

Adam SOJDA
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
adam.sojda@polsl.pl

ZASTOSOWANIE ANALITYCZNEGO PROCESU HIERARCHICZNEGO (AHP) DO WIELOKRYTERIALNEJ OCENY KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO WCHODZĄCEJ W SKŁAD PRZEDSIĘBIORSTWA GÓRNICZEGO¹

Streszczenie. W artykule przedstawiono zastosowanie metody AHP (Analitycznego Procesu Hierarchicznego) jako narzędzia do wspomaganie oceny kopalni wchodzącej w skład przedsiębiorstwa górniczego, zgodnie z zasadami równoważnego rozwoju. Przedstawiona ocena kopalni jest oceną wielokryterialną, uwzględniającą różne aspekty funkcjonowania kopalni pod kątem realizacji strategii zrównoważonego rozwoju. Pojawiająca się struktura ma charakter hierarchiczny, co w naturalny sposób wskazuje na możliwość zastosowania metody AHP. AHP pozwala na ustalenie rankingu kopalń, a co za tym idzie – ich ocenę.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, AHP, kopalnia.

IMPLEMENTATION OF ANALYTICAL HIERARCHICAL PROCESS (AHP) TO THE MULTI-CRITERIA EVALUATION OF COAL MINE WHICH IS PART OF THE MINING ENTERPRISE

Summary. The article presents the application of AHP (Analytical Hierarchy Process) as a tool to support the assessment of the mine which is part of a mining enterprise in accordance with the equivalent of development. This assessment of the mine is a multi-criteria assessment which takes into account various aspects of mine, at an angle of sustainable development strategy. The emerging structure is hierarchical, which naturally suggests the possibility of the use of AHP method.

¹ Praca powstała w ramach realizacji projektu badawczego nr N N524 341640 „Metoda wyznaczania wartości kopalni węgla kamiennego”, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

AHP allows you to determine the ranking of mines and what is behind this assessment.

Keywords: sustainable development, AHP, mine.

1. Wstęp

Zrównoważony rozwój jest pojęciem, które na dobre zadomowiło się w XXI wieku. Pojawiło się ono w połowie XX wieku jako naturalna reakcja na dynamiczny wzrost gospodarczy, który w wielu przypadkach był powiązany z niekontrolowanym i intensywnym wykorzystaniem środowiska naturalnego. W 1972 roku pojęcie zrównoważonego rozwoju (*Sustainable Development*) po raz pierwszy pojawiło się w Deklaracji Konferencji Sztokholmskiej. Sama zaś definicja została przyjęta na II Sesji Rady Zarządzającej UNEP (*United Nations Environment Programme*) w 1975 roku. Po Raporcie Brundtlanda z 1987 roku pojęcie to weszło na stałe do obiegu. W 1992 roku przedstawiono 27 Zasad Zrównoważonego Rozwoju². W Polsce zrównoważony rozwój zyskał konstytucyjną rangę, został wpisany do Konstytucji RP w art. 5, a następnie pojawia się pod postacią ustawy Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 roku.

Ocena przedsiębiorstwa pod kątem zrównoważonego rozwoju ewoluowała w wielu koncepcjach, mianowicie:

- TIMM – Total Impact Measurement and Management – ocena wpływu przedsiębiorstwa na środowisko, koncepcja dalej rozwijana przez PWC³,
- GRI – Global Reporting Initiative – raportowanie rozwoju i odpowiedzialność biznesowa⁴,
- w Normie Międzynarodowej ISO 26000:2010, odpowiedzialność społeczna⁵.

Wykorzystanie wskaźników zrównoważonego rozwoju może stać się narzędziem w kreowaniu wartości przedsiębiorstwa⁶. Problem zrównoważonego rozwoju był przedstawiany dla górnictwa surowców mineralnych (Dubiński J., 2013). Koncepcja zrównoważonego rozwoju wymusza na decydencie zastosowanie metod uwzględniających podejście wielokryterialne. Celem pracy jest przedstawienie metody AHP jako efektywnego narzędzia pozwalającego na elastyczną ocenę kopalń wchodzących w skład przedsiębiorstwa górniczego.

² Zasady te są zawarte w końcowej deklaracji w sprawie środowiska i rozwoju uchylonej na Konferencja Narodów Zjednoczonych "Środowisko i Rozwój", 3-14.06.1992, Rio de Janeiro.

³ <http://www.pwc.com/.../total-impact-measurement-management.html>.

⁴ <https://www.globalreporting.org/.../GRI-G3-Polish-Reporting-Guidelines.pdf>.

⁵ http://www.pkn.pl/.../discovering_iso_26000.pdf.

