki względnej ważności kryteriów (tabl. 3), na podstawie których dokonano uporządkowania kryteriów geoinżynierskich doboru technologii wybierania węgla z resztkowej parceli ze względu na ich ważność.

Tablica 3. Zestawienie wyników uporządkowania kryteriów geoinżynierijnych doboru technologii wybierania węgla z resztkowej parceli pokładu, według wartości współczynników względnej ważności kryterium

Lp.	Nazwa kryterium	Wartość współczynnika W_i
1.	Zagrożenie tapaniami	0,110717
2.	Kształt i wymiary parceli	0,103260
3.	Grubość pokładu	0,100540
4.	Warunki stropowe	0,096831
5.	Nachylenie pokładu	0,094899
6.	Tektonika	0,090916
7.	Zagrożenie metanowe	0,083038
8.	Dotychczasowe doświadczenie	0,076549
9.	Dostępne wyposażenie techniczne	0,071673
10.	Konieczność ochrony powierzchni (zawał/podsadzka)	0,047903
11.	Zagrożenie samozapaleniem węgla	0,043028
12.	Spodziewana wartość obciążenia ze strony górotworu	0,036228
13.	Spodziewana wartość konwergencji wyrobisk	0,022496
14.	Wytrzymałość na ściskanie węgla	0,017788
15.	Zagrożenie wyrzutem metanu i skał	0,002959
16.	Warunki spągowe	0,000766
17.	Zagrożenie wodne	0,000407

W celu dobrania technologii z wykorzystaniem kryteriów geoinżynierijnych zaproponowano zastosowanie wskaźnika atrakcyjności technologii WAT, który jest sumą iloczynów współczynnika względnej ważności i -tego kryterium W_i i oceny wartości natężenia i -tego kryterium.

Wyniki badań ankietowych dotyczących kryteriów geoinżynierijnych doboru technologii wybierania przeanalizowano także z wykorzystaniem metody analizy czynnikowej, a następnie zmniejszono liczbę kryteriów z początkowych 17 do 9 (tabl. 4). Kryteria te są kryteriami, na które należy zwrócić największą uwagę w czasie doboru technologii wybierania resztkowej parceli.

Tablica 4. Macierz ładunków czynnikowych dla wyników sondażu na temat kryteriów geoinżynierijnych doboru technologii wybierania węgla z resztkowej parceli pokładu

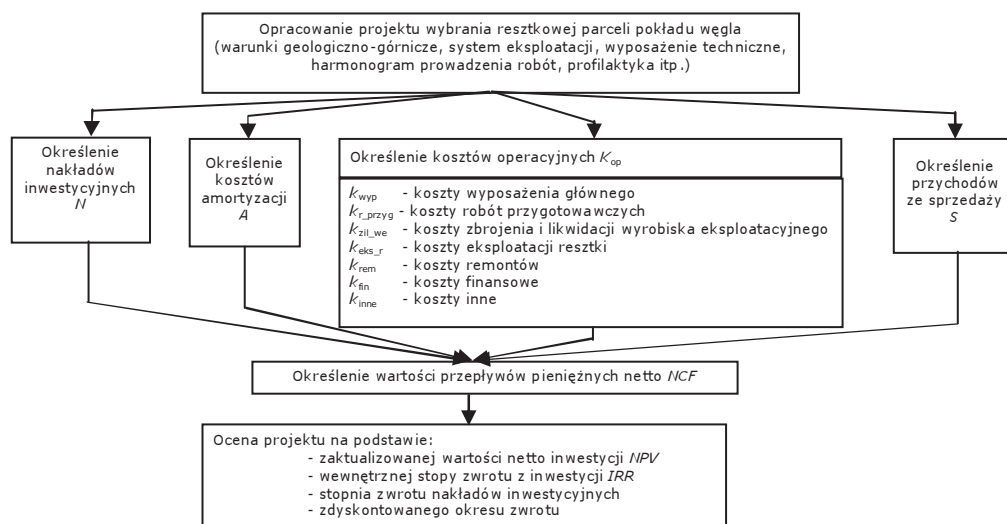
Zmienna	Ładunki czynnikowe (Varimax sur) (dobór technologii v1); wyodrębniono składowe główne (ładunki wyróżnione pismem pogrubionym są >0,700000)				
	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4	Czynnik 5
NAC	0,348784	0,776472	0,020618	0,093132	0,147058
GRU	-0,192295	0,801067	0,348266	0,046429	0,091228
K_W	-0,019444	0,844351	-0,054093	0,149336	-0,221800
TEKT	0,321471	0,654282	0,420404	-0,064086	0,228428
W_STR	0,887241	0,060961	-0,033105	0,010992	0,096537
W_SP	0,592291	-0,112300	0,555128	-0,048096	0,190458
RC_W	0,080786	0,530976	0,271612	0,311361	-0,567150
Z_CH4	0,644637	0,339902	0,389879	0,110916	0,050108
Z_TAP	0,031221	0,016921	0,735714	0,374252	-0,213738
Z_WOD	0,354395	0,224800	0,444805	0,290857	0,351746
Z_SAM	-0,125514	0,207848	0,464675	0,371004	0,569952
Z_WMIS	0,515685	-0,072873	0,203298	-0,026521	0,447445
OCH_P	0,000858	0,105794	0,012072	0,949353	-0,013652
D_WYP	0,117955	0,078440	0,510024	0,576118	-0,003755
D_DOS	0,107825	0,385094	0,793181	-0,044142	0,055792
OBCI	0,313373	0,038792	0,073107	-0,035812	0,828210
KONW	0,137482	0,132061	0,781730	0,019802	0,230441
War.wyj.	2,373338	3,083346	3,338652	1,748736	1,937897
Udział	0,139608	0,181373	0,196391	0,102867	0,113994

