

INSTYTUT GOSPODARKI SUROWCAMI MINERALNYMI I ENERGIA,
POLSKIEJ AKADEMII NAUK — KRAKÓW

STUDIA, ROZPRAWY, MONOGRAFIE **191**

Ireneusz Baic

ANALIZA WIELOKIERUNKOWEGO WYKORZYSTANIA
DEPOZYTÓW MUŁÓW WĘGLOWYCH
WRAZ Z OCENĄ ICH ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO

WYDAWNICTWO INSTYTUTU GOSPODARKI SUROWCAMI MINERALNYMI
I ENERGIA PAN • KRAKÓW • 2015

KOMITET REDAKCYJNY

prof. dr hab. inż. Eugeniusz Mokrzycki (redaktor naczelny serii)
dr hab. inż. Lidia Gawlik (sekretarz redakcji), prof. IGSMiE PAN
dr hab. inż. Zenon Pilecki, prof. IGSMiE PAN
dr hab. inż. Wojciech Suwała, prof. IGSMiE PAN
dr hab. inż. Alicja Uliasz-Bocheńczyk

RECENZENCI

prof. dr hab. inż. Wiesław Blaschke
prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński

AUTOR

dr inż. Ireneusz Baic
Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego
Oddział Zamiejscowy w Katowicach

ADRES REDAKCJI

31-261 Kraków, ul. Józefa Wybickiego 7
tel. 12-632-33-00, fax 12-632-35-24

Redaktor Wydawnictwa: mgr Danuta Nikiel-Wroczyńska, mgr Emilia Rydzewska
Redaktor techniczny: Monika Goebel, Beata Stankiewicz, Barbara Sudoł

© *Copyright by Ireneusz Baic*

© *Copyright by Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*

Printed in Poland
Kraków 2015
ISSN 1895-6823
ISBN 978-83-62922-41-3

Spis treści

1. Depozyty mułów węglowych wtórnymi złożami węgla energetycznego	7
1.1. Wprowadzenie	7
1.2. Wytwarzanie mułów węglowych	8
1.3. Muły złożami antropogenicznymi węgla	9
1.4. Projekt rozwojowy N R09 0006 06/2009	9
2. Inwentaryzacja istniejących depozytów mułów węglowych na terenie województwa śląskiego – ankietyzacja	11
3. Ilość mułów węglowych w istniejących depozytach na terenie województwa śląskiego – analiza szacunkowa	16
4. Wprowadzenie do kompleksowej oceny przydatności depozytów mułów węglowych w ich energetycznym wykorzystaniu	32
5. Stan badań nad przeróbką, wzbogacaniem i gospodarczym wykorzystaniem mułów węglowych	35
6. Identyfikacja jakościowa depozytów mułów węglowych	38
6.1. Parametry chemiczne depozytów mułów węglowych	39
6.1.1. Analiza tlenkowa	39
6.1.2. Analiza zawartości metali	39
6.1.3. Analiza składu chemicznego ekstraktów wodnych	50
6.1.4. Wnioski z badań parametrów chemicznych depozytów mułów węglowych	50
6.2. Parametry fizyczne depozytów mułów węglowych	51
6.2.1. Badanie składu granulometrycznego	51
6.2.2. Badanie składu densymetrycznego	71
6.2.3. Wnioski z badań parametrów fizycznych depozytów mułów węglowych	79
7. Technologie wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych	83
7.1. Badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu metodą flotacji	84
7.2. Badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu metodą wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reicherta typu LD	87
7.3. Badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu metodą wzbogacania z wykorzystaniem hydrocyklonu klasyfikującego	90
7.4. Badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu metodą wzbogacania w klasyfikatorze odśrodkowym	92
7.5. Podsumowanie wyników wzbogacania depozytów mułów węglowych	95
8. Układy technologiczne do wzbogacania depozytów mułów węglowych – założenia techniczne, koncepcje technologiczne i wskaźniki kosztowe	98

8.1. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych – klasyfikacja hydrauliczna z wykorzystaniem hydrocyklonów	99
8.2. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych w klasyfikatorach odśrodkowych	100
8.3. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych w separatorach zwojowych	103
8.4. Wzbogacanie flotacyjne depozytów mułów węglowych	106
8.5. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych w separatorach bębnowych MGS	108
8.6. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych w złożonych układach technologicznych	110
8.7. Granulowanie depozytów mułów węglowych	113
8.8. Koncepcje technologiczne układów wzbogacania lub granulowania depozytów mułów węglowych	116
8.9. Wskaźniki kosztowe zagospodarowania depozytów mułów węglowych	116
8.10. Założenia organizacyjne zakładów zagospodarowania depozytów mułów węglowych	127
9. Analiza potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych przed i po procesie wzbogacania	129
10. Podsumowanie kompleksowej oceny przydatności depozytów mułów węglowych do ich energetycznego wykorzystania	139
11. Koncepcja kompleksowego programu gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych	145
12. Uwarunkowania prawne w odniesieniu do depozytów mułów węglowych	147
12.1. Akty prawne Unii Europejskiej	147
12.2. Polskie akty prawne	149
12.3. Uznanie przedmiotu lub substancji za produkt uboczny oraz utrata statusu odpadów w świetle ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach	159
12.4. Możliwości przeklasyfikowania depozytów mułów węglowych ze statusu odpadu do statusu produktu	161
12.4.1. Definicja odpadów	161
12.4.2. Klasyfikacja mułów węglowych według katalogu odpadów	162
12.4.3. Problem kwalifikacji mułów węglowych	163
12.4.4. Gospodarowanie mułami węglowymi zdeponowanymi w depozytach	164
12.4.5. Wykorzystanie depozytów mułów węglowych przez elektrownie	166
13. Inne kierunki gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych	169
13.1. Ocena możliwości wykorzystania depozytów mułów węglowych w procesach odzysku prowadzonych poza instalacjami	169
13.2. Ocena możliwości wykorzystania depozytów mułów węglowych w procesach produkcji kruszyw mineralnych	173
14. System oceny oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko	175
14.1. Ocena ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych – aspekt prawny	176
14.2. Ocena ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych – aspekt środowiskowy	176
14.3. Propozycja punktowego systemu oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych	181
15. Ocena potencjalnego oddziaływania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych na środowisko	187
16. Kierunki gospodarczego wykorzystania odpadów powstałych po procesach wzbogacania depozytów mułów węglowych	194

16.1. Wykorzystanie odpadu po wzbogacaniu mułów węglowych jako materiału mineralnego przy produkcji kruszyw sztucznych z osadów ściekowych i szkła odpadowego	195
16.1.1. Założenia technologiczne produkcji kruszyw sztucznych	195
16.1.2. Prace doświadczalne w zakresie otrzymywania kruszyw sztucznych	198
16.1.3. Wyniki badania wymywalności substancji niebezpiecznych z otrzymanych kruszyw sztucznych	201
16.1.4. Wyniki badania nasiąkliwości otrzymanych kruszyw sztucznych	202
16.1.5. Wyniki badania właściwości mechanicznych otrzymanych kruszyw sztucznych	203
16.1.6. Podsumowanie	204
16.2. Wykorzystanie odpadu po wzbogacaniu mułów jako wypełniacza przy produkcji mieszanek związanych hydraulicznie	204
16.2.1. Założenia technologiczne produkcji mieszanek związanych hydraulicznie	204
16.2.2. Prace doświadczalne w zakresie otrzymywania mieszanek związanych hydraulicznie	205
16.2.3. Wyniki badania właściwości mechanicznych otrzymanych mieszanek	207
16.2.4. Podsumowanie	208
17. Podsumowanie kompleksowego programu gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych	209
18. Wnioski końcowe z przeprowadzonych badań i analiz	212
Literatura	214
Analiza wielokierunkowego wykorzystania depozytów mułów węglowych wraz z oceną ich oddziaływania na środowisko – Streszczenie	229
Analysis of multisite use of coal slurry deposits together with their environmental impact assessment – Abstract	232

1. Depozyty mułów węglowych wtórnymi złożami węgla energetycznego

1.1. Wprowadzenie

Eksploracja węgla kamiennego w Polsce prowadzona jest od dwóch wieków. Jej maksymalny rozwój przypadł na lata siedemdziesiąte ubiegłego wieku, gdy wydobycie zbliżyło się do 200 mln Mg rocznie. Wskutek rozpoczętej w 1990 r. restrukturyzacji górnictwa i wyczerpywania się zasobów węgla kamiennego ilość kopalń sukcesywnie maleje. Obecnie funkcjonuje 30 podziemnych zakładów górniczych węgla kamiennego, w tym dwa zakłady prywatne. Równolegle maleje wydobycie węgla kamiennego. W okresie ostatnich 8 lat wydobycie węgla kamiennego zmalało o około 20 mln Mg, by osiągnąć w 2013 r. poziom 76,5 mln Mg. Zmniejszające się wydobycie węgla kamiennego nie spowodowało jednak proporcjonalnego zmniejszenia się ilości wytwarzanych odpadów wydobywczych i przerobczych. Corocznie ten sektor przemysłu wytwarza blisko 30 mln Mg odpadów. Dodatkowo szacuje się, że około 500 mln Mg tego rodzaju odpadów jest już nagromadzone w środowisku (GUS 2012, 2013).

Na przestrzeni ponad stuletniej działalności górnictwa węgla kamiennego na terenie Polski zmieniały się kryteria wartości użytkowej węgla energetycznych i koksowych. Do czasu przemysłowego opanowania flotacji węgla koksowego (późne lata trzydzieste) drobne ziarna urobku, najczęściej poniżej 1,0 mm, traktowane były jako odpady, gdyż nie można było usunąć ówczesnymi metodami przerobczymi ziarn kamienia, które w procesie koksowania powodowały uzyskiwanie koksu o bardzo słabej wytrzymałości. Drobne ziarna węgla energetycznych także uważane były jako odpad, aż do czasu wprowadzenia w energetyce kotłów pyłowych. Spalanie ich w kotłach rusztowych było praktycznie niemożliwe. Z tego też względu drobne ziarna węgla kamiennych były wysiewane z urobku węglowego i składowane w depozytach ziemnych jako produkt niemający możliwości gospodarczego wykorzystania. Po II wojnie światowej część depozytów została wyeksploatowana; nie mniej jednak pozostało dużo zmagazynowanego w ten sposób węgla. Stanowi on w praktyce złożę wtórne – antropogeniczne. Niestety wiele takich złóż, ze względu na upływ czasu, jest obecnie niezidentyfikowanych. Zostały pokryte warstwą gleby i roślinnością.

W latach powojennych, gdy obiegi wodno-mułowe zakładów przerobczych nie były zamknięte, powstające w procesach wzbogacania muły były gromadzone w depozytach

ziemnych. Część z nich była przedmiotem późniejszej wtórnej eksploatacji. Bardzo duża część jednak nadal jest zdeponowana.

Według danych szacunkowych ilość zdeponowanych w środowisku drobnych ziarn węglowych (mułów i miałów) może wynosić do kilkuset milionów ton. W związku z rozwojem techniki wzbogacania i użytkowania drobnych ziarn węglowych, depozyty węglowe (złoża wtórne) mogą być ekonomicznie wykorzystane. Złoża te powinny być przeklasyfikowane ze statusu odpadów do statusu paliwa energetycznego. Wymaga to jednak podjęcia szeregu działań polegających z jednej strony na szczegółowej inwentaryzacji ilościowej i jakościowej zdeponowanych drobnych ziarn węgla, a z drugiej strony na opracowaniu, gdy stwierdzona zostanie taka potrzeba, technologii ich wzbogacania na pełnowartościowe paliwo.

1.2. Wytwarzanie mułów węglowych

Urobek węglowy wydobywany na powierzchnię kopalni składa się z ziarn różnych wymiarów – od brył o wielkości kilkudziesięciu centymetrów, do ziarn poniżej jednego milimetra (a nawet ziarn mikronowych). To zróżnicowanie wynika ze sposobu mechanicznego urabiania pokładów węglowych, transportu oraz przeróbki mechanicznej. W trakcie eksploatacji podziemnej do urobku trafiają też ziarna skały płonnej pochodzącej z występujących w caliznie węglowej przerostów kamiennych, a najczęściej z przybierania stropu i spągu pokładu, gdy jego grubość (miąższość) jest mniejsza niż wysokość eksploatowanej tzw. furty (wycinanej mechanicznie grubości warstwy).

Skała płonna trafiająca do urobku węglowego jest zanieczyszczeniem, które musi być usunięte dla poprawy własności użytkowych sprzedawanego odbiorcom produktu handlowego. Usuwanie zanieczyszczeń odbywa się w zakładach przerobczych w procesach tzw. wzbogacania węgla. Procesy te (wzbogacanie grawitacyjne i flotacyjne) prowadzone są w ośrodku wodnym. Powoduje to, że dodatkowo (oprócz drobnych ziarn w urobku) węgiel kruszy się w procesach transportu pomiędzy urządzeniami w zakładzie przerobczym, a także część urobku ulega procesowi rozmywania (z uwagi na zawartość frakcji ilastych). Najdrobniejsze ziarna trafiają do obiegu wodno-mułowego zakładu przerobczego i najczęściej są usuwane z procesu wzbogacania, trafiając na składowiska nazywane depozytami (stawami osadowymi).

W ubiegłych latach, jak już wspomniano we wprowadzeniu, ziarna mułowe (o uziarnieniu nawet poniżej 0,035 mm) stanowiące do 60% składu ziarnowego mułów były traktowane jako odpady procesów przerobczych. Traktowano je jako odpady, gdyż przez wiele dziesiątków lat nie były przedmiotem zainteresowania odbiorców. Większość tych odpadów była w rzeczywistości paliwem energetycznym.

1.3. Muły złożami antropogenicznymi węgla

Deponowane w stawach osadowych muły węglowe charakteryzowały się różną jakością. W dawnych latach zdarzało się, że do stawów osadowych trafiały inne niż pochodzące z procesów przeróbki produkty. Były to często odpady po spalaniu węgla w lokalnych kotłowniach lub inne usuwane, np. z robót budowlanych czy innych prac powierzchniowych nieużyteczne produkty. W takich przypadkach stawy osadowe stawały się zbiornikami różnych odpadów i najczęściej nie przedstawiały sobą wartości użytkowej. Były to jednak sporadyczne przypadki, ale warto zdawać sobie z tego sprawę, gdy rozpatrywany jest problem analizy przydatności zdeponowanych mułów w konkretnych badanych depozytach.

