

*Foresight technologiczny, skala płona, kruszywa, scenariusze rozwoju*

Stefan GÓRALCZYK, Ewa ŻBIKOWSKA\*

## **TECHNOLOGICZNE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ODPADÓW POWSTAJĄCYCH W GÓRNICTWIE WĘGLA KAMIENNEGO DO PRODUKCJI KRUSZYW**

W górnictwie węgla kamiennego powstaje ok. 30 mln ton odpadów rocznie. W artykule zaprezentowano wyniki projektu „Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii w zakresie zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego”. Projekt ten wykazał m.in., że technologiczne możliwości wykorzystania odpadów górniczych do produkcji kruszyw mogą być jedną z najbardziej obiecujących i opłacalnych technologii zrównoważonego budownictwa w Polsce.

### **WSTĘP**

Głównym celem projektu „*Foresight...*” była identyfikacja wiodących technologii zagospodarowania odpadów górniczych o znaczeniu strategicznym, których rozwój w następnych 20 latach będzie priorytetowy dla Polski oraz opracowanie scenariuszy ich rozwoju poprzez zastosowanie usystematyzowanej metodyki badawczej. Istotnym również było wskazanie priorytetów inwestycyjnych w sferze badań i rozwoju technologicznego, wzmocnienie polskiego potencjału sfery badawczo-rozwojowej oraz przedsiębiorstw funkcjonujących w sektorze gospodarczego wykorzystania odpadów pochodzących z przemysłu wydobywczego.

Ilość odpadów wytwarzanych przez sektor gospodarczy w Polsce (GUS 2010 – stan na koniec 2009 r.) wynosi blisko 111,1 mln Mg. W tej masie odpady pochodzące z górnictwa węgla kamiennego stanowią ok. 29,7 mln Mg, czyli ponad 26%. Dodatkowo szacuje się, że blisko 583,8 mln Mg tych odpadów jest już zdeponowana w środowisku. Z analizy dostępnych danych wynika, że około 93% odpadów powstających podczas eksploatacji i przeróbki kopalin jest wykorzystywana gospodarczo. Z tej ilości zaledwie 30% jest wykorzystywane przemysłowo, a prawie 70% wykorzystuje się do niwelacji terenów, robót inżynierskich, czy tzw. „budowli ziemnych”. Kierunki te

---

\* Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, 02-673 Warszawa, Racjonalizacji 6/8, s.goralczyk@imbigs.pl e.zbikowska@imbigs.pl

są ściśle powiązane z stosowanymi rozwiązaniami technologicznymi. Z tego też względu zidentyfikowane w ramach projektu technologie podzielono na następujące grupy, odzwierciedlające potencjalne kierunki gospodarczego wykorzystania:

- 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.

Podstawowa część odpadów z górnictwa węgla kamiennego jest wykorzystywana do produkcji kruszyw lub w formie nieprzetworzonej w robotach inżynierskich lub innych zastosowań w budownictwie (tab. 1).

Tabela 1

Identyfikacja kluczowych technologii w grupie IV Kruszywa i ceramika projektu „Foresight...”

Grupa IV – Kruszywa, ceramika
IV.1. Produkcja sortowanych kruszyw z przepalonego łupka przywęglowego
IV.2. Produkcja niesortowanych kruszyw z przepalonego łupka przywęglowego
IV.3. Produkcja sortowanych kruszyw powęglowych pozyskiwanych z hałdy
IV.4. Produkcja niesortowanych kruszyw powęglowych pozyskiwanych z hałdy
IV.5. Produkcja kruszyw sztucznych z mułów węglowych powstających w procesach flotacji
IV.6. Produkcja kruszyw z odpadów
IV.7. Produkcja ceramiki budowlanej ze skały płonej
IV.8. Produkcja ceramiki budowlanej z odpadów przeróbczych
IV.9. Produkcja łupka przepalonego z odpadów wzbogacania węgla
IV.10. Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy i z instalacji przeróbki
IV.11. Technologia wytwarzania lekkiego kruszywa spiekanego LSA z surowców odpadowych, w tym z odpadów flotacyjnych (mułów) z przeróbki węgla kamiennego

Łącznie zidentyfikowano i opisano 39 technologii. Dla zidentyfikowanych technologii opracowano kryteria oceny innowacyjności uwzględniające zarówno aspekty natury technologicznej i ekonomicznej pozwalające na uzyskanie wymiernych efektów finansowych, jak i aspekty natury społeczno-środowiskowej, które trudno w sposób mierzalny zdefiniować. W oparciu o przyjęte kryteria do dalszych rozważań wytypowano 24 technologie.