Do przeprowadzenia oceny można także wykorzystać wskaźnik atrakcyjności resztki WAT, z tym, że w miejsce współczynnika względnej ważności i -tego kryterium należy wstawić wartość ładunku czynnikowego.

5. DOBÓR TECHNOLOGII WYBIERANIA WĘGLA Z RESZTKOWEJ PARCELI POKŁADU NA PODSTAWIE KRYTERIÓW EKONOMICZNYCH

Trzecim, końcowym etapem działań zmierzających do podjęcia decyzji o eksploatacji lub zaniechaniu eksploatacji węgla z resztkowej parceli pokładu była ocena dokonana na podstawie kryteriów ekonomicznych.

Przyjęto, że ocena będzie przeprowadzona zgodnie ze standardem oceny projektów inwestycyjnych (Behrens, Hawranek 1993; Wanielista 1995; Nowak 1996; Sierpińska, Jachna 1995; Przybyła, Chmiela 1997; Magda 1985; Lubosik, Rędzia 2008). W związku z powyższym, w obliczeniach zostały uwzględnione wszelkie wydatki i wpływy pieniężne, czyli: nakłady inwestycyjne N , koszty amortyzacji A , koszty operacyjne K_{op} i przychody ze sprzedaży S . W dalszej kolejności została przeprowadzona ocena projektu na podstawie: zaktualizowanej wartości netto inwestycji NPV , wewnętrznej stopy zwrotu z inwestycji IRR , stopnia zwrotu nakładów inwestycyjnych, zdyskontowanego okresu zwrotu. Algorytm przeprowadzania oceny ekonomicznej efektywności projektu wybierania węgla z resztkowej parceli pokładu przedstawiono na rysunku 4.

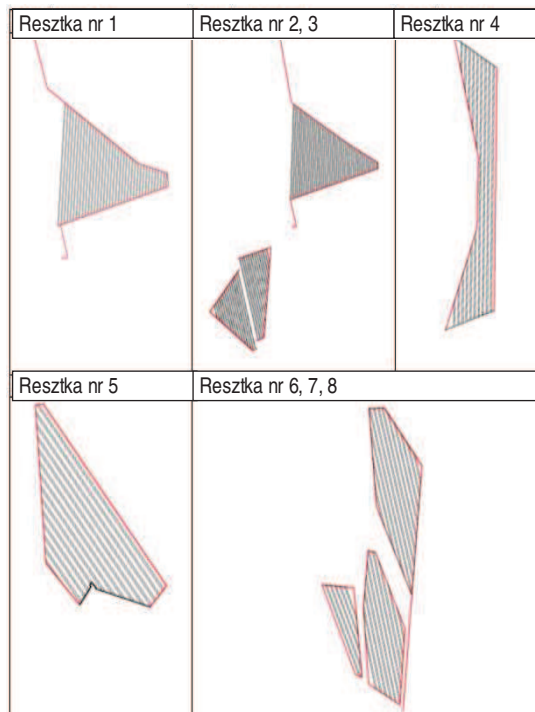


Rys. 4. Algorytm przeprowadzania oceny ekonomicznej efektywności projektu wybierania węgla z resztkowej parceli pokładu