Badania jakości i składu ziarnowego niektórych mułów zalegających w depozytach pokazały, że kilkanaście z przebadanych w ubiegłych latach obiektów zawiera interesujące choć stosunkowo niskiej jakości paliwo węglowe. Z tego też względu w ostatnich latach wzrosło zainteresowanie ich energetycznym wykorzystaniem. Wiele depozytów ziemnych było eksploatowanych, a pozyskany z nich muł dodawany był do miałów węglowych. Tworzono mieszanki energetyczne albo na kopalni, albo u użytkowników.

O przydatności zdeponowanych mułów węglowych decydują ich parametry jakościowe: zawartość popiołu i siarki, wartość opałowa, zawartość wilgoci, uziarnienie itp. Muły te, w przypadkach niskich wartości użytecznych można poddać procesom wzbogacania, w trakcie których można z nich usunąć część składników balastowych (siarka, zanieczyszczenie kamienne). Wybór procesów wzbogacania (fizyczne, fizykochemiczne) zależy od właściwości analizowanych mułów. Muły o parametrach jakościowych przydatnych potencjalnym użytkownikom przygotowuje się do transportu i późniejszego gospodarczego wykorzystania, stosując takie procesy przerobcze jak granulowanie, peletyzację, brykietowanie itp.

Obecny stan nauki i techniki, w zakresie inżynierii mineralnej, pozwala już efektywnie wykorzystywać muły w procesach energetycznego spalania. Zdeponowane muły węglowe, dawny odpad, mogą bezpośrednio lub po odpowiednim przygotowaniu stać się pełnowartościowym surowcem energetycznym. Zdeponowane w stawach osadowych muły stają się wtórnym złożem węgla, tzw. złożem antropogenicznym (Baic 2010; Sobko 2010).

1.4. Projekt rozwojowy N R09 0006 06/2009

Przy rozpatrywaniu problemów związanych z gospodarczym wykorzystaniem zdeponowanych mułów węglowych po szczegółowej analizie dostępnej literatury (rozdział 5) autor niniejszej monografii doszedł do wniosku, że zagadnienie to musi zostać rozwiązane w sposób kompleksowy. Po wielu dyskusjach ze specjalistami co do niezbędnego zakresu planowanej pracy a także nad wysokością niezbędnych do jej realizacji środków finansowych postanowiono zgłosić wniosek o ustanowienie projektu rozwojowego.

Głównym celem zgłoszonego projektu rozwojowego pt. „Identyfikacja potencjału energetycznego depozytów mułów węglowych w bilansie paliwowym kraju oraz strategia roz-

woju technologicznego w zakresie ich wykorzystania” realizowanego w latach 2009–2012 było opracowanie rozwiązań, technicznych, organizacyjnych i legislacyjnych wraz ze strategią rozwoju technologicznego zmierzających do wykorzystania zinwentaryzowanych ilościowo i jakościowo depozytów mułów w bilansie paliwowym kraju (PR 2009).

Autor niniejszej monografii był kierownikiem merytorycznym projektu. Opracował metodyki badawcze, prowadził badania, a także nadzorował realizację wszystkich prowadzonych przez współpracujące zespoły prac, a następnie opracowywał analizy i wnioski dla poszczególnych etapów.

Dla osiągnięcia celów projektu sformułowano następujące zadania badawcze:

- inwentaryzacja istniejących obiektów–depozytów mułów węglowych w kraju wraz z określeniem ich stanu formalno prawnego,
- identyfikacja ilościowo-jakościowa depozytów mułów węglowych,
- utworzenie bazy danych zawierających informacje o zidentyfikowanych obiektach – depozytach mułów węglowych,
- ocena oddziaływania obiektów – depozytów mułów węglowych na środowisko,
- opracowanie technologii wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych na pełnowartościowe paliwo dla energetyki zawodowej,
- oszacowanie potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych dla potrzeb energetyki zawodowej,
- opracowanie rozwiązań technicznych, organizacyjnych i prawnych wspierających wykorzystanie istniejących depozytów mułów węglowych w przemyśle energetycznym,
- określenie kierunków gospodarczego wykorzystania odpadów po procesach wzbogacania mułów węglowych nagromadzonych w depozytach,
- opracowanie programu rewitalizacji terenów zdegradowanych po zakończeniu eksploatacji obiektów – depozytów mułów węglowych,
- opracowanie strategii rozwoju technologicznego w zakresie wykorzystania depozytów mułów węglowych w bilansie paliwowym kraju.

2. Inwentaryzacja istniejących depozytów mułów węglowych na terenie województwa śląskiego – ankietyzacja

W ramach realizacji projektu rozwojowego (PR 2009), przeprowadzono w pierwszej kolejności działania mające na celu inwentaryzację depozytów mułów węglowych.

W celu usystematyzowania zbieranych informacji, opracowany został wzór „Karty charakterystyki depozytu mułów węglowych” zawierający następujące bloki tematyczne: dane ogólne, charakterystyka techniczno-eksploatacyjna, charakterystyka hydrogeologiczna, oddziaływanie na otaczające środowisko oraz sposób prowadzenia monitoringu.

Analizie zostały poddane informacje zawarte w funkcjonujących bazach danych, takich jak: Rejestr Obszarów Górniczych (ROG), Baza Danych – MIDAS, Regionalny System Informacji Przestrzennej dla województwa śląskiego (RSIP) oraz dokumenty planistyczne, tj. sprawozdania z realizacji planów gospodarki odpadami, programy ochrony środowiska, przeglądy ekologiczne i in. Stwierdzono, że zakres zawartych w tych bazach i dokumentach planistycznych informacji jest zbyt ogólnikowy i może stanowić jedynie wskazówkę, co do informacji dotyczących właściciela i lokalizacji danego depozytu mułów węglowych. Ponadto zawarte w bazach danych informacje odnośnie do ilości zdeponowanych mułów węglowych nie są na bieżąco aktualizowane, co w obecnej sytuacji rynkowej (zmiana właściciela, eksploatacja, działania rekultywacyjne) uniemożliwia ich wykorzystanie (Sobko, Baic, Blaschke W. 2011; Baic, Sobko, Łukowska 2012).

Z tego też względu przeprowadzono ankietyzację wśród wybranych podmiotów gospodarczych wytwarzających obecnie muły węglowe, władających terenami, na których zlokalizowane są depozyty mułów węglowych oraz instytucji, w gestii których mogą znajdować się dokumenty archiwalne.

Ankietyzacją objęto największych wytwórców odpadów wydobywczych, tj. Kompanię Węglową SA, Katowicki Holding Węglowy SA, Jastrzębską Spółkę Węglową SA, i Południowy Koncern Węglowy SA (obecnie TAURON Wydobycie SA). Zwrócono się także do: Spółki Restrukturyzacji Kopalń SA, gmin zrzeszonych w Stowarzyszeniu Gmin Górniczych, Urzędu Marszałkowskiego Województwa Śląskiego, Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach, Agencji Nieruchomości Rolnych, Agencji Rozwoju Lokalnego oraz Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych. Cennym źródłem informacji okazały się również Archiwa Wyższego Urzędu Górniczego oraz Archiwa Państwowe, w których analizie poddano zgromadzone materiały po byłych funkcjonujących instytucjach zarządzających górnictwem, mianowicie Zjednoczenia i Gwarectwa Węglowe.

Tabela 2.1

Zestawienie zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych

Table 2.1

Inventory of existing coal slurry deposits

Lp.	Numer depozytu	Ilość depozytów [szt.]	Ilość zdeponowanych mułów węglowych [Mg]
1.	K18	1	200 000
2.	K4/1-19	19	1 102 000
3.	K11/1-3	3	1 521 000
4.	K12/1-5	5	65 000
5.	K1/1-2	2	228 000
6.	K17	1	130 000
7.	K2/1-2	2	460 000
8.	K3/1-2	2	1 293 000
9.	K6	1	163 000
10.	K7	1	644 000
11.	K5/1-4	4	620 000
12.	K9/1-2	2	560 000
13.	K10	1	100 000
14.	K8	1	150 000
15.	K13	1	670 000
16.	K14	1	221 000
17.	K15	1	42 250
18.	K16	1	25 000
19.	K19/1-3	3	580 000
20.	K20	1	800 000
21.	K21	1	40 000
22.	K22/1-2	2	1 261 600
23.	K23	1	1 365 000
24.	K24/1-2	2	100 000
25.	W1/1	1	1 629 000
26.	W2/2-3	2	2 498 000
	Razem	62	16 467 850

Ankiety skierowano również do firm działających w obrębie tematyki górniczej, takich jak: Haldex SA, CTL – Maczki Bór, Barosz-Gwimet SA, Haller SA i in.

Efektom przeprowadzonej ankietyzacji i wielokrotnych wizyt w terenie było zlokalizowanie 62 depozytów, w których zdeponowanych zostało prawie 16,5 mln Mg mułów węglowych.

Zestawienie zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych (bez podania informacji o ich lokalizacji oraz użytkownika z uwagi na podpisane z właścicielami obiektów klauzul poufności danych) przedstawiono w tabeli 2.1 (Sobko, Baic, Blaschke W. 2011; Baic, Sobko, Łukowska 2012).

Rysunki 2.1–2.3 przedstawiają przykłady zinwentaryzowanych mułów węglowych.



Rys. 2.1. Widok zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych
Źródło: fot. własne

Fig. 2.1. View of inventoried coal slurry deposits



Rys. 2.2. Widok zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych
Źródło: fot. własne

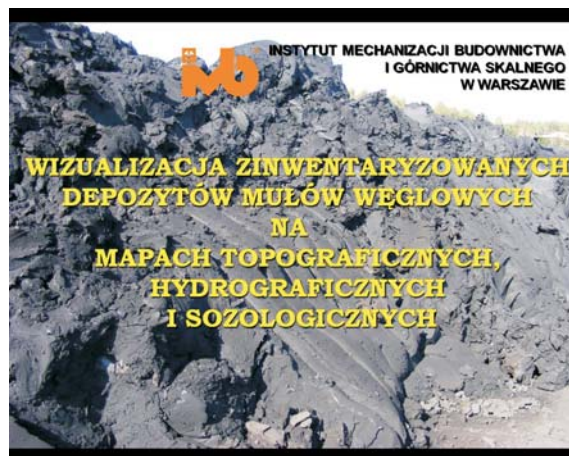
Fig. 2.2. View of inventoried coal slurry deposits



Rys. 2.3. Widok zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych
Źródło: fot. własne

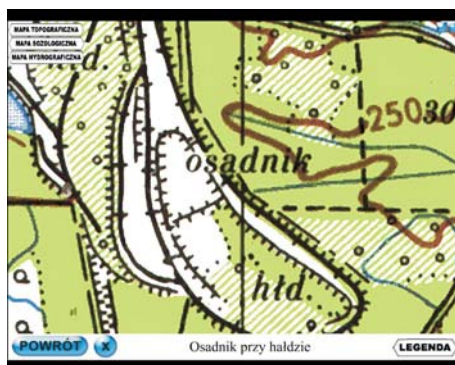
Fig. 2.3. View of inventoried coal slurry deposits

W celu wizualizacji zidentyfikowanych depozytów opracowano autorską animację komputerową prezentującą ich lokalizację na podkładach topograficznych, hydrograficznych i sozologicznych (rys. 2.4–2.7).



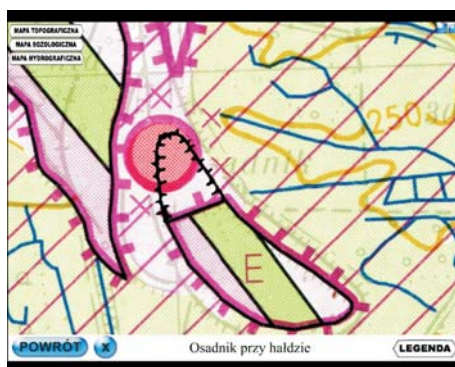
Rys. 2.4. Wizualizacja zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych
Źródło: fot. własne

Fig. 2.4. Visualization of inventoried coal slurry deposits



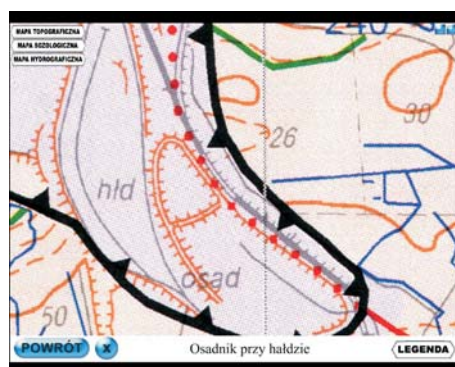
Rys. 2.5. Przykład wizualizacji zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych – mapa topograficzna
Źródło: fot. własne

Fig. 2.5. An example of visualization of inventoried coal slurry deposits – topographic map



Rys. 2.6. Przykład wizualizacji zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych – mapa sozologiczna
Źródło: fot. własne

Fig. 2.6. An example of visualization of inventoried coal slurry deposits – sozological map



Rys. 2.7. Przykład wizualizacji zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych – mapa hydrograficzna
Źródło: fot. własne

Fig. 2.7. An example of visualization of inventoried coal slurry deposits – hydrographic map

3. Ilość mułów węglowych w istniejących depozytach na terenie województwa śląskiego – analiza szacunkowa

Przeprowadzona ankietyzacja wśród wybranych podmiotów gospodarczych wytwarzających obecnie muły węglowe oraz władających terenami, na których zlokalizowane są depozyty mułów węglowych wykazała, że w środowisku znajduje się ponad 16,5 mln Mg depozytów mułów węglowych. Depozyty te wykorzystane wprost lub poprzez zastosowanie odpowiednich technologii wzbogacania mogą stanowić cenny surowiec dla energetyki.

Z uwagi na fakt, że część terenów na których deponowane były w latach 1945–1989 muły węglowe uległa przeobrażeniom antropogenicznym na tereny rekreacyjne, tereny przemysłowe, zbiorniki wodne itp., opracowano prostą zależność (formułę) matematyczną umożliwiającą określenie z dokładnością do 1 tys. Mg ilości wytwarzanych i deponowanych w tym okresie mułów węglowych.