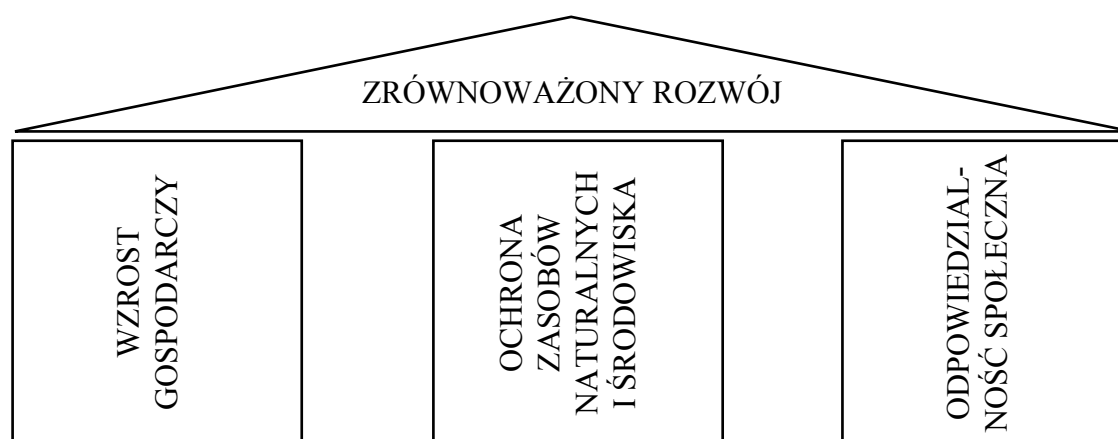
⁶ Kustra A., Sierpińska M.: Koncepcja zrównoważonego rozwoju a budowanie wartości przedsiębiorstwa. *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 29, zeszyt 4, 2005, s. 93-104.

2. Zrównoważony rozwój przedsiębiorstwa górniczego

Ocena działalności przedsiębiorstwa górniczego w ramach koncepcji zrównoważonego rozwoju przewiduje uwzględnienie trzech kluczowych aspektów. Dotyczą one następujących sfer działalności:

- aspekt techniczno-ekonomiczny, zapewniający wzrost gospodarczy,
- aspekt ekologiczny, gwarantujący ochronę zasobów surowca oraz ochronę środowiska naturalnego,
- aspekt społeczny, charakteryzujący się troską o pracownika zarówno w miejscu pracy, jak i poza nim przez dbanie o rozwój społeczności lokalnej.

Poprzez wzrost gospodarczy rozumie się osiągnięcie przez przedsiębiorstwo długookresowej stabilności zarówno w wymiarze produkcji określonego asortymentu, jak i zapewnienia tej produkcji odpowiedniej opłacalności. Ochrona zasobów surowca rozumiana jest jako ochrona złoża realizowana przez odpowiednie jego szczyptywanie. Ochrona środowiska to dbałość o jak najmniejszą uciążliwość dla środowiska naturalnego procesów związanych z wydobyciem węgla. Odpowiedzialność społeczna to zapewnienie bezpiecznej pracy dla górników oraz troska o społeczne aspekty tej pracy, w tym o rodziny pracowników, otoczenie przedsiębiorstwa oraz rozwój społeczności lokalnej. Ze względu na wzajemne oddziaływanie rozwój zrównoważony to rozwój będący procesem ciągłym, mającym wyraźnie zdefiniowane cele wraz ze sposobami ich realizacji. Ważne jest założenie, że obszary te są tak samo istotne. Na żaden z nich nie powinien być kładziony większy nacisk.



Rys. 1. Składowe tworzące zrównoważony rozwój

Fig. 1. The components forming the sustainable development

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Dubiński J.: Zrównoważony rozwój górnictwa surowców mineralnych. *Journal of Sustainable Mining*, vol. 12, No. 1, 2013, s. 13.

Dla każdego z przedstawionych przejawów oddziaływania przedsiębiorstwa w ramach realizowania strategii zrównoważonego rozwoju można określić zmienne charakteryzujące poszczególne składowe. Dodatkowo składowa techniczno-ekonomiczna może być rozdzielona na składową techniczną oraz ekonomiczną.

Składowa techniczna oceny kopalni działającej w ramach przedsiębiorstwa górniczego może zawierać następujące zmienne: średnia wydajność – liczba ton na pracownika na rok, średnie wydobycie dzienne, średni wiek maszyn i urządzeń zaangażowanych w eksploatację.

Ekonomiczna sfera może być określona przez wiele czynników, wśród nich można wymienić: przychody ze sprzedaży, aktywa, wynik netto, kapitał własny, kapitał zakładowy, zobowiązania długoterminowe, koszty finansowe, aktywa obrotowe, EBIT, przychody ogółem, średnie koszty pozyskania GJ energii⁷.