Fig. 4. Algorithm for economic assessment of residual hard coal seam parts extraction project

6. PRZYKŁAD

Sporządzono przykładowy projekt wybrania węgla z ośmiu reszkowych parcel pokładów, o sumarycznych zasobach wynoszących 1,381 mln ton, zalegających w obrębie obszaru górniczego jednej kopalni (rys. 5). Ocenę pod kątem możliwości wybrania, na podstawie kryteriów geoinżynierskich, przeprowadzono, wyznaczając wskaźnik atrakcyjności resztki *WAR*.



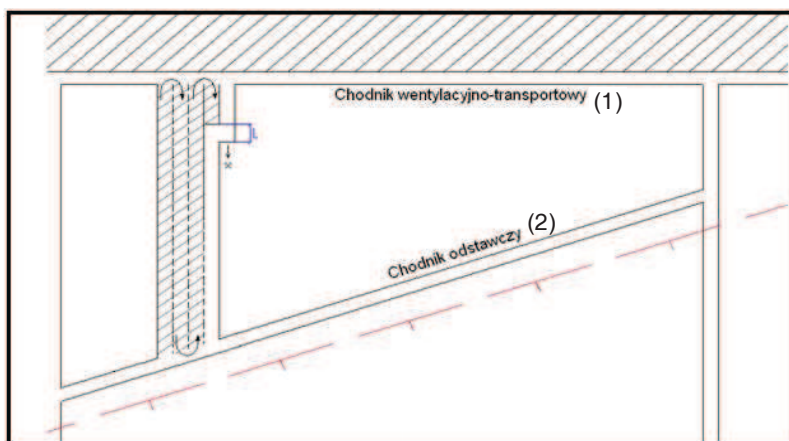
Rys. 5. Reszkowe parcele pokładów przeznaczone do eksploatacji

Fig. 5. Residual hard coal seam parts aimed to extraction

Na podstawie wskaźnika atrakcyjności technologii (*WAT*) dobrano technologię wybierania węgla z resztki nr 5. Z rozpatrywanych technologii:

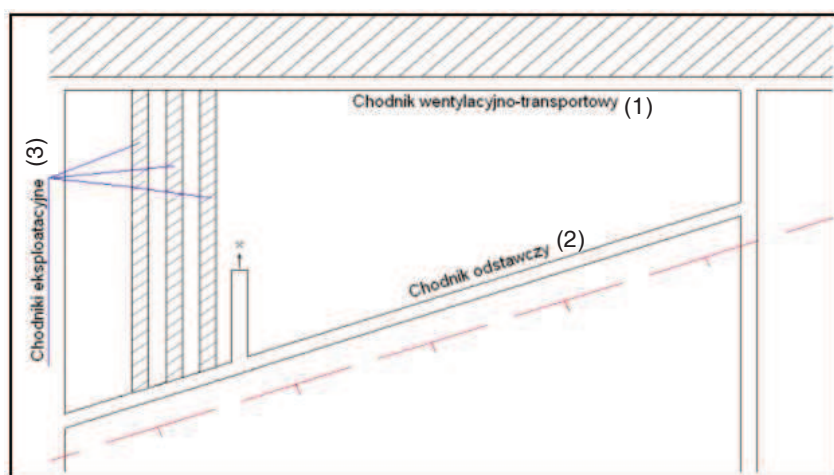
- system chodnikowy z obudową podporową lub podporowo-kotwową (w wariantach: chodniki długości do 100 m i powyżej 100 m z zastosowaniem podsadzki, chodniki z zawałem),
- system chodnikowy z obudową kotwową,
- system ścianowo-ubierkowy z obudową LOP,
- system ubierkowy w wariantach z podsadzką lub zawałem,

do dalszych rozważań wybrano najbardziej korzystną, czyli system ścianowo-ubierkowy z obudową LOP (rys. 6) oraz system chodnikowy z zawałem (rys. 7).