Formuła przedstawia się następująco:

$$M = W \cdot (W_M - W_K) - R_{MW} - M_0 \quad (3.1)$$

- gdzie: M – ilość zdeponowanego mułu węglowego [Mg],
W – produkcja węgla kamiennego [Mg],
 W_M – ilość węgla, który został wzbogacony mechanicznie i jego udział w ogólnym wydobyciu [%],
 W_K – ilość węgla płukanego sprzedanego, uzyskanego po odwodnieniu i rozklasyfikowaniu na sortymenty handlowe i jego udział w ogólnym wydobyciu [%],
 R_{MW} – rozchód mułów węglowych [Mg],
 M_0 – muły z tzw. konta „0” – ilość mułów pozyskana z depozytów w celu sprzedaży w danym roku [Mg].

Dodatkowo wprowadzono wskaźniki umożliwiające poprawną interpretację uzyskiwanej wielkości produkcji oraz śledzenie i analizę szacunkową produkcji mułów węglowych. Należą do nich:

Udział mułu węglowego w ogólnym wydobyciu [UMW].

$$UMW = R \cdot 100/W \quad (3.2)$$

gdzie: UMW – udział mułu węglowego w ogólnym wydobyciu [%],
 R – rozchód mułu [Mg],
 W – wydobycie [Mg].

Roczna zdolność przeróbca [RZP]

$$RZP = ZP \cdot T \cdot D \quad (3.3)$$

gdzie: RZP – roczna zdolność przeróbca [Mg/rok],
 ZP – zdolność przeróbca tj. ilość urobku możliwa do skierowania do procesu wzbogacania na mokro [Mg/h],
 T – czas pracy dobowej zakładów przeróbczych – przyjęto 16 h [h/dobę],
 D – liczba dni wydobywczych w górnictwie w danym roku [doba/rok].

Wykorzystanie rocznej zdolności przeróbczej [WRZP]

$$WRZP = WM \cdot 100/RZP \quad (3.4)$$

gdzie: WRZP – wykorzystanie rocznej zdolności przeróbczej [%],
 WM – ilość węgla wzbogacana mechanicznie [Mg/rok],
 RZP – roczna zdolność przeróbca [Mg/rok].

Wszystkie sformułowane w opracowanym wzorze wskaźniki stanowią logiczną interpretację i wynikają z analizy procesów produkcyjnych, mających miejsce w zakładach przeróbczych węgla kamiennego. Szczegółowe dane dotyczące wielkości wydobycia (pro-

Tabela 3.1

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1945–1949

Table 3.1

Coal production and amount coal slurry in the years 1945–1949

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1945–1949							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1945	1946	1947	1948	1949
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	27 366	47 288	59 130	70 262	74 104
2.	Rozchód mułów węglowych	tys. Mg	18	62	164	bd.	bd.
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5
5.	Udział koncentratu	%	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0

bd. – brak danych

dukcji) oraz udziału węgla wzbogaconego mechanicznie pochodzą z wydawanego corocznie opracowania pt. „Statystyka Przemysłu Węglowego” (SPW 1945–1989).

W tabelach 3.1–3.28 zaprezentowano wyniki wydobycia i produkcji węgla kamiennego oraz obliczeń ilości zdeponowanych mułów węglowych za okres od 1945 do 1989 roku.

Tabela 3.2

Ilość zdeponowanych w latach 1945–1949 mułów węglowych

Table 3.2

Amount of deposited coal slurry in the years 1945–1949

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1945–1949							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1945	1946	1947	1948	1949
1.	Ilość węgla wzbogaconego mechanicznie	tys. Mg	6 978	12 058	15 078	17 917	18 897
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	6 568	11 349	14 191	16 863	17 785
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	410	709	887	1 054	1 112
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	18	62	164	bd.	bd.
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	392	647	723	1 054	1 112

bd. – brak danych

Tabela 3.3

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1945–1949

Table 3.3

Total assets of deposited coal slurry in the years 1945–1949

Suma bilansowa ogólna w latach 1945–1949							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1945	1946	1947	1948	1949
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	392	1 040	1 370	2 424	3 536
2.	Zdolność przeróbca	Mg/h	3 890	3 890	4 668	5 507	5 290
3.	Roczna zdolność przeróbca	tys. Mg/rok	19 543	19 543	23 452	27 667	27 338
4.	Wykorzystanie zdolności przeróbczej	%	61,7	61,7	64,3	64,8	69,1

Tabela 3.4

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1950–1954

Table 3.4

Coal production and amount coal slurry in the years 1950–1954

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1950–1954							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1950	1951	1952	1953	1954
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	78 001	82 000	84 400	88 719	91 619
2.	Rozchód mułów węglowych	tys. Mg	460	884	1 394	1 818	2 642
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	524	840	1 546
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	25,0	24,6	24,9	26,2	26,5
5.	Udział koncentratu	%	24,3	23,3	23,6	23,4	22,4

Tabela 3.5

Ilość zdeponowanych w latach 1950–1954 mułów węglowych

Table 3.5

Amount of deposited coal slurry in the years 1950–1954

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1950–1954							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1950	1951	1952	1953	1954
1.	Ilość węgla wzbogacanego mechanicznie	tys. Mg	19 500	20 172	21 026	23 244	24 279
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	18 954	19 106	19 928	20 760	20 523
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	546	1 066	1 098	2 484	3 756
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	460	884	1 394	1 818	2 642
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	524	840	1 546
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	86	182	–820	–174	–432

Tabela 3.6

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1950–1954

Table 3.6

Total assets of deposited coal slurry in the years 1950–1954

Suma bilansowa ogólna w latach 1950–1954							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1950	1951	1952	1953	1954
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	3 622	3 804	2 983	2 810	2 378
2.	Zdolność przeróbcza	Mg/h	5 471	5 847	5 668	5 565	6 073
3.	Roczna zdolność przeróbcza	tys. Mg/rok	28 274	30 591	29 927	29 650	32 745
4.	Wykorzystanie zdolności przeróbczej	%	69,0	65,9	70,3	78,4	74,1

Tabela 3.7

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1955–1959

Table 3.7

Coal production and amount coal slurry in the years 1955–1959

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1955–1959							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1955	1956	1957	1958	1959
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	94 476	95 149	94 096	94 981	99 106
2.	Rozchód mułów węglowych	tys. Mg	2 641	2 256	2 187	1 867	2 015
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	1 453	946	600	306	195
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	27,0	26,9	27,4	28,0	29,1
5.	Udział koncentratu	%	23,1	23,5	23,7	24,5	25,5

Tabela 3.8

Ilość zdeponowanych w latach 1955–1959 mułów węglowych

Table 3.8

Amount of deposited coal slurry in the years 1955–1959

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1955–1959							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1955	1956	1957	1958	1959
1.	Ilość węgla wzbogacanego mechanicznie	tys. Mg	25 509	25 595	25 782	26 595	28 840
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	21 824	22 360	22 301	23 270	25 272
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	3 685	3 235	3 482	3 324	3 568
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	2 641	2 256	2 187	1 867	2 015
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	1 453	946	600	306	195
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	–409	33	695	1 151	1 358

Tabela 3.9

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1955–1959

Table 3.9

Total assets of deposited coal slurry in the years 1955–1959

Suma bilansowa ogólna w latach 1955–1959							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1955	1956	1957	1958	1959
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	1 968	2 002	2 696	3 848	5 205
2.	Zdolność przerobcza	Mg/h	6 204	6 690	8 034	7 650	8 385
3.	Roczna zdolność przerobcza	tys. Mg/rok	32 856	35 216	40 877	37 699	41 858
4.	Wykorzystanie zdolności przerobczej	%	77,6	72,7	63,1	70,5	68,9

Tabela 3.10

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1960–1964

Table 3.10

Coal production and amount coal slurry in the years 1960–1964

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1960–1964							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1960	1961	1962	1963	1964
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	104 438	106 606	109 604	113 150	117 354
2.	Rozchód mułów węglowych	tys. Mg	2 016	2 347	2 474	2 632	2 817
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	110	48	101	121	203
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	30,4	32,3	32,3	33,8	36,0
5.	Udział koncentratu	%	26,5	28,0	28,9	29,1	31,0

Tabela 3.11

Ilość zdeponowanych w latach 1960–1964 mułów węglowych

Table 3.11

Amount of deposited coal slurry in the years 1960–1964

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1960–1964							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1960	1961	1962	1963	1964
1.	Ilość węgla wzbogacanego mechanicznie	tys. Mg	31 749	34 434	35 402	38 245	42 247
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	27 676	29 850	31 676	32 297	36 380
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	4 073	4 584	3 727	5 318	5 868
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	2 016	4 584	2 474	2 632	2 817
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	110	48	101	121	203
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	1 947	2 189	1 152	2 565	2 848

Tabela 3.12

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1960–1964

Table 3.12

Total assets of deposited coal slurry in the years 1960–1964

Suma bilansowa ogólna w latach 1960–1964							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1960	1961	1962	1963	1964
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	7 152	9 341	10 493	13 058	15 906
2.	Zdolność przeróbcza	Mg/h	8 813	10 629	10 044	10 629	12 560
3.	Roczna zdolność przeróbcza	tys. Mg/rok	43 952	49 952	49 786	53 366	62 699
4.	Wykorzystanie zdolności przeróbczej	%	72,2	68,9	71,1	67,4	61,0

Tabela 3.13

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1965–1969

Table 3.13

Coal production and amount coal slurry in the years 1965–1969

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1965–1969							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1965	1966	1967	1968	1969
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	118 831	121 979	123 881	128 634	135 010
2.	Rozchód mułów węglowych	tys. Mg	2 991	3 229	3 446	3 619	3 653
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	199	0	0	0	0
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	39,7	45,1	47,5	48,7	48,9
5.	Udział koncentratu	%	34,2	39,3	41,9	43,6	43,4

Tabela 3.14

Ilość zdeponowanych w latach 1965–1969 mułów węglowych

Table 3.14

Amount of deposited coal slurry in the years 1965–1969

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1965–1969							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1965	1966	1967	1968	1969
1.	Ilość węgla wzbogacanego mechanicznie	tys. Mg	47 176	55 013	58 843	62 645	66 020
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	40 640	47 938	51 906	56 084	758 594
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	6 536	7 075	6 937	6 560	7 426
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	2 991	3 229	3 446	3 619	3 653
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	155	0	0	0	0
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	3 346	3 846	3 491	2 941	3 773

Tabela 3.15

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1965–1969

Table 3.15

Total assets of deposited coal slurry in the years 1965–1969

Suma bilansowa ogólna w latach 1965–1969							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1965	1966	1967	1968	1969
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	19 251	23 096	26 589	29 530	33 302
2.	Zdolność przeróbcza	Mg/h	15 841	18 374	19 227	18 884	22 598
3.	Roczna zdolność przeróbcza	tys. Mg/rok	77 354	89 959	93 212	92 456	111 001
4.	Wykorzystanie zdolności przeróbczej	%	61,0	61,2	63,1	678	59,5

Tabela 3.16

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1970–1974

Table 3.16

Coal production and amount coal slurry in the years 1970–1974

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1970–1974							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1970	1971	1972	1973	1974
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	140 101	145 491	150 697	156 630	162 002
2.	Rozchód mułów węglowych	tys. Mg	4 303	3 787	3 696	3 833	5 066
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	48,3	47,9	49,5	49,6	49,7
5.	Udział koncentratu	%	43,0	42,8	44,5	44,7	44,8

Tabela 3.17

Ilość zdeponowanych w latach 1970–1974 mułów węglowych

Table 3.17

Amount of deposited coal slurry in the years 1970–1974

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1970–1974							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1970	1971	1972	1973	1974
1.	Ilość węgla wzbogacanego mechanicznie	tys. Mg	67 669	69 690	74 595	677 688	80 515
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	60 243	62 270	67 060	70 014	72 577
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	7 425	7 420	7 535	7 675	7 938
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	4 303	3 787	3 696	3 833	5 066
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	3 122	3 633	3 839	3 842	2 872

Tabela 3.18

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1970–1974

Table 3.18

Total assets of deposited coal slurry in the years 1970–1974

Suma bilansowa ogólna w latach 1970–1974							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1970	1971	1972	1973	1974
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	36 425	40 058	43 897	47 739	50 610
2.	Zdolność przeróbca	Mg/h	23 276	26 376	29 415	33 673	33 993
3.	Roczna zdolność przeróbca	tys. Mg/rok	115 076	129 136	135 404	142 603	164 863
4.	Wykorzystanie zdolności przeróbczej	%	58,8	54,0	55,1	54,5	48,8

Tabela 3.19

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1975–1979

Table 3.19

Coal production and amount coal slurry in the years 1975–1979

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1975–1979							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1975	1976	1977	1978	1979
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	171 625	179 303	186 112	192 622	201 004
2.	Rozchód mułu	tys. Mg	5 838	5 297	4 364	4 514	4 364
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	48,7	47,1	47,1	46,9	46,9
5.	Udział koncentratu	%	43,7	42,4	42,4	42,1	42,1

Tabela 3.20

Ilość zdeponowanych w latach 1975–1979 mułów węglowych

Table 3.20

Amount of deposited coal slurry in the years 1975–1979

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1975–1979							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1975	1976	1977	1978	1979
1.	Ilość węgla wzbogacanego mechanicznie	tys. Mg	83 581	84 452	87 659	90 340	94 271
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	75 000	76 024	78 911	81 094	84 623
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	8 581	8 427	8 747	9 246	9 648
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	8 581	5 297	4 364	4 514	4 514
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	2 743	3 130	4 383	4 732	5 284

Tabela 3.21

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1975–1979

Table 3.21

Total assets of deposited coal slurry in the years 1975–1979

Suma bilansowa ogólna w latach 1975–1979							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1975	1976	1977	1978	1979
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	53 354	56 484	60 867	65 599	70 883
2.	Zdolność przeróbcza	Mg/h	33 993	bd.	bd.	bd.	bd.
3.	Roczna zdolność przeróbcza	tys. Mg/rok	166 429	bd.	bd.	bd.	bd.
4.	Wykorzystanie zdolności przeróbczej	%	50,2	bd.	bd.	bd.	bd.