Część z przedstawionych powyżej zmiennych jest wyznaczana na poziomie przedsiębiorstwa, a część można przypisać bezpośrednio do poszczególnych kopalni, np. przychody ze sprzedaży oraz koszty pozyskania GJ energii.

Ocena wpływu na środowisko naturalne przez poszczególne kopalnie może być przeprowadzana za pomocą następujących zmiennych: wielkość odszkodowań za szkody górnicze, wielkość kar wpłaconych na Fundusz Ochrony Środowiska, ilość zużytych substancji szkodliwych podczas procesu produkcyjnego, ilość zużytego drewna kopalnianego, ilość skał i odpadów, wielkość nakładów poniesionych na naprawę szkód górniczych, wielkość nakładów poniesionych na działania służące ochronie środowiska.

Ostatni, trzeci filar – społeczny, może być opisywany przez następujący zestaw zmiennych: liczba wypadków śmiertelnych, ciężkich, lekkich, kategoria zagrożenia metanowego, kategoria zagrożenia wodnego, kategoria zagrożenia wyrzutami skał, ilość zagospodarowanego metanu, łączne nakłady poniesione na bhp w przeliczeniu na tonę węgla, procentowy udział kosztów poniesionych na profilaktykę bhp.

Przedstawione zmienne dotyczą zarówno zagrożeń naturalnych, działalności człowieka związanej z samą pracą, jak i działaniami związanymi z profilaktyką.

Ocena działalności na rzecz społeczności lokalnych może być określana za pomocą: wielkości zatrudnienia, średniej wielkości podatków płaconych przez przedsiębiorstwo i odprowadzanych do budżetów lokalnych związanych z kopalnią.

Zapewnienie lokalnej społeczności stabilności zatrudnienia i podatki płacone na rzecz społeczności lokalnych są najważniejszymi aspektami działalności przedsiębiorstwa związanymi z prowadzeniem działalności w konkretnej kopalni.

⁷ Jakowska-Suwalska K., Sojda A.: Wielokryterialna metoda oceny przedsiębiorstwa górniczego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Organizacja i Zarządzanie, z. 74, 2014, s. 147-157.

3. Metoda AHP

Metoda AHP, czyli analityczny hierarchiczny proces decyzyjny, jest to metoda o szerokim zastosowaniu. Została zaproponowana przez Saaty'ego^{8,9} w 1977 roku i od wielu lat jest rozwijana^{10,11,12}. Należy ona do metod wielokryterialnych i opiera się na użyteczności addytywnej. Umożliwia ocenę obiektów, wariantów decyzyjnych względem ustalonych kryteriów przez określenie wag względnych. Zadaniem wag względnych jest odzwierciedlenie użyteczności poszczególnych wariantów w odniesieniu do każdego z kryteriów. Ocena końcowa jest to agregacja poszczególnych użyteczności. Ogólnie metoda AHP służy do porządkowania i oceny skończonej liczby wariantów decyzyjnych, obiektów ocenianych na podstawie wielu kryteriów. Jako istotne cechy metody należy wymienić:

- odzwierciedlenie hierarchicznej struktury problemu decyzyjnego,
- porównanie parami wariantów decyzyjnych, obiektów oraz kryteriów wraz z możliwością oceny werbalnej związanej z preferencjami decydenta,
- wspomaganie decydenta przez możliwość przypisania ocenie werbalnej adekwatnej wartości liczbowej, wykorzystywanej do obliczeń.

Jednym z podstawowych elementów metody AHP jest przyporządkowanie ocen w porównaniu parami pomiędzy kryteriami, zmiennymi a obiektami. Metoda ta była z powodzeniem stosowana w górnictwie^{13,14,15}, jak i przy wyborze marki samochodu¹⁶ i innych¹⁷. Porównywanie parami odbywa się za pomocą oceny wykorzystującej sposób rangowania przedstawiony w tabeli 1.

⁸ Saaty T.L.: A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. „Journal of Mathematical Psychology”, Vol. 15, Iss. 3, 1977, p. 234-281.

⁹ Saaty T.L.: The Analytic Hierarchy Process. Mc-Graw Hill, New York 1980.

¹⁰ Azadeg A., Osanloo M., Ataei M.: A New Approach to Mining Method Selection Based on Modifying the Nicholas Technique. „Applied Soft Computing”, Vol. 10, 2010, p. 1040-1061.

¹¹ Donegan H.A., Dodd F.J.: A Note on Saaty's Random Indexes. „Mathematical and Computer Modelling”, Vol. 15, Iss. 10, 1991, p. 135-137.

¹² Gaul W., Gartes D.: A Note on Consistency Improvements of AHP Paired Comparison Data. „Adv Data Anal Classif”, Vol. 6, No. 4, 2012, p. 286-302.