Rys. 6. Schemat wybierania węgla z resztkowej parceli pokładu systemem ścianowo-ubierkowym z zastosowaniem obudowy LOP

Fig. 6. Scheme of extracting coal from residual part of seam with the use of longwall/open-end system applying LOP support: 1 – airway-carrying road, 2 – conveyor road



Rys. 7. Schemat wybierania węgla z resztkowej parceli pokładu systemem chodnikowym

Fig. 7. Scheme of extracting coal from residual part of seam with the use of extraction gallery system: 1 – airway-carrying road, 2 – conveyor road, 3 – extraction gallery

Dla technologii tych przedstawiono założenia, dobrano wyposażenie, a mianowicie, dla:

- systemu chodnikowego z zawałem – kombajn AM-50, podajnik taśmowy podwieszany przesuwny, przenośnik taśmowy podwieszany stacjonarny,
- systemu ścianowo-ubierkowego – zespół urabiająco-odstawczy, składający się z lekkiego kombajnu jednoramionowego, np. typu ESA-60L lub KGU 132 oraz

przenośnika rewersyjnego z napędem wysuniętym poza urabiany pas pokładu, lekka obudowa przesuwna LOP, lekki przenośnik odstawczy;

Opisano technologię urabiania, obudowę oraz sposób rabowania wyrobisk eksploatacyjnych, obliczono wielkość wydobycia (systemem chodnikowym: około 250 ton z jednego przodka na dobę; systemem ścianowo-ubierkowym: około 500 ton z jednego przodka na dobę). Scharakteryzowano sposób transportu i odstawy, obliczono wielkość obłożenia robót (w systemie chodnikowym: 43 rdn; w systemie ścianowo-ubierkowym: 45 rdn), podano zakres stosowania systemu, przeprowadzono ocenę możliwości zastosowania systemu do wybrania analizowanych parcel.

Ekonomiczną efektywność zastosowania rozpatrywanych technologii określono na podstawie ustalonych założeń technicznych oraz ekonomicznych, a także opracowanego harmonogramu realizacji inwestycji i eksploatacji węgla z parcel resztkowych.

Wynikiem analiz techniczno-ekonomicznych były parametry ekonomiczne realizacji inwestycji w dwóch rozważanych wariantach technicznych, przedstawione w tablicy 5.

Tablica 5. Zestawienie parametrów ekonomicznych realizacji inwestycji

Wyszczególnienie	Wariant I System chodnikowy	Wariant II System ścianowo-ubierkowy z obudową LOP
Nakłady inwestycyjne, zł	0	14 000 000
Koszty przygotowania frontu eksploatacji, zł	273 491 145	97 655 152
Całkowite koszty produkcji, zł	57 010 295	249 598 600
Całkowite wydobycie węgla, t	570 819	1 495 919
Całkowite przychody ze sprzedaży węgla, zł	187 325 671	490 915 738
Zaktualizowana wartość netto NPV, zł	-134 512 059	119 065 698
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR, %	brak	128,7
Stopień zwrotu nakładów inwestycyjnych	-	9,50
Okres zwrotu liczony od momentu rozpoczęcia eksploatacji, lata	brak	2 lata i 1 miesiąc

Za opcję najbardziej opłacalną uznano wariant II, który charakteryzował się największą wartością wskaźnika *NPV* – 119,1 mln zł. Wariant I jako nieefektywny został odrzucony. W przypadku wariantu II inwestycja zwracała się w założonym technicznym okresie eksploatacji węgla z parcel resztkowych, a wewnętrzna stopa zwrotu inwestycji była znacznie wyższa od przyjętej do analizy stopy dyskontowej (warunek konieczny do podjęcia realizacji przedsięwzięcia).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione wyniki badań i analizy, których dokładny opis znajduje się w pracy doktorskiej (Lubosik 2008), umożliwiły opracowanie sposobu postępowania prowadzącego do racjonalnego podejmowania decyzji o eksploatacji węgla z resztkowych parcel pokładu bądź o jej zaniechaniu. Równocześnie na ich podstawie sformułowano następujące wnioski:

1. Można przyjąć, że w skali całego polskiego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego zasoby w parcelach resztkowych przekraczają 100 mln ton. Znaczna ich część zalega w sprzyjających warunkach geologiczno-górnicznych i można by je wybrać, lecz konieczne jest zastosowanie innego niż ścianowy systemu eksploatacji.
2. Istnieją techniczne możliwości wybierania węgla z resztkowych parcel pokładów innymi niż ścianowe systemy eksploatacji. Kopalnie powinny rozważyć możliwość eksploatacji tych zasobów, gdyż zwiększy się ich baza zasobowa i w konsekwencji zostanie przedłużona ich żywotność, zwiększy się efektywność wykorzystania nakładów na udostępnienie, przygotowanie i wybranie zasobów, zmniejszone bądź zlikwidowane zostaną strefy koncentracji naprężeń.
3. Za najbardziej istotne kryteria geoinżynierskie oceny możliwości eksploatacji można uznać:
 - na podstawie wartości współczynnika względnej ważności w_i : kształt i wymiary parceli (K_W), zaszczości eksploatacyjne (Z_EKS), zagrożenie tapaniami (Z_TAP), tektonikę (TEKT), zagrożenie metanowe (Z_CH4), grubość pokładu (GRU), a za najmniej istotne: zanieczyszczenie pokładu (ZAN), zagrożenie wodne (Z_WOD), warunki spągowe (W_SP), wytrzymałość na ściskanie węgla (RC_W), odległość od szybu wydobywczego (O_SZY),
 - na podstawie analizy czynnikowej: grubość pokładu (GRU), kształt i wymiary parceli (K_W), wielkość zasobów (W_ZAS), zagrożenie metanowe (Z_CH4), odległość od dróg odstawy urobku (O_ODS), odległość od czynnych wyrobisk (O_WYR), oddziaływanie zaszczości eksploatacyjnych (Z_EKS), konieczność ochrony powierzchni (OCH_P), zagrożenie tapaniami (Z_TAP).
4. Za najbardziej istotne kryteria geoinżynierskie doboru technologii eksploatacji można przyjąć:
 - na podstawie współczynników względnej ważności kryterium w_i : zagrożenie tapaniami (Z_TAP), kształt i wymiary parceli (K_W), grubość pokładu (GRU), warunki stropowe (W_STR), nachylenie pokładu (NAC), a za najmniej istotne: spodziewaną wartość konwergencji wyrobisk (KONW), wytrzymałość na ściskanie węgla (RC_W), zagrożenie wyrzutami metanu i skał (Z_WMIS), warunki spągowe (W_SP), zagrożenie wodne (Z_WOD),
 - na podstawie analizy czynnikowej: zagrożenie tapaniami (Z_TAP), dotychczasowe doświadczenie (D_DOS), spodziewana wartość konwergencji wyrobisk (KONW), nachylenie pokładu (NAC), grubość pokładu (GRU), kształt i wymiary parceli (K_W), warunki stropowe (W_STR), spodziewana wartość obciążenia ze strony górotworu (OBCI), konieczność ochrony powierzchni (OCH_P).
5. Wykorzystując wyznaczone wartości współczynników względnej ważności kryteriów w_i bądź wartości ładunków czynnikowych kryteriów można dokonać oceny możliwości wybrania węgla z resztkowej parceli pokładu, np. na podstawie wskaźnika atrakcyjności resztki *WAR*. Ocena taka pozwoli na podjęcie decyzji o prowadzeniu bądź też zaniechaniu eksploatacji ze względu na kryteria geoinżynierskie, a także dokonanie porównania oraz sklasyfikowania parcel ze względu na możliwość ich wybrania.

6. Opracowany sposób postępowania z wykorzystaniem wyznaczonych kryteriów geoinżynierskich i ekonomicznych umożliwi podjęcie racjonalnej decyzji o zaniechaniu bądź eksploatacji węgla z resztkowej parceli pokładu.