## 1. ANALIZA SWOT

Dla wytypowanych technologii przeprowadzono również analizę SWOT na poziomie instytucjonalnym i technologicznym. Celem analizy SWOT było wskazanie stanu rozwoju technologii w zakresie zagospodarowania i unieszkodliwiania odpadów z górnictwa węgla kamiennego oraz określenie, jak wpływają na ich rozwój czynniki

zewewnętrzne i wewnętrzne. Słabe i mocne strony określone były w odniesieniu do czynników wewnętrznych, natomiast szanse i zagrożenia mają źródła poza badanym obszarem. Analiza SWOT została przeprowadzona na poziomie instytucjonalnym, tzn. firm zajmujących się zagospodarowaniem i unieszkodliwianiem odpadów z górnictwa węgla kamiennego, jak i technologii ich przetwarzania zgodnie z przyjętymi kierunkami gospodarczego wykorzystania.

Analiza SWOT na poziomie instytucjonalnym wykazała:

- niski poziom innowacyjności stosowanych rozwiązań (produktów, technologii, materiałów),
- brak wiedzy o możliwościach wykorzystania różnych instrumentów finansowych,
- barierę kapitałową przy wprowadzaniu nowoczesnych rozwiązań technologicznych w eksploatacji i przeróbce kopalin.

Natomiast analiza SWOT na poziomie technologicznym wykazała:

- znaczne zasoby odpadów powstających i zdeponowanych w okresach wcześniejszych do wykorzystania,
- niekorzystne zmiany prawne dotyczące przetwarzania odpadów i wykorzystywania pozyskanego z nich produktu,
- brak działań w sposobach wydobywania węgla, minimalizujące udział technologii z wykorzystaniem odpadów,
- konieczność budowy dodatkowej infrastruktury do przerobu odpadów,
- konieczność wykonywania specjalistycznych badań jakościowych odpadów z określeniem kierunków ich wykorzystania,
- brak systemu motywującego wdrażanie innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów,
- skomplikowane procedury finansowania nowych inwestycji.

Reasumując należy stwierdzić, że stanu aktualnego rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego nie można uznać za zadowalający. Jest to spowodowane wieloma czynnikami, do których zaliczyć należy:

- niedostatek technicznie, ekologicznie i ekonomicznie sprawdzonych technologii przeróbki kopalin i odzysku surowców odpadowych,
- częste zmiany uregulowań prawnych w dziedzinie gospodarowania odpadami i ochronie środowiska, w tym w szczególności brak rozporządzeń wykonawczych do ustawy o odpadach wydobywczych,
- brak wystarczających mechanizmów ekonomicznych sprzyjających odzyskowi surowców odpadowych,
- barierę kapitałową przy wprowadzaniu nowoczesnych rozwiązań technologicznych w eksploatacji i przeróbce kopalin.

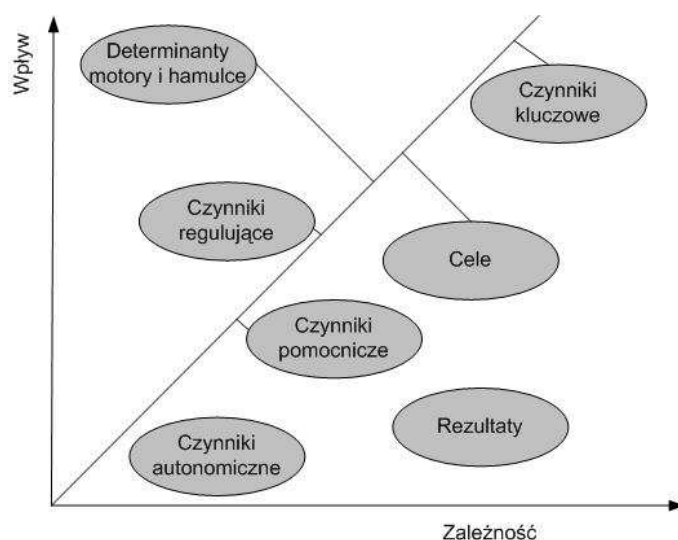
## 2. OCENA WPŁYWU WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA ROZWÓJ INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW METODĄ KRZYŻOWEJ ANALIZY WPŁYWÓW

Po przeprowadzonej analizie możliwych wariantów (odmian) krzyżowej analizy wpływów dla realizacji projektu zastosowano metodę analizy trukturalnej wpływów (Structural Cross – Impact Analysis) z wykorzystaniem macierzy ortogonalnych.