bd. – brak danych

Tabela 3.22

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1980–1984

Table 3.22

Coal production and amount coal slurry in the years 1980–1984

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1980–1984							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1980	1981	1982	1983	1984
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	193 121	163 022	189 314	191 092	191 592
2.	Rozchód mułów węglowych	tys. Mg	5 611	2 707	2 469	2 419	1 977
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	43,5	41,1	41,1	42,0	42,7
5.	Udział koncentratu	%	38,2	37,0	38,1	38,9	38,6

Tabela 3.23

Ilość zdeponowanych w latach 1980–1984 mułów węglowych

Table 3.23

Amount of deposited coal slurry in the years 1980–1984

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1980–1984							
Lp.	Wyszczególnienie	jednostka	Lata				
			1980	1981	1982	1983	1984
1.	Ilość węgla wzbogacanego mechanicznie	tys. Mg	84 008	67 002	77 808	80 259	81 810
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	73 772	60 318	70 046	72 806	74 529
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	10 235	6 684	7 762	7 453	7 280
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	5 611	2 707	2 469	2 419	1 987
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	4 624	3 977	5 293	5 034	5 303

Tabela 3.24

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1980–1984

Table 3.24

Total assets of deposited coal slurry in the years 1980–1984

Suma bilansowa ogólna w latach 1980–1984							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1980	1981	1982	1983	1984
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	70 224	74 201	79 493	84 527	89 831
2.	Zdolność przeróbcza	Mg/h	bd.	bd.	bd.	bd.	bd.
3.	Roczna zdolność przeróbcza	tys. Mg/rok	bd.	bd.	bd.	bd.	bd.
4.	Wykorzystanie zdolności przeróbczej	%	bd.	bd.	bd.	bd.	bd.

bd. – brak danych

Tabela 3.25

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1985–1989

Table 3.25

Coal production and amount coal slurry in the years 1985–1989

Wydobycie węgla i produkcja mułów węglowych w latach 1985–1989							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1985	1986	1987	1988	1989
1.	Wydobycie węgla	tys. Mg	191 642	192 080	193 011	193 015	177 633
2.	Rozchód mułów węglowych	tys. Mg	2 024	2 050	1 917	1 756	1 257
3.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
4.	Udział węgla wzbogacanego mechanicznie	%	42,7	43,2	43,1	42,9	42,0
5.	Udział koncentratu	%	38,6	38,9	39,0	38,7	38,0

Tabela 3.26

Ilość zdeponowanych w latach 1985–1989 mułów węglowych

Table 3.26

Amount of deposited coal slurry in the years 1985–1989

Ilość wyprodukowanych mułów węglowych wyliczona na podstawie obu wskaźników w latach 1985–1989							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1985	1986	1987	1988	1989
1.	Ilość węgla wzbogacanego mechanicznie	tys. Mg	81 831	82 979	83 188	82 803	74 606
2.	Ilość uzyskanego koncentratu	tys. Mg	73 974	74 719	75 274	74 697	67 501
3.	Ilość wyprodukowanych mułów węglowych	tys. Mg	7 857	8 259	7 913	8 107	7 105
4.	Ilość sprzedanych mułów węglowych	tys. Mg	2 024	2 050	1 917	1 756	1 257
5.	Muły z tzw. konta „0”	tys. Mg	0	0	0	0	0
6.	Depozyt mułowy	tys. Mg	5 833	6 209	5 996	6 351	5 848

Tabela 3.27

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1985–1989

Table 3.27

Total assets of deposited coal slurry in the years 1985–1989

Suma bilansowa ogólna w latach 1985–1989							
Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Lata				
			1985	1986	1987	1988	1989
1.	Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	tys. Mg	95 664	101 873	107 870	114 220	120 069
2.	Zdolność przerobcza	Mg/h	bd.	bd.	bd.	bd.	bd.
3.	Roczna zdolność przerobcza	tys. Mg/rok	bd.	bd.	bd.	bd.	bd.
4.	Wykorzystanie zdolności przerobczej	%	bd.	bd.	bd.	bd.	bd.

bd. – brak danych

Tabela 3.28

Suma bilansowa zdeponowanych mułów węglowych w latach 1945–1989

Table 3.28

Total assets of deposited coal slurry in the years 1945–1989

Suma bilansowa ogólna w latach 1945–1989 tys. Mg							
Lata							
Wyszczególnienie	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951
Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	392	1 040	1 370	2 424	3 536	3 622	3 804
Lata							
Wyszczególnienie	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	2 983	2 810	2 378	1 968	2 002	2 696	3 848
Lata							
Wyszczególnienie	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	5 205	7 125	9 341	10 493	13 058	15 906	19 251
Lata							
Wyszczególnienie	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	23 096	26 589	29 530	33 002	36 425	40 058	43 897
Lata							
Wyszczególnienie	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	47 739	50 610	53 354	56 484	60 867	65 599	70 883
Lata							
Wyszczególnienie	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	70 224	74 201	79 493	84 527	89 527	95 664	101 873
Lata							
Wyszczególnienie	1987		1988		1989		
Suma bilansowa + suma z lat poprzednich	107 870		114 220		120 069		

Analiza szacunkowa, przy wykorzystaniu zaprezentowanej formuły matematycznej wykazała, że w środowisku od 1945 r. zdeponowanych zostało blisko 120 mln Mg tego surowca, czyli ośmiokrotnie więcej niż zostało zinwentaryzowane z natury i wykazywane jest obecnie w oficjalnych statystykach.

Większość terenów, na których deponowane były w ubiegłym stuleciu muły węglowe uległa, jak już wcześniej o tym wspomniano, przeobrażeniom antropogenicznym, co uniemożliwia eksploatację i gospodarcze wykorzystanie znajdujących się tam mułów węglowych. Zostały one w części lub w całości zrehabilitowane, stając się terenami rekreacyjnymi bądź terenami, na których prowadzona jest obecnie działalność przemysłowa lub usługowa.

4. Wprowadzenie do kompleksowej oceny przydatności depozytów mułów węglowych w ich energetycznym wykorzystaniu

Celem przedstawionym w rozdziałach 5–9 niniejszej monografii jest kompleksowa ocena przydatności depozytów mułów węglowych do ich energetycznego wykorzystania. Realizacja tego celu wymagała opracowania szeregu zagadnień, z których najistotniejsze to:

- stan badań nad przeróbką i wzbogacaniem mułów węglowych,
- identyfikacja jakościowa zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych,
- technologie wzbogacania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych,
- założenia techniczne, koncepcje technologiczne i wskaźniki kosztowe układów technologicznych wzbogacania depozytów mułów węglowych,
- analiza potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych przed i po procesie wzbogacania.

Efektom przeprowadzonej inwentaryzacji polegającej na ankietyzacji największych wytwórców mułów węglowych władających terenami, na których zlokalizowane są depozyty mułów węglowych i instytucji, w gestii których mogły znajdować się dokumenty archiwalne oraz wielokrotnych wizyt w terenie było zlokalizowanie 62 depozytów, w których zdeponowanych zostało prawie 16,5 mln Mg mułów węglowych.

W celu opracowania najbardziej efektywnych ekonomicznie technologii wzbogacania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych w rozdziale 5 niniejszej monografii zaprezentowano stan badań nad przeróbką i wzbogacaniem mułów węglowych, a w rozdziale 6 autorską metodykę badawczą wraz z wynikami przeprowadzonych badań. Na podstawie przyjętej metodyki określono następnie zakres niezbędnych do przeprowadzenia badań jakościowych próbek mułów węglowych pobranych z 16 wybranych zinwentaryzowanych depozytów. Ograniczenie liczby depozytów będących przedmiotem analizy jakościowej wynikało w głównej mierze z oceny ich statusu formalno-prawnego oraz technologicznych możliwości ich eksploatacji. Badania jakościowe polegały na analizie składu tlenkowego, analizie zawartość metali oraz analizie ekstraktu wodnego w zakresie parametrów podstawowych oraz wszystkich oznaczanych metali. Przeprowadzono również analizy granulometryczne i densymetryczne próbek mułów węglowych, oznaczając dla każdej klasy ziarnowej i frakcji gęstościowej wychody oraz podstawowe parametry fizyczne tj. W_h , A^a , A^d , S_t^a , S_t^d , V^a , V^d , Q^a i Q^d .

Na podstawie tych badań w rozdziale 7 niniejszej monografii zaprezentowano wyniki badań wzbogacania depozytów mułów węglowych z wybranych depozytów w celu uzyskania

koncentratu węglowego o dobrych parametrach energetycznych. Badania te przeprowadzono, stosując:

- metodę flotacji,
- metodę wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reichert typu LD4,
- metodę wzbogacania z wykorzystaniem siły odśrodkowej w:
 - hydrocyklonie klasyfikującym,
 - klasyfikatorze odśrodkowym.

W celu umożliwienia ewentualnego wdrożenia na skalę przemysłową analizowanych metod wzbogacania w rozdziale 8 monografii przedstawiono założenia techniczne poszczególnych węzłów układów technologicznych. Analizie poddano standardowe węzły technologiczne, które funkcjonują w zakładach przeróbki i wzbogacania surowców mineralnych, w tym głównie węgla kamiennego. Są to węzły przygotowania nadawy, wzbogacania nadawy, odwadniania koncentratu, odwadniania odpadów i klarowania wód obiegowych. Z uwagi na fakt, że najważniejszymi elementami w tych ciągach technologicznych są węzły wzbogacania, zdefiniowane zostały dla nich bilanse masowo-objętościowe, które następnie stały się podstawą doboru parametrów technicznych pozostałych węzłów w układach technologicznych zakładów wzbogacania.

Analizę przeprowadzono dla technologii wzbogacania depozytów mułów węglowych w:

- hydrocyklonach klasyfikujących,
- klasyfikatorach odśrodkowych,
- separatorach spiralnych Reicherta,
- maszynach flotacyjnych,
- separatorach bębnowych MGS,
- hydrocyklonach klasyfikujących i maszynach flotacyjnych,
- hydrocyklonach klasyfikujących i separatorach spiralnych Reicherta.

Następnie na podstawie wyników przeprowadzonych analiz konfiguracji technologicznych oraz zakładanego czasu eksploatacji depozytu przedstawiono siedemnaście różnych koncepcji układów technologicznych wzbogacania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych.

Dla każdej koncepcji określono również wskaźniki kosztowe. Opracowane zostały one na podstawie oszacowanych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

Składniki kosztów inwestycyjnych przyjęto, opierając się na dostępnych kalkulacjach udostępnionych przez specjalistyczne biura projektujące nowe zakłady i modernizujące istniejące zakłady przeróbki i wzbogacania surowców mineralnych, zwłaszcza zakładów wzbogacania węgla kamiennego. W analizowanych składnikach kosztowych nie uwzględniono kosztów dotyczących branży budowlanej, z uwagi na istotny problem w ich oszacowaniu bez konkretnych wskazań lokalizacyjnych. Składniki kosztów eksploatacyjnych przyjęto mając za podstawę przeciętne ceny mediów wykorzystywanych w procesach wzbogacania, ceny podstawowych materiałów eksploatacyjnych oraz koszty utrzymania załogi. W oszacowanych kosztach eksploatacyjnych nie uwzględniono

opłat eksploatacyjnych wnoszonych na rzecz właściciela depozytu, opłat środowiskowych itp.

Z opisanych względów wyniki przeprowadzonej analizy kosztów przedsięwzięcia i możliwych zysków stanowią dla potencjalnego inwestora jedynie wskazówkę co do przybliżonej efektywności ekonomicznej budowy zakładu wykorzystującego określoną technologię wzbogacania depozytów mułów węglowych.

W rozdziale 9 tej części monografii zaprezentowano wyniki analizy potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych przed i po procesie wzbogacania. Oszacowania potencjału energetycznego dokonano przy wykorzystaniu autorskiego dwuwariantowego algorytmu.

5. Stan badań nad przeróbką, wzbogacaniem i gospodarczym wykorzystaniem mułów węglowych

Zagadnienia przeróbki i wzbogacania mułów węglowych były przedmiotem badań od kilkudziesięciu lat. Zajmowano się przede wszystkim możliwościami ograniczenia ilości najdrobniejszych ziarn węglowych (mułów), które trafiały do obiegów wodno-mułowych zakładów przerobczych (Blaschke S. 1955, 1984; Battaglia 1958; Battaglia, Blaschke J. 1968; Sówka, Lisoń, Piecuch 1972; Nawrocki 1975; Girczys 1996). Prace powyższe (nie przytoczono wszystkich publikacji) zajmowały się problemami mułów węglowych z punktu widzenia gospodarki wodno-mułowej. Istotnym problemem było zagęszczanie i sedymentacja mułów (Sówka 1967; Mielecki, Romańczyk, Tobiczyn 1967; Jondro, Szulowska, Karoń 1983; Sękowski, Kobuz, Pawłaszek 1983; Reiser, Wróbel 1989; Białas M., Białas J., Lutyński, Kasztan, Narloch 2001; Piecuch 1976, 2011).

Przeprowadzono szereg prac nad możliwościami wzbogacania mułów węglowych metodą flotacji (Gaudin 1963; Klässen 1966; Sablik, Bednarska, Olszówka 1977; Sablik, Pawlik 1980; Sablik, Brzezina 1981, 1992; Sablik, Wierzchowski 1985; Brzezina, Sablik 1991; Drogoń 1992; Małysa, Sanak-Rydlewska, Siekierka 1992a, b; Wierzchowski, Sablik 1993; Brzezina 1994; Majka-Myrcha, Białas 1994; Iskra, Błaszczński, Szulowska 1995; Majka-Myrcha, Białas 1995; Sablik 1997, 1998; Dyla, Małysa, Siekierka 1997; Fečko, Drobik, Stahavcova 1998; Thomas, Vidlar, Pawlik 2013).

Wykonano prace nad przyspieszaniem procesów zagęszczania mułów węglowych metodą flokulacji a także nad wzbogacaniem metodą selektywnej flokulacji (Sówka J., Lekki, Sówka R. 1969; Blaschke Z. 1972; Blaschke Z., Sanak 1975; Blaschke Z. 1976; Blaschke Z. 1977; Blaschke Z. 1978a, 1978b; Marciniak-Kowalska 1984; Kintiszewa-Dimitrowa R., Stoew 1987; Blaschke Z., Sanak-Rydlewska 1994; Tobiczyn, Ligocka 1994; Blaschke Z. 1994).