Literatura

1. Altounyan P., Hurt K., Bigby D. (1999): Designing for success. World Coal, July.
2. Antoszkiewicz J. (1982): Metody heurystyczne. Warszawa, PWE.
3. Behrens W., Hawranek P.M. (1993): Poradnik przygotowania przemysłowych studiów feasibility. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Wydanie II poprawione i rozszerzone. Warszawa.
4. Bijańska J. (2006): Planowanie działalności inwestycyjnej kopalń węgla kamiennego. Gliwice, Wydaw. Politechniki Śląskiej.
5. Butra J., Kicki J., Wanielista K. (2004): Ekonomiczne kryteria oceny działalności operacyjnej i rozwojowej przedsiębiorstw przemysłowych. Kraków, Wydaw. AGH.
6. Butra J., Kicki J., Kudełko J., Wanielista K., Wirth H. (2004): Ekonomika projektów geologiczno-górnich. Wydawnictwo CBPM CUPRUM sp. z o. o. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy. Wrocław.
7. Darski J., Kicki J., Sobczyk E. (2001): Raport o stanie gospodarki zasobami złóż węgla kamiennego. Seria: Studia, Rozprawy, Monografie nr 85. Kraków, Polska Akademia Nauk, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią.
8. Fryczkowski E. (1971) Górnictwo ogólne. Katowice, Wydaw. „Śląsk”.
9. Gatnar E. (2003): Statystyczne modele struktury przyczynowej zjawisk ekonomicznych. Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach.
10. Gatnar E., Walesiak M. (2004): Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych. Wydaw. Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.
11. Hellwig Z. (1985): Elementy rachunku ekonomicznego. Warszawa, PWE.
12. Hellwig Z. (1998): Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Warszawa, PWN.
13. Helmer O. (1985): Korzystanie z ocen ekspertów, [w:] Analiza systemowa – podstawy i metodologia. Praca zbior pod red. W. Findeisena. Warszawa, PWN.
14. Karbownik A. (1984): Podejmowanie decyzji projektowych i inwestycyjnych w warunkach ryzyka. Budownictwo Węglowe. Projekty-Problemy nr 7–8.
15. Kidybiński A. (1987): Coal exploration, evaluation and exploitation. ESCAP series on coal, Vol. 5. United Nations.
16. Kirschbaum M.A., Roberts L.N.R., Biewick L.R.H. (2007): Geologic Assessment of Coal in the Colorado Plateau. National Coal Resource Assessment (geology.cr.usgs.gov/energy/coal/PP1625B/).
17. Kozdrój M., Przybyła H. (1986): Teoria organizacji i zarządzania. Część III: Modele matematyczne w organizacji produkcji górniczej. Skrypty uczelniane nr 1272. Gliwice, Wydaw. Politechniki Śląskiej.
18. Kozieł A., Sikora W., Jaszczuk M. (2008): Scenarios of longwall systems' development in the Polish hard coal mining industry. World Mining Congress 2008. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko, Wydanie specjalne nr IV/2008: 21st World Mining Congress.
19. Krawczyk S. (2001): Metody ilościowe w planowaniu. Warszawa, Wydaw. C.H. Beck.
20. Legut W. (1979): Wyznaczanie współczynników względnej ważności parametrów geologiczno-górnich determinujących wyniki produkcyjne kopalni za pomocą ocen ekspertów-specjalistów. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Górnictwo z. 88.
21. Lubosik Z. (2008): Geoinżynierskie i ekonomiczne kryteria eksploatacji resztkowych parcel pokładów węgla kamiennego. Praca doktorska. Katowice, GIG (niepublikowana).