Analiza Strukturalna Wpływów stanowi jedno z podstawowych narzędzi analitycznych stosowanych podczas realizacji projektów typu Foresight. Analiza ta, zwana również techniką wzajemnych oddziaływań, pozwala ocenić przeciętne prawdopodobieństwo zajścia, a także termin każdego z przewidywanych zdarzeń, z uwzględnieniem ich kolejności. Analizę przeprowadzono w trzech etapach, którymi były:

- Inwentaryzacja istotnych czynników mających wpływ na rozwój analizowanych technologii.
- Stwierdzenie występowania zależności pomiędzy wytypowanymi czynnikami.
- Identyfikacja czynników kluczowych dla ewolucji analizowanych technologii.

Przeprowadzona analiza wpływów pozwoliła zaklasyfikować przyjęte czynniki do kilku grup (rys. 1). Każda z określonych grup czynników ma swoje ściśle określone położenie na wykresie zależność/wpływ.



Rys. 1. Wykres pomocniczy wykorzystywany do krzyżowej analizy wpływów  
Fig. 1. Subsidiary diagram used for cross-impact analysis

Wspólnymi czynnikami kluczowymi dla wszystkich grup są:

- niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania),
- dostępność odpadów wydobywczych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii,

- koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji,
- uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla,
- instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty),
- polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany),
- łatwość wdrożenia technologii,
- zapotrzebowanie odbiorców,
- niska energochłonność i materiałochłonność

Ponadto w poszczególnych grupach technologii wyróżnia się czynniki:

GRUPA I – Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów

- minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego,
- dostępność funduszy na rekultywację terenów, prace hydrotechniczne i inne inwestycje proekologiczne,

GRUPA II – Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego

- potrzeby technologiczne związane z eksploatacją węgla kamiennego,

GRUPA III – Podstawianie wyrobisk eksploatacyjnych

- konieczność minimalizacji skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego, w zależności od stopnia jego zagospodarowania.

GRUPA IV – Kruszywa, ceramika

- ograniczenie powierzchni zajmowanych terenów,
- efektywność przeróbki i wzbogacania węgla,
- dostępność funduszy na rekultywację terenów, prace hydrotechniczne i inne inwestycje proekologiczne,

GRUPA V – Odzysk substancji węglowej

- efektywność przeróbki i wzbogacania węgla.

### 3. OCENA INNOWACYJNOŚCI TECHNOLOGII ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW POCHODZĄCYCH Z GÓRNICTWA WĘGLA KAMIENNEGO – WYNIKI BADAŃ METODĄ DELPHI

Przeprowadzona z zastosowaniem metody Delphi ocena innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego odzwierciedla hierarchizację postępowania z odpadami wynikająca z zapisów zawartych w ustawie o odpadach wydobywczych tzn. zapobieganie, minimalizację i gospodarcze wykorzystanie.

Jako priorytetowy cel strategiczny eksperci wskazali „Pełne wykorzystanie odpadów wytwarzanych obecnie i w okresach wcześniejszych przez górnictwo węgla kamiennego” podkreślając, że możliwość jego realizacji uzależniona jest od stworzenia odpowiednich mechanizmów prawnych i fiskalnych preferujących wykorzystanie surowców odpadowych.

Oceniając hierarchię ważności kryteriów mających wpływ na innowacyjność technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego eksperci uznali, że niezależnie od kierunków gospodarczego wykorzystania przedmiotowych odpadów, najistotniejszą rolę odgrywają kryterium ekonomiczne i kryterium techniczno-technologiczne.

Dla kryterium ekonomicznego za czynniki najbardziej istotne uznano koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji do przetwarzania odpadów wydobywczych natomiast dla kryterium techniczno-technologicznego – dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych.