¹³ Sojda A., Wolny M.: Zastosowanie metody AHP w ocenie projektów inwestycyjnych kopalni węgla kamiennego. Studia Ekonomiczne, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, nr 207, Katowice 2014, s. 212-222.

¹⁴ Kabiesz J., Turek M., Drzewiecki J., Makówka J.: Ocena innowacyjności technologii eksploatacji węgla kamiennego metodą AHP. „Gospodarka Surowcami Mineralnymi”, t. 24, z. 1-2, 2008, s. 103-121.

¹⁵ Koziół W., Piotrowski Z., Pomykała R., Machniak Ł., Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Blaschke W.: Zastosowanie analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) do wielokryterialnej oceny innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa kamiennego. „Rocznik Ochrona Środowiska”, t. 13, 2011, s. 1619-1634.

¹⁶ Michalska E., Pośpiech E.: Niepełna informacja liniowa w zagadnieniach wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie, z. 57, 2011, s. 259-270.

¹⁷ Nian Q., Shi S., Li R.: Research and Application of Safety Assessment Method of Gas Explosion Accident in Coal Mine Based on GRA-ANP-FCE. „Procedia Engineering”, Vol. 45, 2012, p. 106-111.

Tabela 1

Rangi dla poszczególnych porównań wykorzystywane dla ocen werbalnych i ilościowych

Ocena werbalna, jakościowa wariant x_i w porównaniu z x_j	Ranga – ocena numeryczna
równoważny – tak samo preferowany	1
równoważny do umiarkowanie preferowany	2*
umiarkowanie preferowany	3
umiarkowanie preferowany do silnie preferowany	4*
silnie preferowany	5
silnie preferowany do bardzo silnie preferowany	6*
bardzo silnie preferowany	7
bardzo silnie preferowany do ekstremalnie preferowany	8*
ekstremalnie preferowany	9
preferencja odwrotna	Odwrotności rangi

* przeważnie preferencje pośrednie nie są wykorzystywane.

Źródło: Opracowanie własne.

Proces wyznaczania rankingu obiektów można opisać w następujących krokach:

Krok 1. Budowa macierzy porównań

Dla każdej zmiennej kryterium buduje się macierze porównań parami poszczególnych obiektów. Każdemu z porównań nadaje się ocenę słowną i przypisuje przyporządkowaną tej ocenie rangę, zgodnie z tabelą 1. Uzyskując w ten sposób macierze $\mathbf{Z}^{(1)}, \dots, \mathbf{Z}^{(n)}$. Następnie dokonuje się porównań ważności poszczególnych kryteriów, zaczynając od tych najniżej położonych w hierarchii, kończąc na najwyższym poziomie, gdzie porównuje się najważniejsze kryteria. Tworzone są macierze $\mathbf{K}^{(p,1)}, \dots, \mathbf{K}^{(0,1)}$.

Jeśli zmienne mają charakter ilościowy wyznaczanie rang może się odbywać na dwa sposoby. Pierwszy z nich polega na określeniu rozstępu pomiędzy najmniejszą i największą wartością zmiennej w analizowanej grupie obiektów. Następnie rozstęp dzieli się na dziewięć przedziałów i nadaje im kolejne rangi. Porównując dwa obiekty dla ustalonej zmiennej, oblicza się ich różnicę, która jest jednoznacznie przyporządkowana do jednego z przedziałów, a tym samym do odpowiedniej rangi. Przy założeniu, bez straty ogólności, że kierunek optymalizacji kryterium to max. zmienna jest stymulantą, otrzymujemy macierze $\mathbf{Z}^{(k)} = [z_{ij}^{(k)}]$, które zawierają elementy postaci:

$$z_{ij}^{(k)} = \begin{cases} \text{ranga} & \text{element } i \text{ nie gorszy od } j \\ 1 & \\ \text{ranga} & \text{element } i \text{ gorszy od } j \end{cases} \quad (1)$$

Macierze porównań dla samych kryteriów wyznacza się analogicznie.

Krok 2. Tworzenie rankingów indywidualnych dla macierzy porównań

Kolejny krok metody AHP polega na normalizacji (kolumnami) elementów macierzy $\mathbf{Z}(\mathbf{K})$ zgodnie ze wzorem:

$$\hat{z}_{ij}^{(k)} = \frac{z_{ij}^{(k)}}{\sum_{i=1}^m z_{ij}^{(k)}} \quad (2)$$

Otrzymuje się w ten sposób macierz o unormowanych elementach względem kolumny $\hat{\mathbf{Z}}^{(k)} = [\hat{z}_{ij}^{(k)}]$. Na tej podstawie tworzone są indywidualne indeksy preferencji (wektor kolumnowy) $\mathbf{P}^{(k)} = [p_i^{(k)}]$ zgodnie ze wzorem:

$$p_i^{(k)} = \frac{\sum_{j=1}^m z_{ij}^{(k)}}{m} \quad (3)$$

Indeksy pozwalają na ustalenie miejsca i -tego obiektu w rankingu dla k -tej zmiennej – im większa jest wartość, tym wyższe jest miejsce. W sposób analogiczny postępuje się, wyznaczając rankingi dla kryteriów, otrzymując na ostateczny ranking kryterium najwyższego poziomu p_k .