Badano możliwości wzbogacania mułów węglowych metodami aglomeracji olejowej i sferycznej (Romańczyk, Lasek 1976; Waksmundzki, Białopiotrowicz 1978, 1994; Blaschke Z. 1981, 1982, 1987, 1990, 1994, 2002; Sablik 1988; Zbraniborski, Karuga 1994).

Prowadzono prace nad wzbogacaniem mułów w hydrocyklonach (Nowak 1970; Lisoń, Sówka J, Sówka R. 1975; Wieniewski, Gramała, Szczerba 1994; Pyka 2004).

Analizowano także możliwości wzbogacania mułów: na stołach koncentracyjnych (Filipowicz, Banaszewski 1998; Banaszewski, Filipowicz 1999), we wzbogacalnikach strumieniowych (Blaschke W., Blaschke S. 1999), we wzbogacalnikach zwojowych (Blaschke Z.

2000; Blaschke Z., Blaschke W. 2000; Blaschke Z., Blaschke S.A. 2011), z wykorzystaniem wirówek (Hycnar 2002), w cieczach ciężkich z wykorzystaniem wirówki (Kordek, Szymańska-Czaja 1995), poprzez zastosowanie procesu grudkowania (granulowania) (Kuczyńska 1978, 1980; Heim 2005, Baic, Hycnar, Fraś, Przysaś, Józefiak 2011, 2012; Baic, Hycnar, Fraś, Przysaś, Szymkiewicz 2012a, 2012b; Kugiel, Piekło 2012, Baic 2012, 2013; Hycnar, Fraś, Przysaś, Józefiak, Baic 2012; Hycnar, Fraś, Przysaś, Józefiak, Baic, Szymkiewicz 2012).

Badano możliwości gospodarczego wykorzystania mułów węglowych: w energetyce (Blaschke Z. 1981; Górski 2003; Lorenz, Ozga-Blaschke, Grudziński 2004, 2005; Wierzchowski, Aleksa, Dyduch 2005; Hycnar, Fołtyn, Olkusiński, Blaschke S.A. 2005; Hycnar 2006), w rekultywacji gleby (Woźniakowski, Kuczyńska 1992; Girczys 1997; Girczys, Caban-Pabian, Pieńkowski 1999; Strzyszczyński, Łukasik 2008; Maczarski, Grabowski 2008), jako substytutów kruszyw (Tramer, Kuśnierz, Laska, Waliński 1994; Doniecki 2011).

Opublikowano prace wskazujące na możliwość zagospodarowania mułów węglowych w innych gałęziach gospodarki (Piecuch 1996; Nowak, Kuczyńska 2000; Hycnar, Bugajczyk 2004; Lutyński 2009; Lutyński, Szpyrka 2010a, 2010b; Doniecki 2011).

W niektórych pracach zajęto się także problemami ekonomicznymi a zwłaszcza kosztami pozyskania mułów węglowych (Białas J., Majka-Myrcha, Ryncarz, Kabut 1996; Majka-Myrcha, Białas J., Białas M. 1997; Blaschke W. Blaschke S.A. 2004; Blaschke W. 2005, Blaschke W. 2011).

Problematykę mułów węglowych, a zwłaszcza odzysku z nich węgla, omówiono w pracach (Dziwok, Grzesik 2004; Blaschke W., Blaschke Z. 2005; Lutyński 2005; Baic, Duszyc, Paluchiewicz 2009a, 2009b; Lutyński, Szpyrka 2011; Kosmaty 2011; Hlavata, Cablik 2012).

Zwrócono także uwagę na niektóre problemy prawne związane z wykorzystaniem mułów węglowych (Michalak 2003; Gawlik 2004, Gawlik 2005; Lorenz, Ozga-Blaschke 2005).

Analiza literatury dotyczącej problemu przeróbki, wzbogacania i gospodarczego wykorzystania mułów węglowych pokazuje, że prawie wszystkie prace dotyczyły mułów pochodzących z bieżącej produkcji. Były one ukierunkowane na poprawę efektywności gospodarki wodno-mułowej poprzez eliminację najdrobniejszych ziarn węglowych różnymi metodami fizykochemicznymi: flotacja, flokulacja, aglomeracja lub metodami fizycznymi: hydrocyklony, wirówki, stoły koncentracyjne, wzbogacalniki zwojowe, ciecz ciężka. Badano możliwości wykorzystania odzyskanych ziarn węglowych w energetyce, procesach rekultywacji, produkcji substytutów kruszyw, budownictwie ziemnym.

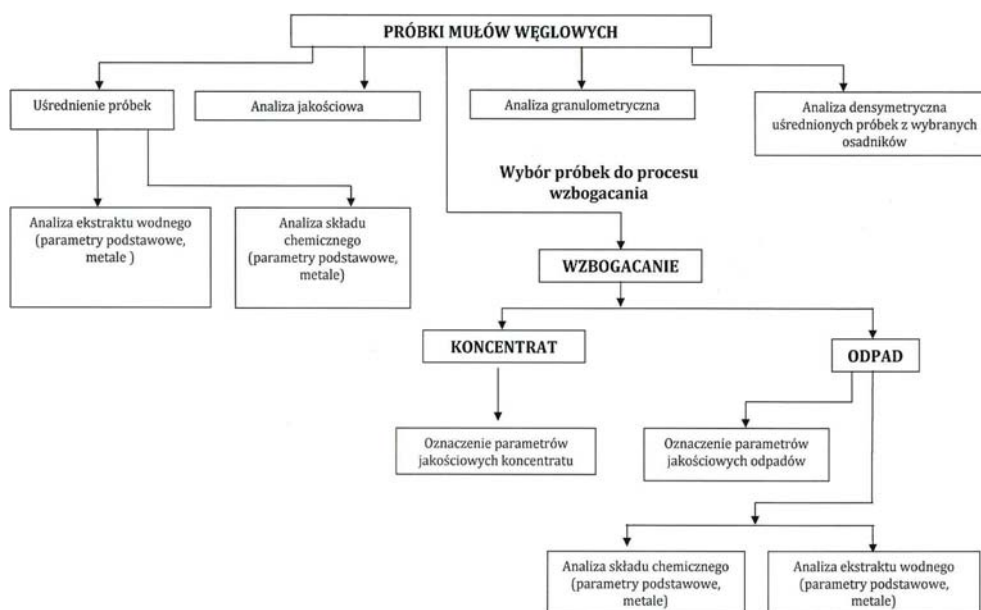
Stosunkowo niewielka ilość prac dotyczyła problematyki mułów węglowych zdeponowanych w depozytach ziemnych. Sytuacja ta potwierdziła konieczność podjęcia kompleksowych badań nad możliwościami wykorzystania depozytów mułów węglowych. Opracowano założenia (Baic, Blaschke W., Szafarczyk 2010) przedstawionego w rozdziale 1.4. projektu rozwojowego.

Rezultaty badań cząstkowych były, zgodnie z zaleceniami NCBiR, publikowane po zakończeniu każdego etapu badań. Niniejsza monografia jest opracowaniem autorskim

kierownika projektu rozwojowego, a także w pewnym sensie podsumowaniem kilkuletnich prac zespołu realizującego cząstkowe etapy projektu rozwojowego. Dla wykonania niniejszej monografii autor uzyskał od wykonawców poszczególnych zadań zgodę na wykorzystanie wyników ujętych w sprawozdaniach z realizacji projektu. Oprócz sprawozdań przekazywanych kierownikowi merytorycznemu w niniejszej monografii wykorzystano, za zgodą autorów i współautorów, rezultaty badań zamieszczone w opublikowanych artykułach prezentujących cząstkowe zadania projektu: (Baic 2010; 2012, 2013a, 2013b; Baic, Blaschke W. 2010, 2012; Baic, Blaschke W., Sobko 2010, 2013; Baic, Blaschke W., Szafarczyk 2010a, 2010b; Baic, Lutyński A., Lutyński M. 2012; Baic, Lutyński A., Szafarczyk 2012; Baic, Sobko 2012a; 2012b; 2012c; Baic, Sobko, Łukowska 2012; Baic, Sobko, Witkowska-Kita, Lutyński A., Suponik 2013; Baic, Witkowska-Kita, Lutyński A. 2012; Baic, Witkowska-Kita, Lutyński A., Suponik 2012; Blaschke W., Baic 2012; Blaschke W., Baic, Sobko 2012; Blaschke W., Baic, Sobko, Lutyński A., Szpyrka 2011; Blaschke W., Baic, Witkowska-Kita, Lutyński A., Suponik 2012; Lutyński A., Baic 2013; Lutyński A., Baic, Lutyński M. 2012; Lutyński A., Baic, Witkowska-Kita 2012; Lutyński A., Lutyński M. 2014; Lutyński A., Suponik, Lutyński M. 2013; Lutyński A., Szpyrka 2011, 2012; Lutyński A., Szpyrka, Baic 2012; Sobko 2010; Sobko, Baic 2011; Sobko, Baic, Blaschke W. 2011; Sobko, Baic, Blaschke W., Lutyński A., Szpyrka 2011; Szafarczyk, Lutyński A., Baic 2012; Szpyrka, Lutyński A. 2012a, 2012b, 2012c; Witkowska-Kita, Baic, Lutyński A., Suponik 2012).

6. Identyfikacja jakościowa depozytów mułów węglowych

W celu opracowania najbardziej efektywnych ekonomicznie technologii wzbogacania zinventaryzowanych depozytów mułów węglowych konieczne jest przeprowadzenie szczegółowych badań jakościowych. Z tego względu opracowana została autorska metodyka badawcza wraz z określeniem zakresu niezbędnych do oznaczenia parametrów fizycznych i chemicznych dla poszczególnych próbek mułów węglowych. Badania wykonano w laboratorium Katedry Przeróbki Kopalini i Utylizacji Odpadów Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej na zlecenie Centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego IMBiGS. Autor uzyskał zgodę na wykorzystanie wyników badań w niniejszej monografii (PSL2 2010, PSL5/2 2010). Oznaczenia były wykonywane według polskich norm oraz odpowiednich procedur badawczych. Na rysunku 6.1 zaprezentowano opracowany na potrzeby identyfikacji jakościowej depozytów mułów węglowych algorytm badawczy.



Rys. 6.1. Algorytm badawczy identyfikacji jakościowej depozytów mułów węglowych

Źródło: opracowanie własne

Fig. 6.1. Testing algorithm of coal slurry deposits quality identification

Zgodnie z tym algorytmem próbki mułów węglowych pobrane z zinwentaryzowanych depozytów poddane zostały w pierwszej kolejności analizie jakościowej (tlenkowej) i granulometrycznej. Następnie dla uśrednionych próbek z poszczególnych depozytów wykonano analizę ich składu chemicznego (parametry podstawowe i metale), analizę ekstraktu wodnego (parametry podstawowe i metale) oraz analizę densymetryczną. Otrzymane wyniki badań umożliwiły wybór depozytów, z których pobrane próbki były poddawane procesom wzbogacania w celu uzyskania koncentratu o jak najlepszych właściwościach energetycznych oraz substancji odpadowej. Uzyskane w zastosowanych procesach wzbogacania produkty (koncentrat i odpad) zostały poddane analizie jakościowej. Dodatkowo dla wydzielonych odpadów przeprowadzono w celu określenia możliwości ich gospodarczego wykorzystania analizę ich składu chemicznego i ekstraktu wodnego.

6.1. Parametry chemiczne depozytów mułów węglowych

6.1.1. Analiza tlenkowa

Parametry chemiczne (analiza tlenkowa) próbek mułów węglowych określono oznaczając w nich zawartość: SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , S_c , C i P_2O_5 . W tabelach 6.1–6.4 zaprezentowano otrzymane wyniki badań składu chemicznego próbek mułów węglowych pochodzących z wybranych 16 zidentyfikowanych depozytów. Ograniczenie liczby depozytów będących przedmiotem analizy jakościowej wynikało w głównej mierze z oceny ich statusu formalno-prawnego oraz technologicznych możliwości ich eksploatacji (PSL2 2010).

Zestawienie granicznych wyników badań składu chemicznego (analizy tlenkowej) dla badanych próbek mułów węglowych pochodzących z wybranych 16 depozytów przedstawiono w tabeli 6.5. Podano w niej również wykaz wykorzystanych polskich norm, według których oznaczono poszczególne parametry chemiczne próbek mułów węglowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań (tab. 6.5) stwierdzono, że głównymi składnikami próbek mułów węglowych są krzemionka (27,81–63,96%) oraz węgiel (11,15–31,80%). Jest to skład chemiczny typowy dla odpadów drobnoziarnistych tego rodzaju.

6.1.2. Analiza zawartości metali

W ramach analizy bezpośredniej próbki mułów węglowych zostały poddane badaniom na obecność następujących metali: arsen, bar, chrom, cyna, cynk, glin, kadm, kobalt, magnez, mangan, miedź, molibden, nikiel, ołów, rtęć, wanad i wapń. Oznaczenia zawartości tych metali zostały wykonane metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-AES), przy użyciu spektrometru JY 2000.