Według ekspertów szanse rozwoju technologicznego w poszczególnych kierunkach gospodarczego wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego wynikają głównie z dostępności przedmiotowych odpadów i konieczności minimalizacji skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego, zaś zagrożenia wynikają z konieczności budowy dodatkowej infrastruktury i brakiem środków finansowych.

Eksperti stwierdzili również, że występuje pilna konieczność podjęcia prac naukowo-badawczych nad opracowaniem nowych innowacyjnych technologii wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego oraz opracowanie wytycznych technicznych dla prac rekultywacyjnych z wykorzystaniem tych odpadów.

#### 4. OCENA INNOWACYJNOŚCI TECHNOLOGII ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW – WYNIKI BADAŃ METODĄ AHP

W ramach czwartego etapu projektu przeprowadzono ocenę innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, rozumianej jako zdolności technologii do adoptowania i wykorzystywania najnowszych rozwiązań technicznych, technologicznych, organizacyjnych. Ocenę innowacyjności wybranych technologii zagospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego, przeprowadzono z wykorzystaniem metody AHP na drodze ankietowania wybranych 15 specjalistów (ekspertów).

Na etapie przygotowania procesu oceny poziomu innowacyjności poszczególnych technologii zrealizowano następujące etapy:

- 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).

Wybrane technologie zagospodarowania odpadów, w 5 grupach tematycznych, oceniano pod kątem 5 kryteriów głównych oraz 25 szczegółowych. Przeprowadzona

analiza pozwoliła na wskazanie wg ekspertów najbardziej innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów. Technologie uznane przez ekspertów za najbardziej innowacyjne w poszczególnych grupach to:

- Grupa I technologia IB – Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych;
- Grupa II technologia IIA – Zagospodarowanie skały płonej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów;
- Grupa III technologia IIIB – Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzce samo zestalającej, równorzędnie z III A – Zagospodarowanie skały płonej 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 drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych.

Doświadczenia w zakresie zastosowania metody AHP, jako narzędzia badawczego w złożonym procesie wyboru, poparte opiniami ekspertów, pozwalają na sformułowanie wniosków pomocnych dla podobnych zastosowań w przyszłości.

## 5. UWARUNKOWANIA WPŁYWAJĄCE NA KIERUNKI I SCENARIUSZE

Kopaliny o znikomej lub małej zawartości substancji węglowej, które powstawały w trakcie eksploatacji węgla oraz w procesach jego wzbogacania zawsze towarzyszyły górnictwu węgla kamiennego. W przypadku braku możliwości ich wykorzystania odpady te często stawały się odpadami gromadzonymi w postaci budowli nadpoziomowych, np. tzw. hałd, wypełnień, obniżen terenu związanych z eksploatacją. Natomiast drobne frakcje gromadzono w stawach osadowych. Na charakter odpadów miały wpływ zmieniające się w czasie technologie eksploatacji węgla, charakterystyka złóż (pokładów), jak i zakres wzbogacania w zależności od potrzeb rynku odbiorców. Główni odbiorcy, tj.: elektrownie i elektrociepłownie ulepszały technologię spalania węgla w celu poprawy sprawności procesów energetycznych. Z tego też względu zmagazynowane w dużej ilości na przestrzeni lat odpady wydobywcze różnią się znacznie w zakresie zawartości węgla, popiołu i innych składników mineralnych.

Polska, jako członek Unii Europejskiej jest zobowiązana w określonych horyzontach czasowych do transpozycji przedmiotowych uregulowań do prawodawstwa krajowego. W ostatnim okresie, w dziedzinie gospodarki odpadami, Unii Europejskiej wydała kilka dyrektyw, które zostały wprowadzone lub są w trakcie transpozycji do prawodawstwa polskiego. Jedną z nich jest dyrektywa 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego. Dyrektywa ta została transponowana do prawodawstwa polskiego ustawą z dnia 10 lipca 2008 roku *o odpadach wydobywczych*

(DzU 2008.138.865 ze zm.). Proponowana w art. 18 ww. ustawy hierarchia postępowania z odpadami obejmuje: zapobieganie powstawaniu odpadów, przygotowanie do ponownego użycia, recykling, inne procesy odzysku lub unieszkodliwianie.

