



## **Zastosowanie analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) do wielokryterialnej oceny innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa kamiennego**

*Wiesław Koziół, Zbigniew Piotrowski,  
Radosław Pomykała, Łukasz Machniak  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków*

*Ireneusz Baic, Beata Witkowska-Kita  
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Katowice*

*Aleksander Lutyński, Wiesław Blaschke  
Politechnika Śląska, Gliwice*

### **1. Wprowadzenie**

Ważnym problemem gospodarki odpadami w Polsce, wymagającym nowoczesnego i efektywnego rozwiązania są odpady z przemysłu wydobywczego, głównie z węgla kamiennego (grupa 01). Stanowią one około 60% odpadów przemysłowych. Głównym celem projektu pt. „Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego” jest identyfikacja wiodących technologii zagospodarowania odpadów, których rozwój będzie priorytetowy dla Polski oraz opracowanie scenariuszy ich rozwoju.

W ramach czwartego etapu projektu przeprowadzono ocenę innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego, rozumianej jako zdolności technologii do adoptowania i wykorzystywania najnowszych rozwiązań technicznych, technologicznych, organizacyjnych. Ocenę wykonano z zastosowaniem metody AHP (AHP – ang. Analytic Hierarchy Process) na drodze ankietowania wybranej grupy 15 specjalistów. Przyjęto, że poziom innowacyjności może być opisany poprzez:

- ustalenie kryteriów innowacyjności technologii,
- wyznaczenie aspektów, w odniesieniu do których kryteria te muszą być analizowane,
- udzielenie odpowiedzi o stopień spełniania przez te kryteria określonych aspektów związanych z innowacyjnością technologii,
- podział kryteriów oceny innowacyjności na grupę kryteriów ogólnych (nadrzędnych) oraz kryteriów szczegółowych (subkryteriów) – każdemu kryterium ogólnemu odpowiada 5 kryteriów szczegółowych.

## 2. Istota metody AHP

Analityczny Proces Hierarchiczny jest jedną z metod matematycznych stosowanych w zakresie rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych. Metoda opracowana została w 1980 roku przez Thomasa L. Satiego i jest wykorzystywana w wielu dziedzinach.

Istotą metody AHP jest porównywanie parami analizowanych wariantów decyzyjnych względem wszystkich kryteriów oceny. Porównań tych dokonuje się z wykorzystaniem specjalnych tablic oceny dla każdego z kryteriów w oparciu o określoną skalę ocen.

Metoda AHP realizowana jest w czterech podstawowych etapach:

1. Budowa modelu hierarchicznego. Dekompozycja problemu decyzyjnego i budowa hierarchii czynników (kryteriów) wpływających na rozwiązanie problemu.
2. Określenie dominacji czynników głównych (preferencji globalnych). Ocena przez porównanie parami udziału czynników głównych (jako względnej istotności kryteriów) realizacji stanu docelowego.
3. Określenie dominacji wariantów. Określenie wzajemnych priorytetów (istotności) w odniesieniu do kryteriów i wariantów decyzyjnych.

4. Klasyfikacja wariantów decyzyjnych. Wyznaczenie uporządkowania wariantów decyzyjnych z uwzględnieniem na ich udział w realizacji celu nadrzędnego. Interpretacja wyników.

### **3. Model hierarchiczny w metodzie AHP**

Zgodnie z tokiem postępowania, właściwym dla oceny innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego metodą AHP, ustalono hierarchiczną strukturę analizowanego zagadnienia w następującej postaci:

- cel nadrzędny: ocena poziomu nowoczesności technologii wybranych w analizach wstępnych,
- czynniki główne: przyjęte kryteria nadrzędne,
- czynniki cząstkowe: zweryfikowane w ramach realizacji projektu kryteria szczegółowe (subkryteria),
- warianty, obiekty: oceniane technologie wyłonione w projekcie jako rozwojowe i upowszechnione.