W tabeli 6.6 zaprezentowano otrzymane wyniki analizy bezpośredniej ukierunkowanej na zawartość metali w próbkach mułów węglowych pochodzących z 16 wybranych

Tabela 6.1

Wyniki badań składu chemicznego próbek mułów węglowych pochodzących z depozytów K18, K11/1, K11/2 i K3/1 – analiza tlenkowa

Table 6.1

Results of the chemical composition of coal slurry samples from the coal slurry deposits K18, K11/1, K11/2 i K3/1 – oxide analysis

Lp.	Składnik	Depozyt K18		Depozyt K11/1		Depozyt K11/2		Depozyt K3/1	
		zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]
1.	SiO ₂	27,81–63,96	55,69	28,88–63,96	28,88	27,81–63,96	33,16	27,81–63,96	42,49
2.	Al ₂ O ₃	4,83–10,26	9,28	4,83–10,26	7,70	4,83–10,26	5,69	4,83–10,26	6,32
3.	TiO ₂	0,01–0,30	0,02	0,01–0,17	0,17	0,01–0,30	0,026	0,01–0,30	0,03
4.	Fe ₂ O ₃	0,46–1,78	0,84	0,46–1,78	0,95	0,46–1,78	1,03	0,46–1,78	0,73
5.	CaO	0,01–0,14	0,03	0,01–0,14	0,03	0,01–0,14	0,03	0,01–0,14	0,02
6.	MgO	0,35–1,20	0,77	0,35–1,20	0,97	0,35–1,20	0,99	0,35–1,20	1,20
7.	K ₂ O	1,19–2,98	2,98	1,19–2,98	2,66	1,19–2,98	2,57	1,19–2,98	1,35
8.	Na ₂ O	0,32–1,33	0,79	0,32–1,33	0,90	0,32–1,33	0,81	0,32–1,33	0,81
9.	S _c	0,57–2,98	0,57	0,57–2,98	0,88	0,57–2,98	0,96	0,57–2,98	2,98
10.	C	11,15–31,80	15,53	11,15–31,80	25,45	11,15–31,80	23,05	11,15–31,80	11,15
11.	P ₂ O ₅	0,001–0,015	0,003	0,001–0,015	0,006	0,001–0,015	0,007	0,001–0,015	0,001

Tabela 6.2

Wyniki badań składu chemicznego próbek mułków węglowych pochodzących z depozytów K3/2, K4/1, K4/2 i K4/3 – analiza tlenkowa

Table 6.2

Results of the chemical composition of coal slurry samples from the coal slurry deposits K3/2, K4/1, K4/2 i K4/3 – oxide analysis

Lp.	Składnik	Depozyt K3/2		Depozyt K4/1		Depozyt K4/2		Depozyt K4/3	
		zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]
1.	SiO ₂	27,81–63,96	45,16	27,81–63,96	53,48	27,81–63,96	51,23	27,81–63,96	58,96
2.	Al ₂ O ₃	4,83–10,26	6,89	4,83–10,26	7,26	4,83–10,26	6,74	4,83–10,26	6,24
3.	TiO ₂	0,01–0,30	0,03	0,01–0,30	0,04	0,01–0,30	0,03	0,01–0,30	0,04
4.	Fe ₂ O ₃	0,46–1,78	0,70	0,46–1,78	0,64	0,46–1,78	0,71	0,46–1,78	0,68
5.	CaO	0,01–0,14	0,01	0,01–0,14	0,02	0,01–0,14	0,02	0,01–0,14	0,02
6.	MgO	0,35–1,20	0,93	0,35–1,20	0,44	0,35–1,20	0,35	0,35–1,20	0,40
7.	K ₂ O	1,19–2,98	1,23	1,19–2,98	1,93	1,19–2,98	1,93	1,19–2,98	1,35
8.	Na ₂ O	0,32–1,33	0,81	0,32–1,33	0,67	0,32–1,33	0,66	0,32–1,33	0,66
9.	S _c	0,57–2,98	2,26	0,57–2,98	0,95	0,57–2,98	0,97	0,57–2,98	0,95
10.	C	11,15–31,80	11,58	11,15–31,80	31,6	11,15–31,80	30,25	11,15–31,80	31,80
11.	P ₂ O ₅	0,001–0,015	0,002	0,001–0,015	0,001	0,001–0,015	0,002	0,001–0,015	0,001

Tabela 6.3

Wyniki badań składu chemicznego próbek mułów węglowych pochodzących z depozytów K6, K2/1, K17 i K1/1 – analiza tlenkowa

Table 6.3

Results of the chemical composition of coal slurry deposits K6, K2/1, K17 i K1/1 – oxide analysis

Lp.	Składnik	Depozyt K6		Depozyt K2/1		Depozyt K17		Depozyt K1/1	
		zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]
1.	SiO ₂	27,81–63,96	54,60	27,81–63,96	63,96	27,81–63,96	54,66	27,81–63,96	43,05
2.	Al ₂ O ₃	4,83–10,26	5,66	4,83–10,26	5,61	4,83–10,26	7,10	4,83–10,26	9,22
3.	TiO ₂	0,01–0,30	0,02	0,01–0,30	0,01	0,01–0,30	0,01	0,01–0,30	0,02
4.	Fe ₂ O ₃	0,46–1,78	1,42	0,46–1,78	1,13	0,46–1,78	1,46	0,46–1,78	1,77
5.	CaO	0,01–0,14	0,09	0,01–0,14	0,12	0,01–0,14	0,12	0,01–0,14	0,03
6.	MgO	0,35–1,20	0,49	0,35–1,20	0,48	0,35–1,20	0,90	0,35–1,20	0,56
7.	K ₂ O	1,19–2,98	1,34	1,19–2,98	2,77	1,19–2,98	1,83	1,19–2,98	1,23
8.	Na ₂ O	0,32–1,33	0,44	0,32–1,33	0,62	0,32–1,33	0,48	0,32–1,33	0,40
9.	S _c	0,57–2,98	0,95	0,57–2,98	0,79	0,57–2,98	1,21	0,57–2,98	1,09
10.	C	11,15–31,80	26,05	11,15–31,80	17,54	11,15–31,80	21,50	11,15–31,80	25,00
11.	P ₂ O ₅	0,001–0,015	0,002	0,001–0,015	0,001	0,001–0,015	0,003	0,001–0,015	0,003

Tabela 6.4

Wyniki badań składu chemicznego próbek mułków węglowych pochodzących z depozytów K5/1, K5/2, K5/3 i K5/4 – analiza tlenkowa

Table 6.4

Results of the chemical composition of coal slurry samples from the coal slurry deposits K5/1, K5/2, K5/3 i K5/4 – oxide analysis

Lp.	Składnik	Depozyt K5/1		Depozyt K5/2		Depozyt K5/3		Depozyt K5/4	
		zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]	zawartości graniczne [%]	zawartość średnia [%]
1.	SiO ₂	27,81–63,96	51,46	27,81–63,96	42,77	27,81–63,96	42,57	27,81–63,96	33,57
2.	Al ₂ O ₃	4,83–10,26	6,68	4,83–10,26	5,57	4,83–10,26	4,80	4,83–10,26	6,38
3.	TiO ₂	0,01–0,30	0,02	0,01–0,30	0,02	0,01–0,30	0,02	0,01–0,30	0,02
4.	Fe ₂ O ₃	0,46–1,78	0,81	0,46–1,78	1,43	0,46–1,78	1,46	0,46–1,78	1,61
5.	CaO	0,01–0,14	0,10	0,01–0,14	0,14	0,01–0,14	0,13	0,01–0,14	0,11
6.	MgO	0,35–1,20	0,99	0,35–1,20	1,12	0,35–1,20	1,20	0,35–1,20	0,74
7.	K ₂ O	1,19–2,98	1,49	1,19–2,98	1,35	1,19–2,98	1,19	1,19–2,98	1,23
8.	Na ₂ O	0,32–1,33	0,48	0,32–1,33	0,41	0,32–1,33	0,39	0,32–1,33	0,41
9.	S _c	0,57–2,98	0,94	0,57–2,98	0,97	0,57–2,98	0,92	0,57–2,98	0,94
10.	C	11,15–31,80	25,04	11,15–31,80	23,25	11,15–31,80	30,05	11,15–31,80	25,65
11.	P ₂ O ₅	0,001–0,015	0,001	0,001–0,015	0,003	0,001–0,015	0,001	0,001–0,015	0,002

Tabela 6.5

Zestawienie granicznych wyników badań składu chemicznego próbek mułów węglowych pochodzących z 16 wybranych depozytów

Table 6.5

Summary of limit results of the chemical composition of coal slurry samples from 16 chosen coal slurry deposits

Lp.	Parametr	Zawartości graniczne [%]	Metoda według Polskiej Normy
1.	SiO ₂	27,81–63,96	PN-G-04528/03:1977
2.	Al ₂ O ₃	4,83–10,26	PN-G-04528/04:1977
3.	TiO ₂	0,01–0,30	PN-G-04528/08:1978
4.	Fe ₂ O ₃	0,46–1,78	PN-G-04528/04:1977
5.	CaO	0,01–0,14	PN-G-04528/06:1977
6.	MgO	0,35–1,20	PN-G-04528/07:1977
7.	K ₂ O	1,19–2,98	PN-G-04528/10:1998
8.	Na ₂ O	0,32–1,33	
9.	S _c	0,57–2,98	PN-90/G04514/16
10.	C	11,15–31,80	PN-B-04481:1988
11.	P ₂ O ₅	0,001–0,015	PN-G-04528/11:1979

depozytów (PSL2 2010). Natomiast w tabeli 6.7 przedstawiono wyniki oznaczeń wybranych metali, tj. bar, cynk, kobalt, nikiel i ołów, których zawartość w próbkach mułów węglowych pobranych ze zinventaryzowanych depozytów przekroczyła wartości dopuszczalnych stężeń w glebie i ziemi, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. Nr 165, poz. 1359).

Na podstawie wyników zaprezentowanych w tabeli 6.6 można stwierdzić, że zawartość metali tj. arsen, chrom, cyna, glin, kadm, magnez, mangan, miedź, molibden, rtęć, wanad i wapń w próbkach mułów węglowych pochodzących z 16 wybranych depozytów nie przekroczyła wartości dopuszczalnych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. Nr 165, poz. 1359). Natomiast stwierdzone przekroczenia zawartości kobaltu (w 14 depozytach), baru (w 13 depozytach), cynku (w 5 depozytach) oraz niklu i ołowiu (w 2 depozytach) zaprezentowane w tabeli 6.7 nie wynikają tylko z ich obecności w eksploatowanym złożu, lecz są najprawdopodobniej spowodowane także zanieczyszczeniami antropogenicznymi oraz ich obecnością w gruntach otaczających teren badanych depozytów. W przypadku podjęcia decyzji o gospodarczym wykorzystaniu tych depozytów należałoby przeprowadzić badania szczegółowe głównie w odniesieniu do gruntów otaczających teren depozytów.

Tabela 6.6

Wyniki badań składu chemicznego próbek mułłów węglowych pochodzących z 16 depozytów – zawartość metali

Table 6.6

Results of the chemical composition of coal slurry samples from 16 coal slurry deposits – metal content

Lp.	Metal	Jednostka	Wynik oznaczenia																
			K18	K11/1	K11/2	K3/1	K3/2	K4/1	K4/2	K4/3	K6	K2/1	K17	K1/1	K5/1	K5/2	K5/3	K5/4	
1.	Arsen	mg/kg s.m	15,81	12,68	15,91	5,61	0,51	9,80	9,91	5,52	11,22	5,57	15,66	10,33	3,23	1,76	2,22	3,08	
2.	Bar	mg/kg s.m	417,92	877,98	998,50	1565,36	1123,14	188,20	165,74	179,05	534,67	333,24	777,27	422,37	423,91	708,11	699,84	599,06	
3.	Chrom	mg/kg s.m	2,84	2,47	1,11	1,50	1,54	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,57	<0,004	<0,004	<0,004	
4.	Cyna	mg/kg s.m	3,34	5,67	3,30	2,36	1,89	1,23	1,01	0,99	0,05	1,22	2,01	0,99	1,24	0,99	0,56	0,79	
5.	Cynk	mg/kg s.m	499,69	601,27	399,87	369,32	405,96	120,30	121,63	133,44	89,20	199,34	55,41	12,31	123,22	89,91	78,94	56,06	
6.	Glin	mg/kg s.m	50272,2	40337,1	30123,2	33230,0	35565,2	39000,2	35234,2	33278,3	30123,6	29666,7	37565,3	49565,3	35900,4	29898,3	25589,3	33789,2	
7.	Kadm	mg/kg s.m	1,51	1,28	0,05	1,32	0,88	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,055	<0,002	<0,002	<0,002	
8.	Kobalt	mg/kg s.m	92,67	184,03	230,26	156,32	144,23	85,67	81,22	84,34	10,23	55,68	49,35	38,55	55,22	23,89	11,12	20,33	
9.	Magnez	mg/kg s.m	4663,84	5801,95	5990,62	7200,32	5600,23	2550,00	2125,94	2499,94	2999,34	3001,29	5515,12	3232,64	5691,31	6999,26	7212,33	4563,30	
10.	Mangan	mg/kg s.m	3906,72	3088,91	4555,23	989,32	898,56	1988,76	2120,32	2050,44	4411,21	2323,18	4991,24	5523,11	3336,27	5693,28	5552,22	4989,27	
11.	Miedź	mg/kg s.m	43,31	50,61	40,37	23,64	18,90	11,90	12,09	11,77	5,52	22,19	19,88	17,81	7,78	5,54	3,17	2,89	
12.	Molibden	mg/kg s.m	3,33	3,48	0,11	5,50	4,51	<0,006	<0,006	<0,006	1,20	0,09	0,99	0,88	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	
13.	Nikiel	mg/kg s.m	94,12	70,80	59,18	102,21	156,08	12,30	13,53	12,11	15,54	89,35	78,38	15,61	23,19	10,61	9,76	11,23	
14.	Ołów	mg/kg s.m	178,98	102,10	89,64	56,19	49,64	34,90	24,14	29,05	55,59	98,67	12,39	5,51	24,49	19,58	18,74	18,84	
15.	Rteć	mg/kg s.m	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	
16.	Wanad	mg/kg s.m	302,84	367,07	356,31	100,91	98,65	108,90	140,54	110,93	112,22	101,21	85,87	123,28	99,78	78,88	88,48	66,60	
17.	Wapń	mg/kg s.m	185,34	192,99	199,34	122,31	110,23	122,87	130,45	131,76	546,28	888,90	799,31	211,31	689,22	989,77	898,77	901,22	

Tabela 6.7

Wyniki oznaczeń wybranych metali w próbkach mułów węglowych pochodzących z zinventaryzowanych depozytów

Table 6.7

Results of the determination of the selected metals in coal slurry samples from the inventoried coal slurry deposits

Lp.	Numer depozytu	Metale				
		Bar	Cynk	Kobalt	Nikiel	Ołów
		WDS 1) [mg/kg s.m.]				
		200	300	20	100	100
		Wyniki oznaczeń [mg/kg s.m.]				
1.	K18	417,92	499,69	92,67	94,12	178,98
2.	K11/1	877,98	601,27	184,03	70,80	102,10
3.	K11/2	998,50	399,87	230,26	59,18	89,64
4.	K3/1	1 565,36	369,32	156,32	102,21	56,19
5.	K3/2	1 123,14	405,96	144,23	156,08	49,64
6.	K4/1	188,20	120,30	85,67	12,30	34,90
7.	K4/2	165,74	121,63	81,22	13,53	24,14
8.	K4/3	179,05	133,44	84,34	12,11	29,05
9.	K6	534,67	89,20	10,23	15,54	55,59
10.	K2/1	333,24	199,34	55,68	89,35	98,67
11.	K17	777,27	55,41	49,35	78,38	12,39
12.	K1/1	422,37	12,31	38,55	15,61	5,51
13.	K5/1	423,91	123,22	55,22	23,19	24,49
14.	K5/2	708,11	89,91	23,89	10,61	19,58
15.	K5/3	699,84	78,94	11,12	9,76	18,74
16.	K5/4	599,06	56,06	20,33	11,23	18,84

WDS¹⁾ – wartości dopuszczalnych stężeń w glebie i ziemi, obszar B (Dz.U. Nr 165, poz. 1359).
Kolorem szarym zaznaczono przekroczenia dopuszczalnych stężeń metali.