W sposób jednoznaczny hierarchia ta ukierunkowuje działania branży wydobywczej na minimalizację ilości wytwarzanych odpadów oraz maksymalne gospodarcze wykorzystanie odpadów pochodzących z bieżącej produkcji i zdeponowanych już w środowisku.

Węgiel z uwagi na jego ilość, obszar występowania i dostępność jest podstawowym surowcem dla produkcji energii. W ten obszar wpisują się również tzw. „odpady wydobywcze”. W wielu krajach traktowane są one jako surowce budowlane, kruszywa lub w zależności od technologii wzbogacania i czasu ich powstania, są cennym źródłem paliwa dla energetyki.

Biorąc pod uwagę uwarunkowania techniczne, ekonomiczne i prawne należałoby:

- wzbogacać węgiel w jak najszerszym zakresie, aby uzyskać paliwo o najwyższych parametrach,
- ograniczyć ilość odpadów do niezbędnego minimum, dotyczy to wydobycia, wzbogacania i spalania,
- wykorzystać potencjał energetyczny starych składowisk odpadów wydobywczych poprzez określenie kryteriów złoża antropogenicznego w zależności od wartości opałowej i zapopielenia,
- rozwinąć technologię produkcji kruszyw i materiałów budowlanych ukierunkowanych na rewitalizację terenów pogórnich z byłej i obecnej eksploatacji,
- w przypadkach uzasadnionych ekonomicznie lub w celu poprawy stanu bezpieczeństwa, rozważyć możliwość prowadzenia eksploatacji w partiach reszkowych i filarach z podsadzką lub lokowaniem odpadów powydobywczych na dole kopalni,
- rozważyć możliwość budowy przyjaznych dla środowiska instalacji wykorzystujących odpady powydobywcze do produkcji energii, w miejscu ich występowania i składowania.

## 6. PRIORYTETOWE TECHNOLOGIE ZAGOSPODAROWANIA ORAZ KIERUNKI PRAC NAUKOWO-BADAWCZYCH

Wybór priorytetowych technologii zagospodarowania odpadów przeprowadzony został w kilku etapach. Opisy tych ocen zawarty został w monografii. Aby jednak możliwe było ich bezpośrednie porównanie konieczne było sprowadzenie wyników do jednego porównywalnego wskaźnika, wyrażonego w skali od 0 do 100%.

Końcowe wartości wskaźników, obliczonych jako średnie wskaźników oceny SWOT, AHP i oceny eksperckiej przedstawiono na wykresach w monografii. Na ich



podstawie możliwe jest wskazanie w poszczególnych grupach priorytetowych technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego:

Grupa I (I.B) – Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych;

Grupa II (II.A) – Zagospodarowanie skały płonej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów;

Grupa III (III.B) – Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadźce samozestalającej;

**Grupa IV (IV.E) – Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z haldy oraz instalacji przeróbki;**

Grupa V (V.E) – Pozyskanie węgla z odpadów poflotacyjnych.

Ustalenie rankingu kierunków zagospodarowania odpadów było zadaniem szczególnie trudnym. Wynikało to m.in. ilości czynników wewnętrznych (cech technologii), jak i zewnętrznych (uwarunkowań gospodarczych, prawnych, finansowych i innych) oraz trudności ich wzajemnego porównania. Podczas realizacji projektu dokonano próby ustalenia takiej hierarchii z wykorzystaniem analizy SWOT, a także poprzez otwartą ocenę wybranych ekspertów o ustalonej reputacji. Wyniki obliczono w sposób analogiczny jak w przypadku technologii. Końcowe wartości wskaźnika procentowego zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Wyniki liczbowe wskaźników oceny kierunków zagospodarowania odpadów

Ranking	Oznaczenie	Nazwa technologii	WK [%]
1	I	Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów	100,0
2	II	Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego	92,3
3	IV	Kruszywa, ceramika	89,8
4	V	Odzysk substancji węglowej	86,4
5	III	Podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych	72,9

Analizując otrzymane wyniki priorytetowego wykorzystania odpadów należy podkreślić, że najefektywniejsze są technologie prowadzące do prostego ich wykorzystania, bez nakładów na uszlachetnianie i przerobu. Wysoka pozycja przeróbki odpadów na kruszywa jest spowodowana ich rynkowym zapotrzebowaniem i uzyskiwanie przez kopalnie relatywnie wysokich cen. Stąd konieczne jest również prowadzenie prac badawczo-wdrożeniowych mających na celu:

- opracowanie nowych technologii przetwarzania i wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego w kierunku produkcji kruszyw,
- modernizację i doskonalenie stosowanych technologii w celu ich uproszczenia, zmniejszenia energochłonności oraz kosztów.