Krok 3. Wyznaczenie rankingu wielokryterialnego dla poszczególnych obiektów

Ostatnim korkiem jest wyznaczenie wektora $\mathbf{R} = [r_i]$ wielokryterialnych indeksów preferencji. Współrzędne wektora oblicza się ze wzoru:

$$r_i = \sum_{k=1}^n p_k p_i^{(k)} \quad (4)$$

Wartości r_i pozwalają na ustalenie miejsca w końcowym już rankingu wielokryterialnym – im większa jest wartość, tym lepsze jest miejsce. W przypadku występowania dodatkowych kryteriów znajdujących się niżej w hierarchii wyznacza się dla nich odpowiednie wielokryterialne indeksy preferencji, które odpowiadają za wagi poszczególnych obiektów w ocenie na podstawie rozważanego kryterium znajdującego się niżej w hierarchii.

Z uwagi na współpracę z decydentem ważnym elementem poniższej procedury jest ocena spójności (zgodności) ocen decydenta. Przy porównaniu parami istnieje możliwość, że nie będzie spełniony jeden z warunków racjonalności – przechodniość. Ocena zgodności przeprowadzana jest przy wykorzystaniu współczynnika spójności wyrażonego wzorem:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Współczynnik ten jest ilorazem indeksu spójności CI oraz indeksu losowego Saaty'ego RI (tabela 2).

Indeks spójności jest wyrażany za pomocą wzoru:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - 1}{m - 1} \quad (6)$$

Wartość λ_{\max} jest to największa wartość własna dla macierzy porównań. Może też być wyznaczona przez pomnożenie macierzy porównań przez wektor wag, a następnie podzielenie elementów otrzymanego wektora przez wagi. Na końcu dla wartości tak otrzymanego wektora należy wyznaczyć średnią arytmetyczną. Tak wyznaczona średnia jest poszukiwaną wartością λ_{\max} .

$$\lambda_{\max}^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{sp_i^{(k)}}{p_i^{(k)}}}{m} \quad (7)$$

gdzie $\mathbf{SP}^{(k)} = [sp_i^{(k)}] = A^{(k)}S^{(k)}$.

Tabela 2

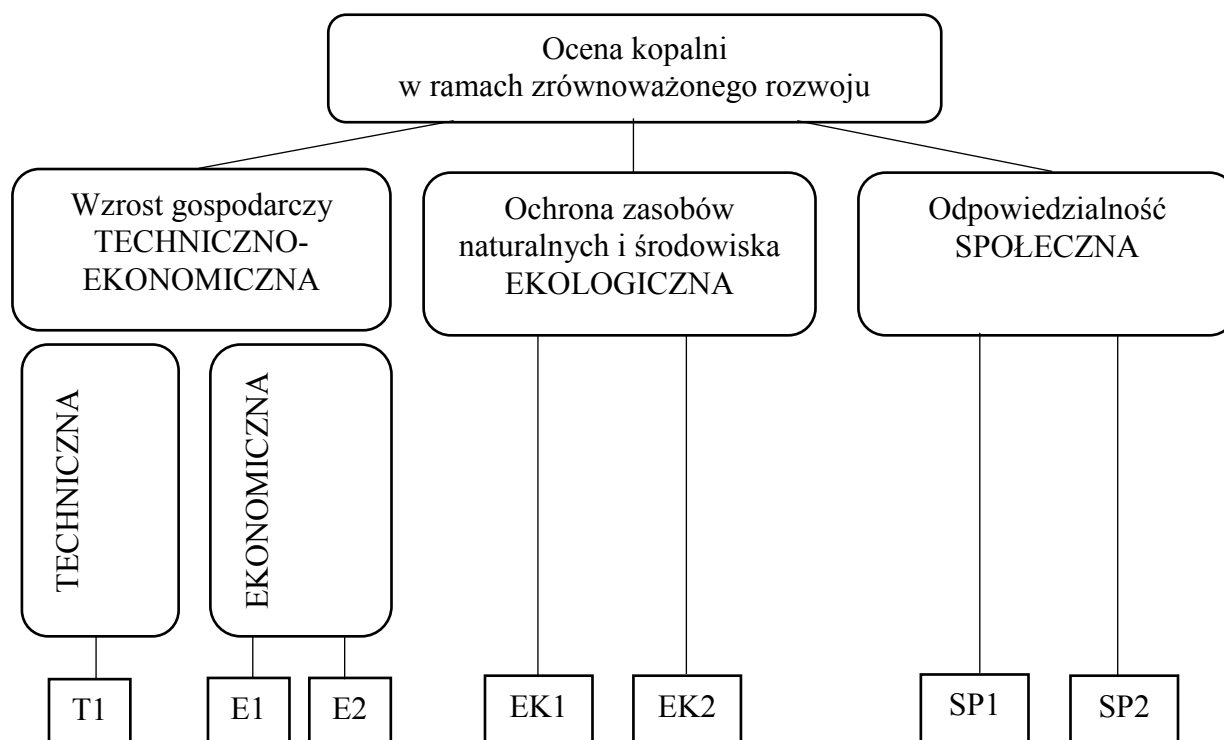
Wartości indeksu losowego RI w zależności od liczby porównywanych obiektów