Tabela 6.8

Wyniki badań ekstraktów wodnych z próbek młotów węglowych pochodzących z 16 depozytów – parametry podstawowe

Table 6.8

Results of the analysis of the aqueous extracts of coal slurry samples from 16 coal slurry deposits – basic parameters

Lp.	Parametr	Jednostka	NDW ¹⁾	Wynik oznaczenia															
				K18	K11/1	K11/2	K3/1	K3/2	K4/1	K4/2	K4/3	K6	K2/1	K17	K1/1	K5/1	K5/2	K5/3	K5/4
1.	Odczyn	pH	6,5-9	8,05	7,23	7,30	7,87	6,86	8,02	7,81	7,97	8,03	7,82	7,87	8,12	8,26	8,15	7,71	8,04
2.	Przewod.	mS/cm	-	0,739	0,889	0,747	1,275	0,889	0,624	0,852	0,705	1,062	0,522	0,714	0,715	0,846	0,793	0,840	0,806
3.	TDS	mg/l	-	370	446	378	639	446	313	427	359	531	263	359	358	424	398	429	403
4.	Zasolenie	g/kg	-	0,3	0,4	0,3	0,6	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
5.	Temper.	°C	35	14,9	14,2	14,7	13,9	14,2	15,9	15,3	15,7	14,3	15,6	15,6	15,9	14,9	14,5	13,9	15,2
6.	ChZTCr	mg O ₂ /l	125	40,0	35,0	45,5	22,5	31,5	35,0	45,5	30,5	42,0	21,5	40,0	30,5	76,5	46,0	39,0	101,5
7.	Azot amonowy	mgNH ₄ ⁻ -N/l	10	0,481	0,646	0,621	0,523	0,614	0,546	0,385	0,802	0,490	0,871	0,394	1,155	0,683	0,560	0,536	0,967
8.	Azot azotanowy (V)	mgNO ₃ ⁻ -N/l	30	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
9.	Azot azotynowy (III)	mgNO ₂ ⁻ -N/l	1	0,013	0,016	0,011	0,016	0,020	0,018	0,008	0,012	0,020	0,014	0,013	0,011	0,014	0,020	0,010	0,012
10.	Cyjanki wolne	mgCN/l	0,1	0,009	0,009	0,010	0,021	0,012	0,010	0,008	0,006	0,012	0,007	0,005	0,013	0,007	0,009	0,008	0,007
11.	Chlorki	mgCl/l	1000	39,05	7,10	15,75	14,20	10,65	81,65	145,55	120,70	227,20	17,75	71,00	10,65	145,55	92,30	124,25	131,35
12.	Siarczany (VI)	mgSO ₄ /l	500	413	558	481	690	422	210	401	184	130	277	501	410	213	194	223	170
13.	Siarczki	µgS ²⁻ /l	0,2	8	16	<5	<5	<5	21	12	8	25	8	10	<5	91	23	9	16
14.	Chrom (VI)	mgCr/l	0,1	0,007	0,027	0,011	0,028	0,058	0,045	0,013	0,013	0,015	0,012	0,068	0,022	0,039	0,006	0,009	0,040
15.	OWO	mgC/l	30	10,2	14,0	24,3	6,5	8,0	3,2	8,2	9,4	12,8	5,0	10,7	6,0	8,5	15,7	8,7	9,9
16.	Niejonowe SPC	mg/l	10	8,44	9,70	8,59	6,59	5,28	6,04	7,26	4,12	3,78	7,79	5,47	5,21	4,15	3,46	4,79	7,25
17.	Anionowe SPC	mg/l	5	4,66	3,87	4,98	1,04	1,64	3,23	2,10	1,71	1,93	1,88	0,95	0,73	3,17	0,74	1,06	1,08

NDW¹⁾ – najwyższa dopuszczalna wartość substancji szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. z 2009 r. Nr 27, poz. 169).
 Kolorem szarym zaznaczono przekroczenia dopuszczalnych wartości.

Wyniki badań ekstraktów wodnych z próbek mułów węglowych pochodzących z 16 depozytów – zawartość metali

Table 6.9

Results of the analysis of the aqueous extracts of coal slurry samples from 16 coal slurry deposits – metal content

Lp.	Metal	NDW ¹⁾	Jednostka	Wynik oznaczenia																
				K18	K11/1	K11/2	K3/1	K3/2	K4/1	K4/2	K4/3	K6	K2/1	K17	K1/1	K5/1	K5/2	K5/3	K5/4	
1.	Arsen	0,1	mg/l	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006		
2.	Bar	2	mg/l	0,088	0,068	0,555	0,633	0,479	0,055	0,120	0,100	1,550	0,777	1,120	0,858	0,023	0,110	0,011	0,010	
3.	Chrom	0,5	mg/l	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	
4.	Cyna	2	mg/l	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	
5.	Cynk	2	mg/l	0,055	0,108	0,758	1,220	0,158	0,102	0,980	0,990	0,089	0,022	0,011	0,009	0,089	0,099	0,055	0,033	
6.	Glin	3	mg/l	0,223	0,159	1,203	2,560	1,530	1,990	1,020	1,000	0,990	1,090	2,560	2,110	1,250	1,020	1,090	1,890	
7.	Kadm	0,4	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
8.	Kobalt	1	mg/l	0,088	0,183	0,232	0,177	0,200	0,067	0,090	0,080	0,011	0,022	0,980	0,013	0,022	0,011	0,009	0,032	
9.	Wapń	-	mg/l	35,50	72,50	55,30	45,11	6,66	28,90	20,30	19,90	65,30	103,70	42,13	123,69	156,20	102,32	98,90		
10.	Miedź	0,5	mg/l	0,022	0,099	<0,005	0,010	0,022	0,019	0,010	0,010	<0,005	0,009	0,011	0,009	0,011	<0,005	<0,005		
11.	Molibden	1	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		
12.	Nikiel	0,5	mg/l	0,440	0,440	0,055	0,48	0,440	0,009	0,010	0,020	0,010	0,011	0,055	0,009	0,098	0,044	0,011		
13.	Ołów	0,5	mg/l	0,222	0,156	0,012	0,022	0,013	0,012	0,050	0,020	0,040	0,066	<0,005	<0,005	<0,005	0,011	<0,005		
14.	Rtęć	0,06	mg/l	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017		
15.	Wanad	500	mg/l	0,050	0,098	0,099	0,044	0,199	0,111	0,009	0,190	0,220	0,990	0,088	1,120	0,011	0,010	0,022		
16.	Magnez	-	mg/l	19,630	29,226	2,560	32,650	25,520	14,600	18,800	25,500	33,340	11,230	12,200	14,150	11,230	10,220	18,900		
17.	Mangan	-	mg/l	0,102	0,438	1,020	0,011	0,222	0,989	2,250	0,690	1,220	1,523	2,550	1,980	0,066	0,102	0,099		

NDW¹⁾ – najwyższa dopuszczalna wartość substancji szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. z 2009 r. Nr 27, poz. 169).

Tabela 6.10

Zestawienie granicznych wyników badań składu chemicznego ekstraktów wodnych z próbek mułów węglowych pochodzących z 16 depozytów

Table 6.10

Summary of limit results of the chemical composition of the aqueous extracts of coal slurry samples from 16 chosen coal slurry deposits

Lp.	Parametry podstawowe			Lp.	Metale [mg/l]		
	składnik	jednostka	zawartości graniczne		składnik	zawartości graniczne	
1.	Odczyn	pH	6,86–8,26	1.	Arsen	<0,006	NDW ⁽¹⁾
2.	Przewodność	mS/cm	0,522–1,275	2.	Bar	0,01–1,12	2
3.	TDS	mg/l	263–639	3.	Chrom	<0,003	0,5
4.	Zasolenie	g/kg	0,2–0,6	4.	Cyna	<0,008	2
5.	Temper.	°C	13,9–15,9	5.	Cynk	0,009–1,22	2
6.	ChZTCr	mg O ₂ /l	21,5–101,5	6.	Glin	0,159–2,56	3
7.	Azot amonowy	mgNH ₄ ⁻ -N/l	0,385–1,155	7.	Kadm	<0,001	0,4
8.	Azot azotanowy (V)	mgNO ₃ ⁻ -N/l	<0,1–0,4	8.	Kobalt	0,009–0,98	1
9.	Azot azotynowy (III)	mgNO ₂ ⁻ -N/l	0,008–0,02	9.	Wapń	6,66–156,2	-
10.	Cyjanki wolne	mgCN/l	0,005–0,021	10.	Miedź	<0,005–0,099	0,5
11.	Chlorki	mgCl/l	7,1–227,2	11.	Molibden	<0,005	1
12.	Siarczany (VI)	mgSO ₄ /l	130–690	12.	Nikiel	0,008–0,48	0,5
13.	Siarczki	µgS ₂ -l	<5–25	13.	Ołów	<0,005–0,222	0,5
14.	Chrom (VI)	mgCr/l	0,006–0,058	14.	Rtęć	0,017	0,06
15.	OWO	mgC/l	3,2–24,3	15.	Wanad	0,009–1,12	500
16.	Niejonowe SPC	mg/l	3,46–9,70	16.	Magnez	2,56–32,65	-
17.	Anionowe SPC	mg/l	0,73–4,98	17.	Mangan	0,011–2,55	-

NDW⁽¹⁾ – najwyższa dopuszczalna wartość substancji szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. z 2009 r. Nr 27, poz. 169).

6.1.3. Analiza składu chemicznego ekstraktów wodnych

W celu określenia potencjalnego oddziaływania zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych na środowisko analizie poddano także ekstrakty wodne sporządzone z próbek mułów węglowych, które zostały przygotowane zgodnie z PN-EN 12457-4:2006. Zakres badań obejmował następujące parametry podstawowe: TDS, ChZT_{Cr}, fenole, azot amonowy, azot azotanowy(V), azot azotanowy(III), cyjanki, chlorki, siarczany(VI), siarczki, chrom(VI). Oznaczenia zawartości metali (wykaz metali analogiczny jak w przypadku analizy bezpośredniej) w ekstrakcie wodnym wykonano metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-AES), przy użyciu spektrometru JY 2000. W tabelach 6.8 i 6.9 przedstawiono wyniki analiz ekstraktów wodnych próbek mułów węglowych pochodzących z 16 wybranych depozytów (PSL2 2010); natomiast w tabeli 6.10. zestawienie granicznych wyników badań składu chemicznego ekstraktów wodnych z próbek mułów węglowych pochodzących z 16 wybranych depozytów.

Analizy parametrów podstawowych w ekstraktach wodnych z próbek mułów węglowych zaprezentowane w tabelach 6.8 i 6.10 wykazały nieznaczne przekroczenia w zakresie zawartości siarczanów i siarczków, co jest typowe dla tego rodzaju odpadów. Natomiast analizy ekstraktów wodnych próbek mułów węglowych, w zakresie zawartości wszystkich oznaczanych metali, przedstawione w tabeli 6.9 i 6.10, nie wykazały przekroczeń najwyższej dopuszczalnej wartości substancji szkodliwych dla środowiska wodnego zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego – załącznik 1, tabela I i II (Dz.U. z 2009 r. Nr 27, poz. 169). Wobec tego wyciągnięto wniosek, że metale, dla których stwierdzono przekroczenia w analizie bezpośredniej (tab. 6.7), występują w formach związanych, nie stanowiąc tym samym zagrożenia dla środowiska.

6.1.4. Wnioski z badań parametrów chemicznych depozytów mułów węglowych

W celu określenia przydatności badanych depozytów mułów węglowych do ich energetycznego wykorzystania przeprowadzono badania parametrów chemicznych w zakresie:

- analizy tlenkowej,
- analizy zawartości metali,
- analizy składu chemicznego ekstraktów wodnych.

Analiza tlenkowa wykazała, że głównymi składnikami próbek mułów węglowych są krzemionka (27,81–63,96%) oraz węgiel (11,15–31,80%). Przeprowadzona analiza zawartości metali w próbkach mułów węglowych wykazała brak przekroczeń wartości dopuszczalnych w przypadku arsenu, chromu, cyny, glinu, kadmu, magnezu, manganu, miedzi, molibdenu, rtęci, wanadu i wapnia. Stwierdzono natomiast nieznaczne przekroczenia zawartości kobaltu, cynku, niklu i ołowiu. Metale te jednak występują w formie związanej, co zostało potwierdzone prze-

przeanalizowaną analizą ekstraktu wodnego, która wykazała brak przekroczeń najwyższej dopuszczalnej wartości substancji szkodliwych dla środowiska wodnego.

Reasumując, można stwierdzić, że planowana eksploatacja badanych depozytów mułowych nie będzie negatywnie oddziaływać na środowisko w tym w szczególności na wody powierzchniowe.

Rezultaty badań parametrów chemicznych badanych próbek mułowych upoważniają również do stwierdzenia zasadności prowadzenia dalszych badań nad określeniem właściwości technologicznych poszczególnych depozytów w celu opracowania sposobów ich przygotowania do przemysłowego wykorzystania w sektorze energetycznym.