## 7. SCENARIUSZE ROZWOJU INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII ZAGOSPODAROWANIA

Scenariusze rozwoju innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego zbudowano uwzględniając następujące czynniki wewnętrzne i zewnętrzne:

- rozwój gospodarczy Polski mierzony wzrostem PKB,
- strategię energetyczną Unii Europejskiej,
- uwarunkowania prawne dotyczące środowiska,
- uwarunkowania ekonomiczne dotyczące gospodarki odpadami wydobywczymi,
- popyt na produkty odpadowe,
- szeroko rozumianą akceptację społeczną dla poczynań związanych z zagospodarowaniem odpadów górnictwa węglowego.

Zdefiniowano i poddano analizie trzy warianty scenariuszy rozwoju innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów: optymistyczny, umiarkowany i pesymistyczny. Każdy z tych scenariuszy zbudowano uwzględniając czynniki wewnętrzne i zewnętrzne takie, jak rozwój gospodarczy Polski, strategia energetyczna Unii Europejskiej, uwarunkowania prawne i ekonomiczne, popyt na produkty odpadowe i akceptacja społeczna. Dla każdego ze scenariuszy określono rodzaje technologii, które należy rozwijać i stosować.

W scenariuszu optymistycznym przyjęto, że wszystkie technologie analizowane w trakcie realizacji projektu i uznane za innowacyjne będą rozwijane i stosowane ze względu na wysoki rozwój gospodarki (7–8% w skali roku) i wysokie zapotrzebowanie na wyroby z przeróbki odpadów.

W scenariuszu umiarkowanym wzrost PKB o 3–4%, zakłada się rozwój i stosowanie technologii dotyczących wykorzystania odpadów w grupach:

- Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów
- Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego
- Podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych
- Kruszywa, ceramika
- Odzysk substancji węglowej.

W obszarach wymienionych grup mogą koncentrować się również prace badawcze. W scenariuszu pesymistycznym, przy wzroście PKB o 1–2% oraz spadku wydobycia węgla i zmniejszeniu zapotrzebowania na wyroby z przeróbki odpadów, zakłada się wykorzystywanie odpadów głównie na własne potrzeby oraz produkcję wyrobów w niektórych technologiach: rekultywacji terenów zdegradowanych, robót likwidacyjnych w kopalniach węgla kamiennego, podsadzania wyrobisk oraz likwidacji pustek poeksploatacyjnych.

W zależności od stanu gospodarki i jej zapotrzebowania na wyroby z przeróbki odpadów jest też szansa na wykorzystywanie innych technologii dotyczących: kruszyw i ceramiki oraz odzysku substancji węglowej.

Prowadzenie prac badawczych związanych z rozwojem tych obszarów w dużej mierze będzie uzależnione od środków finansowych przeznaczonych na naukę oraz środków pochodzących z przemysłu.

## 8. WNIOSKI KOŃCOWE

Głównym celem projektu była identyfikacja wiodących technologii zagospodarowania odpadów wydobywczych z górnictwa węgla kamiennego o znaczeniu strategicznym, których rozwój w następnych 20 latach będzie priorytetowy dla Polski oraz opracowanie scenariuszy ich rozwoju. Wskazano również kierunki prac naukowo-badawczych oraz priorytety inwestycyjne w sferze rozwoju technologicznego warunkujące zrównoważony, tzn. efektywny ekonomicznie i ekologicznie rozwój sektora górnictwa węgla kamiennego w Polsce.

Reasumując stwierdzono, że stan aktualnego rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego nie można uznać za zadowalający. Jest to spowodowane wieloma czynnikami, do których zaliczyć należy: niedostatek technicznie, ekologicznie i ekonomicznie sprawdzonych technologii przeróbki kopalin i odzysku surowców odpadowych, brak wystarczających mechanizmów ekonomicznych sprzyjających odzyskowi surowców odpadowych, barierę kapitałową przy wprowadzaniu nowoczesnych rozwiązań technologicznych w eksploatacji i przeróbce kopalin.