#### **3.1. Kryteria główne i cząstkowe (szczełółowe) (ogólne i szczełółowe)**

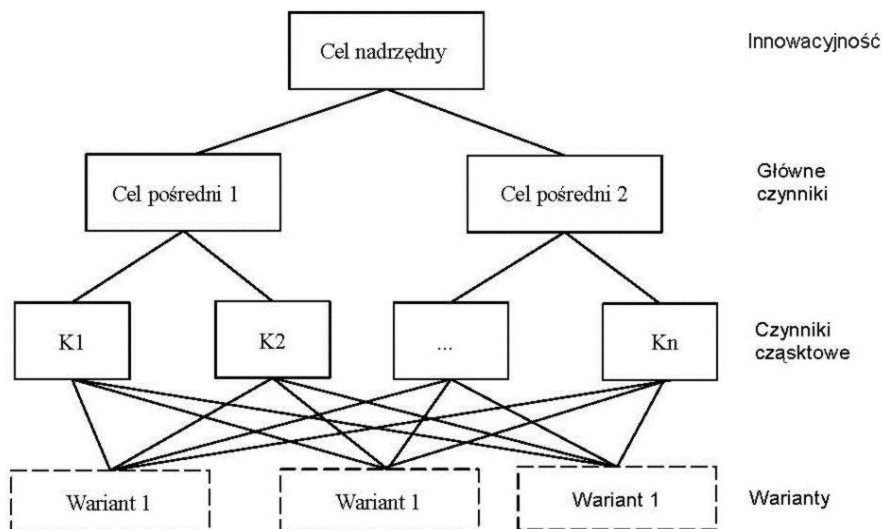
Kryteria główne i szczełółowe zostały sformułowane w następującej postaci [5]:

##### **A. Kryterium obecnego poziomu technologicznego (technicznego) w odniesieniu do innych zawansowanych dziedzin techniki (materiały, informatyka, organizacja, automatyzacja)**

- A1. Poziom zmechanizowania operacji technologicznych
- A2. Poziom automatyzacji i zdalnej kontroli procesu technologicznego
- A3. Możliwość stosowania technologii dla różnych rodzajów odpadów
- A4. Podatność na modernizację wynikająca z rozwoju technologii i stosowanych maszyn
- A5. Poziom produktu technologii i jego pozycja na rynku

##### **B. Kryterium skuteczności technologii w odniesieniu do warunków zewnętrznych**

- B1. Możliwość stosowania technologii przy zmieniających się właściwościach odpadów górnictwa węgla kamiennego
- B2. Zapewnienie maksymalnego wykorzystania odpadów
- B3. Dostępność odpadów
- B4. Możliwość pozyskania różnych produktów
- B5. Możliwość pozyskania produktów o zróżnicowanej jakości



**Rys. 1.** Schemat struktury hierarchicznej zadania

**Fig. 1.** AHP hierarchical structure diagram

### **C. Kryterium uniwersalności technologii w odniesieniu do techniki i warunków ich stosowania**

- C1. Odporność technologii na zakłócenia spowodowane czynnikami losowymi
- C2. Zapewnienie regularności i ciągłości dostaw odpadów
- C3. Uniwersalność wykorzystania systemów mechanizacji i automatyzacji procesu do różnych rodzajów odpadów
- C4. Czas i koszt adaptacji systemów mechanizacji i automatyzacji procesu przy zmianie rodzaju przetwarzanego odpadu
- C5. Możliwość dostosowania systemu do partii odpadów o różnych wielkościach

### **D. Kryterium minimalizacji wpływu na środowisko**

- D1. Możliwość całkowitego zagospodarowania odpadów
- D2. Emisja zanieczyszczeń do środowiska z procesu technologicznego
- D3. Zużycie energii w procesie przetwarzania odpadów
- D4. Możliwość monitorowania emisji zanieczyszczeń
- D5. Poziom zmian krajobrazowych miejsca lokalizacji zakładu przetwarzającego odpady

**E. Kryterium bezpieczeństwa rozumianego, jako bezpieczeństwo ludzi i procesu technologicznego**

- E1. Poziom występujących zagrożeń w procesie technologicznym
- E2. Możliwość monitorowania i ograniczenia zagrożeń występujących w procesie technologicznym
- E3. Bezpieczeństwo technologii ze względu na czynniki losowe
- E4. Możliwość wprowadzenia pełnej automatyzacji procesu technologicznego
- E5. Bezpieczeństwo obsługi i zapewnienie komfortu ich pracy

**3.2. Grupy technologii**

Ocenę innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego przeprowadzono dla 24 technologii zestawionych w V grupach technologii ocenionych jako rozpowszechnione i rozwojowe:

**GRUPA I – Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów**

- A. Zagospodarowanie skały płonnej w budownictwie hydrotechnicznym
- B. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych
- C. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych w robotach inżynierskich na powierzchni

**GRUPA II – Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego**

- A. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów
- B. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji pokładów systemem chodnikowym
- C. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji szybów
- D. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do likwidacji szybów
- E. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwałowych
- F. Wytwarzanie mieszaniny samozestalającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych

**GRUPA III – Podszadzanie wyrobisk eksploatacyjnych**

- A. Zagospodarowanie skały płonnej jako materiału w technologii zawieszinowej

B. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzce samozestalającej

C. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podszadkach typu „pasta”

#### **GRUPA IV – Kruszywa, ceramika**

A. Produkcja ceramiki budowlanej ze skały płonnej

B. Produkcja ceramiki budowlanej z odpadów przeróbczych

C. Produkcja kruszyw sztucznych z mułów węglowych powstających w procesie flotacji

D. Produkcja kruszyw z odpadów

E. Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki

F. Technologia wytwarzania lekkiego kruszywa spiekanego LSA z surowców odpadowych, w tym z odpadów flotacyjnych (mułów) z przeróbki węgla kamiennego

#### **GRUPA V – Odzysk substancji węglowej**

A. Pozyskanie węgla z odpadów flotacyjnych

B. Pozyskanie węgla z odpadów drobnoziarnistych

C. Pozyskanie węgla z odpadów powęglowych

D. Pozyskanie mikro i nano-węgla jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych

E. Pozyskanie węgla z odpadów poflotacyjnych

F. Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych

### **3.3. Zespół ekspertów**

Analiza metodą AHP opiera się na zdaniu wybranych ekspertów, dokonujących subiektywnej oceny poszczególnych kryteriów i wariantów postępowania (tu: technologii zagospodarowania odpadów). Od wiedzy i doświadczenia ekspertów zależy wartość dokonanych wyborów. Do zespołu tego zaproszono specjalistów w zakresie górnictwa, przeróbki surowców, gospodarki odpadami oraz inżynierii środowiska. Reprezentowali oni wiodące ośrodki naukowe specjalizujące się w analizowanych zagadnieniach, przemysł górniczy oraz przedsiębiorstwa zajmujące się m.in. zagospodarowaniem odpadów, rekultywacją terenów oraz produkcją kruszyw.



**Tabela 1. cd.**  
**Table 1. cont.**

	Ważność									
	absolutna	bardzo wyraźna	wyraźna	nieznaczna	jednakowa	nieznaczna	wyraźna	bardzo wyraźna	absolutna	
<b>Zmienna</b>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<b>Zmienna</b>
<i>B. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji pokładów systemem chodnikowym</i>										C. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji szybów
										D. Zagospodarowanie odpadów przerobczych do likwidacji szybów
										E. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwałowych
										F. Wytwarzanie mieszanki samozestającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych
<i>C. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji szybów</i>										D. Zagospodarowanie odpadów przerobczych do likwidacji szybów
										E. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwałowych
										F. Wytwarzanie mieszanki samozestającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych
<i>D. Zagospodarowanie odpadów przerobczych do likwidacji szybów</i>										E. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwałowych
										F. Wytwarzanie mieszanki samozestającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych
<i>E. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwałowych</i>										F. Wytwarzanie mieszanki samozestającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych



Macierz porównań dla przykładowej tabeli ocen (tabela 1) przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Macierz porównań utworzona na bazie przykładowej tabeli ocen (tabela 1)

**Table. 2.** Comparison matrix created on the base of evaluation table 1

	A	B	C	D	E	F
A	1	3/4	2	1 5/7	1/2	5/9
B	1 1/3	1	2 2/9	2	5/8	5/9
C	1/2	4/9	1	1	1/2	1/2
D	4/7	1/2	1	1	1/2	2/5
E	1 7/8	1 3/5	2	2 1/9	1	1
F	1 4/5	1 5/6	2	2 1/2	1	1
Suma	7,087167	6,125923	10,05898	10,4614732	4,107312	4,039558

W kolejnym kroku dla każdej macierzy obliczano wartość wektora priorytetów oraz maksymalną wartość macierzy, wg następujących formuł:

Wartości macierzy znormalizowanej:

$$\bar{w}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Wektor priorytetów cząstkowych:

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^n \bar{w}_{ij} a_{ij} \quad (3)$$

gdzie:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{w}_{ij}}{n} \quad i, j = 1, \dots, n \quad (4)$$

Maksymalna wartość własna macierzy:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{w_i} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad (5)$$

Wartości wektora priorytetu (wagi) oraz maksymalną wartość własną macierzy dla II grupy technologii ze względu na kryterium szczegółowe A1 kryterium nadrzędnego A przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3.** Wartości wektora priorytetu (wagi) oraz maksymalną wartość własną macierzy dla II grupy technologii ze względu na kryterium szczegółowe A1 kryterium nadrzędnego A

**Table. 3.** Value of priority (weight) vector and maximum value of matrix for waste management technologies belonging to Group II, for the sake of subcriterion A1 of superior criterion A

	A	B	C	D	E	F	Wektor priorytetu	$\lambda$
A	0,141	0,124	0,196	0,164	0,130	0,137	0,149	1,053
B	0,186	0,163	0,221	0,194	0,152	0,136	0,175	1,074
C	0,072	0,073	0,099	0,103	0,124	0,126	0,099	1,001
D	0,082	0,081	0,092	0,096	0,116	0,098	0,094	0,983
E	0,264	0,262	0,196	0,201	0,243	0,256	0,237	0,974
F	0,255	0,297	0,196	0,242	0,235	0,248	0,246	0,992
<b>Suma</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	6,077

Uzyskane wagi dla poszczególnych wariantów porównań posłużyły do przygotowania hierarchii ważności kryteriów oraz technologii zagospodarowania odpadów.

## 5. Wyniki analizy

W pierwszej kolejności dokonano ocen ważności kryteriów nadrzędnych oraz kryteriów szczegółowych w ramach kryteriów nadrzędnych. Odpowiednie wartości wektorów priorytetów zestawiono w tabeli 4.

Za najważniejsze kryterium nadrzędne eksperci uznali Kryterium E: „bezpieczeństwa rozumianego jako bezpieczeństwo ludzi i procesu technologicznego”. W ramach oceny kryteriów szczegółowych wybrano odpowiednio:

- A5. Poziom produktu technologii i jego pozycja na rynku,
- B2. Zapewnienie maksymalnego wykorzystania odpadów,
- C2. Zapewnienie regularności i ciągłości dostaw odpadów,
- D2. Emisja zanieczyszczeń do środowiska z procesu technologicznego,
- E5. Bezpieczeństwo obsługi i zapewnienie komfortu ich pracy.

**Tabela 4.** Wartości wektorów priorytetów dla kryteriów nadrzędnych oraz szczegółowych

**Table 4.** Value of priority (weight) vector for superior criterion and subcriteria

Wartości wektora priorytetu (wagi) dla kryteriów szczegółowych									
Priorytet		Waga							
A		0,177							
B		0,147							
C		0,152							
D		0,204							
<b>E</b>		<b>0,319</b>							

Wartości wektora priorytetu (wagi) dla kryteriów szczegółowych									
Priorytet	Waga	Priorytet	Waga	Priorytet	Waga	Priorytet	Waga	Priorytet	Waga
A1	0,168	B1	0,106	C1	0,230	D1	0,259	E1	0,103
A2	0,211	<b>B2</b>	<b>0,360</b>	<b>C2</b>	<b>0,265</b>	<b>D2</b>	<b>0,284</b>	E2	0,222
A3	0,232	B3	0,254	C3	0,202	D3	0,174	E3	0,163
A4	0,130	B4	0,161	C4	0,101	D4	0,143	E4	0,128
<b>A5</b>	<b>0,258</b>	B5	0,119	C5	0,202	D5	0,141	<b>E5</b>	<b>0,385</b>

Wyniki oceny (wg wartości wektora priorytetów) technologii uśredniano według dwóch metod (uśrednianie wyników końcowych oraz cząstkowych). Uzyskano tym samym dwie hierarchie innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego. W ocenie innowacyjności uwzględniono najważniejsze okoliczności mające obecnie, jak również w przyszłości, wpływ na tę właściwość analizowanych technologii. Stanowią one charakterystyki samych analizowanych technologii jak również zostały ujęte w istocie sformułowanych i uwzględnianych w analizie kryteriów. Porównanie rankingów innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, wg poszczególnych grup, zestawiono w tabeli 5.