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,52	0,86	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59

Przyjmuje się, że porównania obiektów są zgodne, jeśli wartość współczynnika CR nie jest większa niż 0,1.

4. Ocena kopalni działających w ramach przedsiębiorstwa górniczego

Rozpatrywane zagadnienie dotyczy oceny 14 kopalń węgla kamiennego działających w ramach pewnego przedsiębiorstwa górniczego. Utworzono strukturę hierarchiczną przedstawioną na rys. 2.



Rys. 2. Struktura hierarchiczna rozważanego przykładu

Fig. 2. A hierarchical structure contemplated example

Źródło: Opracowanie własne.

Do oceny kopalni w świetle realizacji strategii zrównoważonego rozwoju wybrano następujące zmienne:

- ocena techniczna
 - T1 – średnia łączna długość wyrobisk udostępniających wykonanych w ostatnich trzech latach (+)
- ocena ekonomiczna
 - E1 – przychody ze sprzedaży (+)
 - E2 – średnie koszty pozyskania GJ energii (-)
- ocena pod względem ekologicznym
 - EK1 – wielkość odszkodowań za szkody górnicze (-)
 - EK 2 – ilość skał i odpadów (-)
- ocena pod względem społecznym
 - SP1 – średnia wielkość zatrudnienia (+)
 - SP2 – kategoria zagrożenia metanowego (*).

Zmienne oznaczone (+) są stymulantami i dla nich wyznaczana jest wartość bezpośrednio na podstawie wartości. Pozostałe zmienne (-) muszą być przekształcone na stymulanty. W przypadku zmiennej (*) zagrożenie metanowe występuje tylko w trzech klasach kopalń:

niemetanowe, metanowe kat. I, metanowe kat. II. Dla tej zmiennej zaproponowano zastosowanie rang 1, 5, 9 i ich odwrotności odpowiednio dla braku, kat. I i kat. II.

5. Wyniki badań

Badaniu poddano przedsiębiorstwo górnicze złożone z 14 kopalń. Ocena pod względem zrównoważonego rozwoju wymusza jednakowe traktowanie głównych kryteriów, wagi dla nich są jednakowe. Poszczególne zmienne wchodzące w skład kryteriów zostały ocenione oddzielnie. W tabeli 3 przedstawiano kryteria wraz z ich wagami oraz względne wagi dla ocenianych kopalń.

Tabela 3

Względne wagi ocenianych kopalń dla poszczególnych zmiennych

	1,000	0,593	0,315	0,093	0,500	0,500	0,833	0,167
	T1	E_1	E_2	E_3	EK_1	EK_2	SR_1	SR_2
	0,250	0,750			EKOLOGICZNA		SPOŁECZNA	
	TECHNICZNA	EKONOMICZNA						
	TECHNICZNO-EKONOMICZNA							
	0,333				0,333		0,333	
K1	0,067	0,116	0,092	0,051	0,054	0,016	0,024	0,015
K2	0,067	0,075	0,092	0,018	0,024	0,016	0,042	0,015
K3	0,036	0,023	0,031	0,139	0,035	0,025	0,024	0,023
K4	0,349	0,230	0,092	0,051	0,129	0,082	0,329	0,217
K5	0,036	0,050	0,051	0,084	0,129	0,153	0,181	0,217
K6	0,021	0,016	0,051	0,033	0,018	0,057	0,024	0,036
K7	0,036	0,075	0,051	0,084	0,191	0,038	0,042	0,036
K8	0,067	0,023	0,011	0,139	0,129	0,261	0,042	0,165
K9	0,036	0,116	0,092	0,010	0,011	0,038	0,072	0,054
K10	0,036	0,050	0,092	0,033	0,035	0,082	0,042	0,054
K11	0,036	0,116	0,031	0,051	0,054	0,153	0,042	0,100
K12	0,108	0,012	0,211	0,139	0,054	0,038	0,024	0,023
K13	0,067	0,023	0,051	0,084	0,054	0,025	0,042	0,023
K14	0,036	0,075	0,051	0,084	0,085	0,016	0,072	0,023

Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku ogólnej oceny w ramach zrównoważonego rozwoju przyjęto, że wszystkie kryteria: techniczno-ekonomiczne, ekologiczne, społeczne, mają taką samą wartość – wszystkie są jednakowo ważne. Jednakże zmienne, które składają się na ocenę poszczególnych kryteriów, mają zróżnicowane oceny. Macierze te powstały przy wykorzystaniu wiedzy ekspertów. Macierze porównań dla kryteriów o charakterze jakościowym

powstały na zasadzie oceny lingwistycznej. Porównania kryteriów ilościowych wag są proporcjonalne do wartości odpowiednich zmiennych.

Dokonując porównań parami, wyznaczono współczynniki zgodności; wartość nie przekraczała wartości krytycznej.

W tabeli 4 przedstawiono końcowy ranking poszczególnych kopalń oraz rankingi pośrednie otrzymane dla poszczególnych kryteriów wynikających ze zrównoważonego rozwoju.

Tabela 4

Ocena poszczególnych kopalń w świetle głównych kryteriów zrównoważonego rozwoju oraz ocena końcowa

	TECHNICZNO- EKONOMICZNA	EKOLOGICZNA	SPOŁECZNA	RAZEM
K1	0,093	0,035	0,022	0,050
K2	0,073	0,020	0,037	0,043
K3	0,037	0,030	0,023	0,030
K4	0,215	0,105	0,311	0,210
K5	0,049	0,141	0,187	0,126
K6	0,027	0,038	0,026	0,030
K7	0,060	0,115	0,041	0,072
K8	0,039	0,195	0,062	0,099
K9	0,083	0,024	0,069	0,059
K10	0,055	0,059	0,044	0,053
K11	0,071	0,103	0,052	0,075
K12	0,092	0,046	0,023	0,054
K13	0,045	0,039	0,039	0,041
K14	0,060	0,050	0,064	0,058

Źródło: Opracowanie własne.

W dalszej części przedstawiono, jak kształtuje się ranking dla poszczególnych kopalń wynikający z otrzymanych ocen za poszczególne kryteria oraz oceny ogólnej.

Tabela 5

Ranking końcowy kopalń ze względu na kryteria

	TECHNICZNO- EKONOMICZNA	EKOLOGICZNA	SPOŁECZNA	OGÓŁEM
K1	2	11	14	10
K2	5	14	10	11
K3	13	12	12	14
K4	1	4	1	1
K5	10	2	2	2
K6	14	10	11	13
K7	7	3	8	5
K8	12	1	5	3
K9	4	13	3	6
K10	9	6	7	9
K11	6	5	6	4
K12	3	8	13	8
K13	11	9	9	12
K14	8	7	4	7

Źródło: Opracowanie własne.

Przedstawiony ranking pozwala na wskazanie najlepszej kopalni. Jest nią kopalnia K4. Warto zauważyć, że druga w rankingu kopalnia K5 znalazła się na tym miejscu ze względu na wysokie, drugie miejsce pod względem kryteriów ekologicznego oraz społecznego.

Wykonano analizę zgodności pomiędzy poszczególnymi rankingami na podstawie współczynnika korelacji Spearmana. Tabela 6 przedstawia informacje o wartościach współczynnika oraz jego statystyczną istotność.

Tabela 6

Współczynniki korelacji rang Spearmana

	TECHNICZNO- EKONOMICZNA	EKOLOGICZNA	SPOŁECZNA	OGÓŁEM
TECHNICZNO- EKONOMICZNA	1,000	-,121	,081	,371
EKOLOGICZNA	-,121	1,000	,534*	,763**
SPOŁECZNA	,081	,534*	1,000	,785**
OGÓŁEM	,371	,763**	,785**	1,000

Istotne korelacje zaznaczono * (* – poziom istotności 0,05, ** – poziom istotności 0,01)

Źródło: Opracowanie własne.

6. Podsumowanie

Przedstawiona analiza dotycząca oceny kopalni wchodzących w skał przedsiębiorstwa górniczego prezentuje możliwość zastosowania metody AHP w odniesieniu do zrównoważonego rozwoju. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, aby móc zastosować tą metodę w ocenie kopalni nie tylko z wagami uwzględniającymi zrównoważony rozwój oraz tylko trzy podstawowe kryteria. Metoda ta pozwala na wprowadzenie kryteriów jakościowych, które są bardzo często istotne dla oceny kopalni. Otrzymana w tabeli 4 ogólna waga dla konkretnej kopalni może służyć ocenie wartości, o ile znana jest wartość całego przedsiębiorstwa.