Głównymi natomiast czynnikami mającymi wpływ na przyszłościową dominację poszczególnych kierunków gospodarczego wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego i związanych z nimi technologiami będą miały:

- sytuacja ekonomiczna na świecie, w Unii Europejskiej i w Polsce oraz związany z tym wzrost lub spadek zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepłą,
- ewolucja prawa środowiskowego w zakresie odpadów, w tym odpadów wydobywczych, w kierunku bardziej restrykcyjnych zapisów,
- stanowisko Polski, co do zapisów zawartych w tzw. „pakiecie klimatycznym” wymuszającym redukcję emisji CO<sub>2</sub> – akceptacja zapisów to konieczność modernizacji polskiej energetyki, a tym samym wzrost zapotrzebowania na tzw. ultra czyste paliwa,
- wzrost lub spadek znaczenia alternatywnych źródeł energii – OZE, gaz łupkowy, energia atomowa,
- planowana prywatyzacja sektora wydobywczego,
- wzrost lub spadek zapotrzebowania rynkowego na produkty wytworzone na bazie odpadów wydobywczych w tym głównie w drogownictwie, pracach ziemnych i hydrotechnicznych oraz w drogownictwie,
- poziom akceptacji społecznej dla poczynań związanych z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują, że jednym z najbardziej pożądaných kierunków rozwoju są kruszywa, które ze względu na niskie koszty przetwarzania mogą stać się opłacalne w rozwoju budownictwa w Polsce.

#### LITERATURA

- [1] BAIC I., GÓRALCZYK S., *Diagnoza stanu obecnego rozwoju technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*, Przegląd Górniczy, nr 5/2011.
- [2] BAIC I., WITKOWSKA-KITA B., *Technologie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego – diagnoza stanu aktualnego, ocena innowacyjności, analiza SWOT*, Rocznik Ochrona Środowiska, tom 13, Koszalin 2011.
- [3] BAIC I., GÓRALCZYK S., *Diagnoza stanu obecnego rozwoju technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*, Konf. Odpady i Środowisko, Kraków 2010.
- [4] BAIC I., GÓRALCZYK S., *Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*, KOMEKO 2010 – *Innowacyjne Techniki i Technologie – Paliwa – Bezpieczeństwo – Środowisko*, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2010.
- [5] BAIC I., GÓRALCZYK S., *Foresight in priority and innovative technologies of hard coal mining waste management*”, 14th Conferences on Environment and Mineral Processing, VSB-TU, Ostrava 2010.
- [6] GÓRALCZYK S., BAIC I., *Odpady z górnictwa węgla kamiennego i możliwości ich gospodarczego wykorzystania*, Mat. konf. IGSMiE PAN, Kraków, Zakopane 2009.
- [7] BAIC I., GÓRALCZYK S., *Wyniki II etapu projektu Foresight OGWK*, Ekologia Przemysłowa, nr 3, 2010.
- [8] GÓRALCZYK S., *Foresight – Priorytetowe i innowacyjne technologie zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*, Szkoła Eksploatacji Podz., Kraków 2010.
- [9] GÓRALCZYK S. (red.), *Gospodarka surowcami odpadowymi z węgla kamiennego*, Warszawa 2011.
- [10] KOZIOŁ W., PIOTROWSKI Z., POMYKAŁA R., MACHNIAK Ł., BAIC I., WITKOWSKA-KITA B., LUTYŃSKI A., BLASCHKE W., *Metoda AHP jako sposób oceny innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego*, Innowacyjne i Przyjazne dla Środowiska Techniki i Technologie Przeróbki Surowców Mineralnych – Bezpieczeństwo – Jakość – Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011.

#### TECHNOLOGICAL FEASIBILITY OF USING THE HARD COAL MINING WASTE FOR THE PRODUCTION OF AGGREGATES

Every year about 30 million tons of hard coal mining waste are produced. In this article we present the results of the project “Foresight on priority and innovative technologies for hard coal mining waste management” which proved, inter alia, that the technological feasibility of using the hard coal mining waste for the production of aggregates as most promising and cost-effective technology of sustainable construction in Poland.