Zestawienie rankingów innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego (tabela 5) pozwala na stwierdzenie, że w trzech grupach technologii (II, III i IV) objawiły się istotne różnice w hierarchii wynikające z różnych metod uśredniania wyników. Opierając rankingi na średnich wartościach priorytetów, można przyjąć następującą kolejność końcową:

- dla grupy II: B, F, E, C, D,
- dla grupy III: A i B równorzędnie, C,
- dla grupy IV: E, D, F, A, B, C.

**Tabela 5.** Porównanie rankingów innowacyjności dla technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego

**Table 5.** Comparison of innovation rank for management technologies of waste from mining industry

Miejsce rankingowe	I sposób hierarchizacji technologii		II sposób hierarchizacji technologii	
	Nazwa technologii	Wartość średnia wskaźnika priorytetu	Nazwa technologii	Wartość średnia wskaźnika priorytetu
1.	<b>Grupa I B</b>	<b>0,370</b>	<b>Grupa I B</b>	<b>0,399</b>
2.	Grupa I C	0,343	Grupa I C	0,354
3.	Grupa I A	0,287	Grupa I A	0,246
4.	<b>Grupa II A</b>	<b>0,187</b>	<b>Grupa II A</b>	<b>0,189</b>
5.	Grupa II F	0,187	Grupa II B	0,188
6.	Grupa II B	0,174	Grupa II E	0,180
7.	Grupa II E	0,170	Grupa II F	0,163
8.	Grupa II C	0,144	Grupa II D	0,143
9.	Grupa II D	0,138	Grupa II C	0,136
10.	<b>Grupa III A</b>	<b>0,373</b>	<b>Grupa III B</b>	<b>0,371</b>
11.	Grupa III B	0,357	Grupa III A	0,350
12.	Grupa III C	0,269	Grupa III C	0,279
13.	<b>Grupa IV E</b>	<b>0,232</b>	<b>Grupa IV E</b>	<b>0,231</b>
14.	Grupa IV D	0,216	Grupa IV D	0,221
15.	Grupa IV F	0,177	Grupa IV F	0,173
16.	Grupa IV A	0,132	Grupa IV B	0,128
17.	Grupa IV B	0,127	Grupa IV A	0,124
18.	Grupa IV C	0,117	Grupa IV C	0,123
19.	<b>Grupa V F</b>	<b>0,187</b>	<b>Grupa V F</b>	<b>0,189</b>
20.	Grupa V C	0,181	Grupa V C	0,176
21.	Grupa V B	0,171	Grupa V B	0,173
22.	Grupa V E	0,160	Grupa V E	0,167
23.	Grupa V A	0,156	Grupa V A	0,161
24.	Grupa V D	0,145	Grupa V D	0,134

Technologie uznane przez ekspertów za najbardziej innowacyjne w poszczególnych grupach to:

- Grupa I technologia IB – Zagospodarowanie odpadów przerobczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych,
- Grupa II technologia IIA – Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów,
- Grupa III technologia IIIB – Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadce samo zestalającej, równorzędnie z III A – Zagospodarowanie skały płonnej, jako materiału w technologii zawieszinowej,
- Grupa IV technologia IVE – Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki,
- Grupa V technologia VF – Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych.

## **6. Podsumowanie**

Celem zastosowania w projekcie Foresight metody AHP było przeprowadzenie oceny poziomu nowoczesności (innowacyjności) technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego, stosowanych obecnie i mogących znaleźć zastosowanie w przyszłości.

Hierarchie gospodarki odpadami wydobywczymi ustalają odpowiednie przepisy zawarte w ustawie o odpadach wydobywczych, a to:

1. zapobieganie powstawaniu odpadów wydobywczych,
2. ograniczenie ilości wytwarzanych odpadów,
3. ograniczenie negatywnego oddziaływania odpadów na środowisko,
4. odzysk odpadów,
5. bezpieczne unieszkodliwianie.

Ocenę innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego przeprowadzono dla 24 technologii zestawionych w V grupach technologii ocenionych jako rozpowszechnione i rozwojowe:

GRUPA I – Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów,

GRUPA II – Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego,

GRUPA III – Podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych,

GRUPA IV – Kruszywa, ceramika,

GRUPA V – Odzysk substancji węglowej.