Rozpatrywane kryteria nie są niezależne, od decydentów wymagana jest świadomość tej zależności podczas budowy macierzy porównań. Specyfika produkcji węgla w zasadzie uniemożliwia precyzyjną identyfikację owych zależności, nie wspominając już o opisie formalnym. Warto jednak podkreślić, że otrzymana ocena jest oceną syntetyczną, pozwalającą na dalsze wykorzystanie podczas tworzenia rankingów – poszukiwania najsłabszych ogniw, najlepszych kopalń i ocenę ich wartości.

Bibliografia

1. Azadeg A., Osanloo M., Ataei M.: A New Approach to Mining Method Selection Based on Modifying the Nicholas Technique. „Applied Soft Computing”, Vol. 10, 2010, p. 1040-1061.
2. Donegan H.A., Dodd F.J.: A Note on Saaty’s Random Indexes. „Mathematical and Computer Modelling”, Vol. 15, Iss. 10, 1991, p. 135-137.
3. Dubiński J.: Zrównoważony rozwój górnictwa surowców mineralnych. *Journal of Sustainable Mining*, Vol. 12, No. 1, 2013, s. 13.
4. Gaul W., Gartes D.: A Note on Consistency Improvements of AHP Paired Comparison Data. „Adv Data Anal Classif”, Vol. 6, No. 4, 2012, p. 286-302.
5. Góral J.: Zrównoważony rozwój z perspektywy polskiego przedsiębiorstwa branży górniczej. *Kwartalnik Naukowy Uczelni Vistula*, Nr 1(35), 2013, s. 64-72.
6. Jakowska-Suwalska K., Sojda A.: Wielokryterialna metoda oceny przedsiębiorstwa górniczego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie*, z. 74, 2014, s. 147-157.
7. Kabiesz J., Turek M., Drzewiecki J., Makówka J.: Ocena innowacyjności technologii eksploatacji węgla kamiennego metodą AHP. „Gospodarka Surowcami Mineralnymi”, t. 24, z. 1-2, 2008, s. 103-121.

8. Koziół W., Piotrowski Z., Pomykała R., Machniak Ł., Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Blaschke W.: Zastosowanie analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) do wielokryterialnej oceny innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa kamiennego. „Rocznik Ochrona Środowiska”, t. 13, 2011, s. 1619-1634.
9. Kustra A., Sierpińska M.: Koncepcja zrównoważonego rozwoju a budowanie wartości przedsiębiorstwa. *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 29, z. 4, 2005, s. 93-104.
10. Kwiesielewicz M.: Analityczny hierarchiczny proces decyzyjny. *Nierozmyte i rozmyte porównania parami*. IBS PAN, Warszawa 2002.
11. Michalska E., Pośpiech E.: Niepełna informacja liniowa w zagadnieniach wielokryterialnego wspomaganie decyzji. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacja i Zarządzanie*, z. 57, 2011, s. 259-270.
12. Nian Q., Shi S., Li R.: Research and Application of Safety Assessment Method of Gas Explosion Accident in Coal Mine Based on GRA-ANP-FCE. „*Procedia Engineering*”, Vol. 45, 2012, s. 106-111.
13. Saaty T.L.: A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. „*Journal of Mathematical Psychology*”, Vol. 15, Iss. 3, 1977, s. 234-281.
14. Saaty T.L.: *The Analytic Hierarchy Process*. Mc-Graw Hill, New York 1980.
15. Sojda A., Wolny M.: Zastosowanie metody AHP w ocenie projektów inwestycyjnych kopalni węgla kamiennego. *Studia Ekonomiczne, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*, nr 207, Katowice 2014, s. 212-222.
16. Trzaskalik T. (red.): *Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym*. PWE, Warszawa 2006.
17. www.pwc.com/.../total-impact-measurement-management.html dostęp 01.03.2016.
18. www.globalreporting.org/.../GRI-G3-Polish-Reporting-Guidelines.pdf, dostęp: 01.03.2016.
19. www.pkn.pl/.../discovering_iso_26000.pdf dostęp 01.03.2016.

Abstract

The article presents the application of AHP method to assess the mine which is part of a mining enterprise. The concept of sustainable development realization of development in various aspects. The structure determined through the implementation of the sustainable development strategy is a hierarchical structure. Variables describing the structure have different measurement scales. AHP is suitable for performing such comparisons. In the example, the analysis concerned the fourteen mines. The result is a final ranking of mines. It should be noted that the K5 mine, despite poor assessment of technical and economical came in second place in the ranking. This is due to the high assessment of the other criteria. The resulting rating is an evaluation of a synthetic. Application of AHP allows you to search for the weakest link, the best mines and indirectly may indicate their value.