22. Lubosik Z., Rędzia T. (2008): Ekonomiczna ocena opłacalności projektu eksploatacji. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko nr 2.
23. Magda R. (1985): Integracyjna metoda odwzorowania i oceny ekonomicznej efektywności procesu produkcyjnego głębinowej kopalni węgla kamiennego. Zeszyty Naukowe AGH, Seria Górnictwo nr 124.
24. Matuszewski K. (2003): Wybrane zagadnienia planowania bezpiecznej eksploatacji w kopalniach węgla kamiennego. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 10.
25. Matuszewski K. (2000): Dobór sposobu eksploatacji złoża w restrukturyzowanych polskich kopalniach węgla kamiennego umożliwiający obniżenie kosztów produkcji. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków, IGSMiE PAN.
26. Męczyńska A. (1999): Grupowa ocena ekspertów – metoda względnej ważności ekspertów, [w:] Systemy wspomaganie decyzji. Praca zbior. pod red. A. Wakulicz-Deja. Katowice, GNOME.
27. Męczyńska A. (1999): Metoda heurystyczna – grupowa ocena ekspertów w zastosowaniu do analizy procesów, produktów. Konferencja naukowa: Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Warszawa, WNT.
28. Nieć M. (1990): Geologia kopalniana, wyd. II popr. Warszawa, Wydaw. Geologiczne.
29. Nowak E. (1996): Teoria kosztów w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Warszawa, PWN.
30. Ostrihansky R. (1996): Eksploatacja podziemna złóż węgla kamiennego. Katowice, Wydaw. „Śląsk” Sp. z o. o.
31. Ostrowska E. (2002): Ryzyko projektów inwestycyjnych. Warszawa, PWE.
32. Paździora J. (1980): Wybrane zagadnienia projektowania kopalń. Skrypt uczelniany nr 920. Gliwice, Wydaw. Politechniki Śląskiej.
33. Pluta W. (1986): Wielowymiarowa analiza porównawcza w modelowaniu ekonometrycznym. Warszawa, PWN.
34. Potocki C. (1988): Sterowanie procesami wydobywczymi w kopalniach węgla kamiennego w ujęciu systemowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej w Gliwicach z. 169.
35. Przybyła H. (1988): Sformalizowane metody odnowy frontu eksploatacyjnego w kopalniach węgla kamiennego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej w Gliwicach z. 153.
36. Przybyła H., Chmiela A. (1997): Projektowanie rozwiązań techniczno-organizacyjnych stosowanych w wyrobiskach ścianowych. Skrypt uczelniany nr 2063. Gliwice, Wydaw. Politechniki Śląskiej.
37. Samanta B.K., Samaddar A.B. (2002): Formulation of coal mining projects by expert system. Journal of Mines, Metals & Fuels, June.
38. Sęk T., Snopkowski R. (1979): Wybór systemu eksploatacji oraz typu obudowy w wyrobiskach ścianowych za pomocą EMC. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 7.
39. Sierpińska M., Jachna T. (1995): Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych. Warszawa, PWN.
40. Skelding S.A. (1982): The Principles of New Mine Planning. The Mining Engineer, August.
41. Sobczyk E.J. (2007): Wielokryterialna identyfikacja uciążliwości warunków geologiczno-górnicznych procesu eksploatacji w kopalniach węgla kamiennego. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 9.
42. Stabryła A. (2002): Zarządzanie strategiczne. Warszawa, PWN.
43. Stanisław A. (2007): Przystępny kurs statystyki, t. 3: Analizy wielowymiarowe. Kraków, StatSoft.
44. Steczkowski J., Zeliaś A. (1981): Statystyczne metody analizy cech jakościowych. Warszawa, PWE.

45. Strickland M. (1999): Planning for the future. *World Coal*, July.
46. Thurstone L.L. (1931): Multiple factor analysis. *Psychological Review* Vol. 38, s. 406–427.
47. Thurstone L.L. (1947): Multiple factor analysis. Chicago, University of Chicago Press.
48. Trojnar A. (2000): Wpływ wybranych czynników technicznych i organizacyjnych na efektywność krótkofrontowych systemów wybierania węgla w filarach ochronnych. Praca doktorska. Katowice, GIG (niepublikowana).
49. Turek M., Lubosik Z. (2008a): Identyfikacja resztkowych parcel pokładów węgla kamiennego. *Wiadomości Górnicze* nr 3.
50. Turek M., Lubosik Z. (2008b): Sposoby wybierania resztkowych parcel pokładów węgla. *Wiadomości Górnicze* nr 5.
51. Turek M., Lubosik Z. (2008c): Assessment of mining possibility of hard coal seam remainders. *Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko*, Wydanie specjalne nr IV/2008: 21st World Mining Congress.
52. Wanielista K. (1995): *Rachunek ekonomiczny w gospodarce zasobami kopalin*. Katowice, Śląskie Wydaw. Techniczne.
53. Wodarski K., Karbownik A. (2008): Risk management in a large project in the hard coal mining industry. *Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko*, Wydanie specjalne nr IV/2008: 21st World Mining Congress.

Recenzent: dr hab. inż. Stanisław Prusek