Przeprowadzona analiza z wykorzystaniem metody AHP pozwoliła na wskazanie wg ekspertów najbardziej innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów. W projekcie przyjęto, że za przejaw innowacyjności należy uznać zdolność technologii do adaptowania i wykorzystywania najnowszych rozwiązań technicznych, technologicznych i organizacyjnych.

Technologie uznane przez ekspertów za najbardziej innowacyjne w poszczególnych grupach to:

- Grupa I technologia IB – Zagospodarowanie odpadów przerobczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych,
- Grupa II technologia IIA – Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów,
- Grupa III technologia IIIB – Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadźce samo zestalającej, równorzędnie z III A – Zagospodarowanie skały płonnej, jako materiału w technologii zawiesinowej,
- Grupa IV technologia IVE – Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki,
- Grupa V technologia VF – Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych.

Nie we wszystkich przypadkach rankingi wynikowe odpowiadają praktyce w zakresie zastosowania poszczególnych technologii.

Doświadczenia w zakresie zastosowania metody AHP, jako narzędzia w bardzo złożonym procesie wyboru, poparte również opiniami ekspertów, pozwalają na sformułowanie kilku uwag, pomocnych dla podobnych zastosowań w przyszłości. Przed przystąpieniem do właściwej fazy oceny należy pamiętać, że metoda AHP wymaga:

- określenia kryteriów oceny odpowiadających oczekiwanym rezultatom,
- bardzo dokładnego przygotowania ocenianych wariantów pod względem jednorodności opisu,
- wyraźnego rozdzielenia alternatywnych rozwiązań, pozwalających na ustalenie ich hierarchii,
- wytypowani eksperci powinni charakteryzować się specjalistyczną wiedzą w zakresie analizowanego przedmiotu, popartą doświadczeniem pozwalającym.

W projekcie wykorzystano również inne metody badań eksperckich, a to:

- metodę Delphi,
- metodę analizy krzyżowej.

Łączne wyniki badań pozwolą na wskazanie priorytetów badawczych i przemysłowych w sferze innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

*Praca zrealizowana w oparciu o sprawozdanie z zadania „Ocena innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego metodą AHP (Analytic Hierarchy Process), wykonanego przez zespół w składzie” J. Kabiesz, J. Makówka, R. Patyńska, w ramach IV etapu realizacji projektu „Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii w zakresie zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego”, 2010 r.*

## Literatura

1. **Saaty T. L.:** *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process.* European Journal of Operational Research. 48. 1990. pp. 9-26.
2. **Saaty T. L.:** *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process.* Pittsburgh, PA: RWS Publications. 1994.
3. **Saaty T. L.:** *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.* Pittsburgh PA: RWS Publications. 1996.
4. **Downowicz O., Kraule J., Sikorki M., Stachowski W.:** *Zastosowanie metody AHP do oceny i sterowania poziomem bezpieczeństwa złożonego obiektu technicznego.*
5. **Kabiesz J., Makówka J. Patyńska R.:** *Ocena innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego metodą AHP (Analytic Hierarchy Process).* Dokumentacja projektu „Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii w zakresie zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego, Katowice 2010.

## **Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) for Multicriteria Assessment of the Technologies of Waste from Coal Mining Management Innovation**

### **Abstract**

A major problem of waste management in Poland, demanding a modern and efficient solution are waste from the extractive industries, mainly from coal (group 01). Those waste represent approximately 60% of industrial waste. The main objective of the project "Foresight on priority and innovative technologies of waste from coal mining management" is identification of the leading waste management technologies, which development will be a priority for Poland and working out scenarios for their development.

The paper shows method of innovation assessment of selected management technologies of waste from mining industry, with use of hierarchical analysis of the problem. Method of Analytic Hierarchy Process (AHP) is one of the methods of hierarchical analysis of multi-decision problems. It allows to decompose the complex issue of decision-making and the creation of the final ranking for a finite set of alternatives.

The paper presents the results of the analysis of hierarchical problems conducted by the Foresight OGWK in relation to the superior criteria in pairs due to innovation of technology, pairs of subcriteria and the defined technologies for the sake of specific criteria.

Experience in the application of AHP method, as a tool in a very complex selection process, supported by the opinions of experts, helped formulate a few remarks, useful for after-like applications in the future