6.2. Parametry fizyczne depozytów mułowych

Dla zidentyfikowanych depozytów mułowych, według opracowanego algorytmu badawczego, wykonywano badania w zakresie podstawowych parametrów fizycznych polegających na oznaczeniu (PSL5/2 2010):

- zawartości wilgoci higroskopijnej W_h (PN-80/G-04511, PN-80/G-04511, PN-G-04560:1998, PN-80/G-04511),
- zawartości popiołu w stanie analitycznym A^a i suchym A^d (PN-G-04560:1998, PN-80/G-04512),
- zawartości siarki w stanie analitycznym S_t^a i suchym S_t^d (PN-90/G-04514/16),
- zawartości części lotnych w stanie analitycznym V^a i suchym V^d (PN-G-04516:1998, PN-G-04560:1998, PN-ISO 562:2000),
- wartości opałowej w stanie analitycznym Q^a i suchym Q^d (PN-81/G-04513).

Dla próbek uśrednionych wykonano analizy granulometryczne i densymetryczne. Dla każdej klasy ziarnowej i frakcji gęstościowej oznaczano:

- wychody,
- wilgoć higroskopijną W_h ,
- zawartość popiołu w stanie analitycznym A^a i suchym A^d ,
- zawartość siarki w stanie analitycznym S_t^a i suchym S_t^d ,
- zawartość części lotnych w stanie analitycznym V^a i suchym V^d ,
- wartość opałową w stanie analitycznym Q^a i suchym Q^d .

Przygotowanie prób do analizy wykonano zgodnie z PN-90/G-04502.

6.2.1. Badanie składu granulometrycznego

W tabelach 6.11–6.26 zestawiono wyniki badań składu granulometrycznego uzupełnione o właściwości fizykochemiczne poszczególnych klas ziarnowych (PSL5/2 2010). Próby mułowych podzielono na następujące klasy ziarnowe: >2,0; 2,0–1,0; 1,0–0,5; 0,5–0,3; 0,3–0,2; 0,2–0,1; <0,1 mm. Zgodnie z przyjętą metodyką z każdej z wydzielonych klas ziarnowych pobrano uśrednione próbki w celu określenia w nich zawartości popiołu, siarki, części lotnych i wartości opałowej.

Tabela 6.11

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K18

Table 6.11

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K18

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%]		Wilgoć. higr. [%]		Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A^a	A^d	S_t^a	S_t^d	V^a	V^d	Q^a	Q^d		
>2,0	0,27	6,24	12,75	13,60	0,67	0,71	28,56	30,46	24 879	26 535		
2,0-1,0	0,64	6,83	13,39	14,37	0,58	0,62	27,10	29,08	24 636	26 442		
1,0-0,5	9,17	6,45	24,63	26,33	0,64	0,68	23,86	25,51	20 343	21 746		
0,5-0,3	8,67	5,21	44,13	46,55	0,66	0,70	18,66	19,69	12 897	13 606		
0,3-0,2	3,32	4,82	44,35	46,59	0,67	0,70	17,91	18,82	12 812	13 460		
0,2-0,1	8,59	4,56	52,58	55,10	0,74	0,78	16,34	17,12	9 667	10 129		
<0,1	69,33	2,99	73,49	75,75	0,44	0,45	10,60	10,93	1 684	1 736		
Suma/średnia	100,00	3,73	63,14	65,38	0,51	0,53	13,41	13,99	5 634	5 937		

Tabela 6.12

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K11/1

Table 6.12

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K11/1

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć, higr. [%] W _h	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d	
>2,0	0,80	6,55	29,24	31,28	0,61	0,65	20,40	21,83	19 688	21 068	
2,0-1,0	0,96	6,88	45,32	48,67	0,77	0,83	15,55	16,70	15 867	17 039	
1,0-0,5	14,64	5,96	65,60	69,76	0,68	0,72	11,70	12,44	10 463	11 126	
0,5-0,3	14,94	5,39	66,30	70,07	0,73	0,77	11,53	12,19	9 318	9 849	
0,3-0,2	3,80	5,04	67,43	71,00	0,86	0,91	11,26	11,86	8 950	9 425	
0,2-0,1	10,10	4,97	74,86	78,78	0,80	0,84	9,48	9,98	6 859	7 218	
<0,1	54,75	2,13	77,23	78,91	0,47	0,48	7,92	8,09	6 195	6 330	
Suma/średnia	100,00	3,66	72,59	75,26	0,59	0,62	9,47	9,87	7 660	7 987	

Tabela 6.13

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K11/2

Table 6.13

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K11/2

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć higr. [%] W_h	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
			A^a	A^d	S_t^a	S_t^d	V^a	V^d	Q^a	Q^d
>2,0	0,44	2,77	65,28	67,14	0,46	0,47	13,47	13,85	4 710	4 844
2,0-1,0	0,99	3,49	62,83	65,10	0,49	0,51	15,41	15,97	15 482	15 889
1,0-0,5	5,99	4,65	38,34	40,21	0,80	0,84	23,86	25,02	13 202	13 846
0,5-0,3	3,76	4,76	29,28	30,74	0,76	0,80	27,35	28,72	16 058	16 860
0,3-0,2	4,28	4,45	27,29	28,56	1,00	1,05	28,31	29,63	16 685	17 462
0,2-0,1	5,61	3,20	24,07	24,87	1,46	1,51	29,36	30,33	17 700	18 285
<0,1	78,93	2,57	63,13	64,80	0,69	0,71	14,30	14,68	7 388	7 583
Suma/średnia	100,00	2,90	56,65	58,26	0,75	0,78	16,82	17,35	9 502	9 811

Tabela 6.14

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K3/1

Table 6.14

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K3/1

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć higr. [%] W_h	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
			A^a	A^d	S_t^a	S_t^d	V^a	V^d	Q^a	Q^d
>2,0	1,53	2,46	12,18	12,49	0,80	0,82	19,41	19,90	30 687	31 460
2,0-1,0	2,53	1,48	15,66	15,89	1,22	1,24	18,96	19,24	28 102	28 524
1,0-0,5	28,25	1,32	36,87	37,37	3,12	3,16	17,43	17,66	19 427	19 687
0,5-0,3	19,97	1,19	46,16	46,72	4,03	4,08	16,52	16,72	14 691	14 868
0,3-0,2	8,15	1,36	44,42	45,03	3,30	3,35	16,09	16,31	15 987	16 208
0,2-0,1	11,15	1,20	52,28	52,91	3,56	3,60	15,80	15,99	11 801	11 945
<0,1	28,43	1,51	57,73	58,62	4,15	4,21	15,62	15,86	8 914	9 051
Suma/średnia	100,00	1,36	46,08	46,71	3,57	3,62	16,51	16,74	14 753	14 957

Tabela 6.15

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K3/2

Table 6.15

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K3/2

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%]	Wilgoć higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d	
>2,0	0,37	1,22	6,88	6,96	0,83	0,84	22,43	22,71	31 055	31 439	
2,0-1,0	1,83	1,28	11,48	11,63	0,76	0,77	21,83	22,11	29 806	30 193	
1,0-0,5	10,21	1,28	46,76	47,37	1,89	1,91	16,84	17,06	15 013	15 208	
0,5-0,3	11,88	1,25	45,33	45,90	1,67	1,69	17,41	17,63	15 589	15 786	
0,3-0,2	10,43	1,15	54,01	54,64	1,97	1,99	15,68	15,86	12 897	13 047	
0,2-0,1	16,93	1,05	60,79	61,44	2,21	2,23	15,40	15,56	9 370	9 469	
<0,1	48,36	1,38	67,20	68,14	2,49	2,52	13,56	13,75	6 791	6 886	
Suma/średnia	100,00	1,27	58,81	59,58	2,19	2,22	15,07	15,26	10 259	10 389	

Tabela 6.16

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K4/1

Table 6.16

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K4/1

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć higr. [%] W_h	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
			A^a	A^d	S_t^a	S_t^d	V^a	V^d	Q^a	Q^d
>2,0	0,65	1,58	42,19	42,87	0,95	0,97	22,12	22,48	18 031	18 321
2,0–1,0	0,54	2,04	16,14	16,48	0,64	0,65	26,90	27,46	25 475	26 006
1,0–0,5	2,74	2,22	8,80	9,00	0,49	0,50	28,93	29,59	28 854	29 510
0,5–0,3	4,67	2,39	5,14	5,27	0,45	0,46	30,05	30,78	30 041	30 776
0,3–0,2	9,58	2,30	6,22	6,37	0,51	0,52	29,11	29,79	29 691	30 390
0,2–0,1	14,06	2,25	11,51	11,77	0,37	0,38	27,03	27,65	26 976	27 597
<0,1	67,76	2,07	37,03	37,81	0,21	0,21	22,27	22,74	18 704	19 099
Suma/średnia	100,00	2,13	28,15	28,75	0,29	0,29	24,16	24,69	21 758	22 237

Tabela 6.17

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z o depozytu K4/2

Table 6.17

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K4/2

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%]	Wilgoć higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
>2,0	0,49	1,02	78,38	79,19	0,27	0,27	12,65	12,78	3 276	3 310
2,0-1,0	1,23	2,05	9,39	9,59	0,49	0,50	27,49	28,06	28 488	29 085
1,0-0,5	9,09	2,07	8,36	8,54	0,58	0,59	27,72	28,30	29 880	30 511
0,5-0,3	9,55	2,10	9,05	9,24	0,62	0,63	27,56	28,16	29 618	30 253
0,3-0,2	8,63	2,08	11,61	11,86	1,01	1,03	26,99	27,57	28 645	29 253
0,2-0,1	16,21	1,95	17,40	17,75	0,68	0,69	25,71	26,22	25 445	25 951
<0,1	54,80	1,92	41,19	42,00	0,38	0,39	20,02	20,41	16 406	16 727
Suma/średnia	100,00	1,97	28,52	29,08	0,52	0,54	23,02	23,48	21 499	21 935

Tabela 6.18

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K4/3

Table 6.18

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K4/3

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%]	Wilgoć higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d	
>2,0	0,47	1,63	75,67	76,92	0,35	0,36	9,37	9,53	3 278	3 332	
2,0-1,0	1,06	2,02	11,30	11,53	0,57	0,58	27,47	28,04	28 972	29 569	
1,0-0,5	8,48	2,04	7,74	7,90	0,61	0,62	28,42	29,01	30 698	31 338	
0,5-0,3	9,02	2,14	8,52	8,71	0,58	0,59	28,21	28,83	29 386	30 028	
0,3-0,2	9,79	2,08	11,32	11,56	0,61	0,62	27,47	28,05	29 264	29 885	
0,2-0,1	13,60	2,17	13,24	13,53	0,62	0,63	26,96	27,55	28 494	29 127	
<0,1	57,57	1,83	39,75	40,49	1,36	1,39	19,91	20,29	17 271	17 593	
Suma/średnia	100,00	1,95	27,69	28,22	1,04	1,06	23,11	23,58	22 263	22 714	

Tabela 6.19

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K6

Table 6.19

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K6

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%]	Wilgoć higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d	
>2,0	0,05	3,12	19,86	20,50	0,62	0,64	26,20	27,04	24 951	25 754	
2,0-1,0	0,68	2,86	14,49	14,92	0,76	0,78	28,11	28,94	26 688	27 474	
1,0-0,5	6,02	3,06	16,32	16,84	0,73	0,75	27,13	27,98	25 096	25 888	
0,5-0,3	5,60	3,20	14,94	15,43	0,68	0,70	28,99	29,95	26 543	27 420	
0,3-0,2	6,41	2,95	25,12	25,88	0,84	0,87	25,21	25,98	23 248	23 955	
0,2-0,1	8,28	2,18	33,89	34,65	1,06	1,08	23,50	24,03	19 411	19 843	
<0,1	72,97	1,33	57,24	58,01	0,61	0,62	16,36	16,58	11 855	12 015	
Suma/średnia	100,00	1,72	48,11	48,85	0,67	0,69	18,96	19,32	14 937	15 237	

Tabela 6.20

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K2/1

Table 6.20

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K2/1

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć higr. [%] W_h	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A^a	A^d	S_t^a	S_t^d	V^a	V^d	Q^a	Q^d	
>2,0	1,10	2,54	23,75	24,37	0,57	0,58	22,98	23,58	23 845	24 466	
2,0-1,0	2,55	2,90	10,70	11,02	0,57	0,59	28,96	29,83	28 030	28 867	
1,0-0,5	9,80	3,03	5,27	5,43	0,78	0,80	30,62	31,58	30 062	31 002	
0,5-0,3	8,86	3,11	5,08	5,24	0,65	0,67	30,68	31,66	31 133	32 133	
0,3-0,2	9,88	3,07	6,36	6,56	0,73	0,75	29,29	30,22	29 654	30 593	
0,2-0,1	10,57	3,01	9,92	10,23	0,75	0,77	27,20	28,05	27 322	28 170	
<0,1	57,23	2,56	52,49	53,87	0,67	0,69	16,21	16,63	12 386	12 712	
suma/średnia	100,00	2,76	33,22	34,10	0,69	0,71	21,76	22,39	19 591	20 169	

Tabela 6.21

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K17

Table 6.21

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K17

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%]	Wilgoć higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
>2,0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,0-1,0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0-0,5	1,46	6,44	6,73	7,19	0,55	0,59	35,93	38,40	22 430	23 974
0,5-0,3	2,70	6,48	4,91	5,25	0,54	0,58	36,61	39,14	24 700	26 411
0,3-0,2	5,46	6,04	11,67	12,42	0,77	0,82	34,08	36,27	21 155	22 515
0,2-0,1	12,81	4,87	31,76	33,39	1,02	1,07	27,58	28,99	16 271	17 104
<0,1	77,58	2,87	64,43	66,33	1,29	1,33	14,37	14,80	8 540	8 792
Suma/średnia	100,00	3,45	54,92	56,66	1,20	1,24	18,06	18,79	10 857	11 302

Tabela 6.22

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K1/1

Table 6.22

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K1/1

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć higr. [%] W_h	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A^a	A^d	S_t^a	S_t^d	V^a	V^d	Q^a	Q^d	
>2,0	0,53	1,05	58,46	59,08	0,44	0,44	15,20	15,36	13 159	13 298	
2,0-1,0	1,05	1,43	47,29	47,98	0,55	0,56	16,74	16,99	16 034	16 266	
1,0-0,5	5,63	1,67	34,81	35,40	0,62	0,63	19,59	19,92	20 940	21 295	
0,5-0,3	3,99	1,73	28,01	28,50	0,94	0,96	21,14	21,51	21 177	21 550	
0,3-0,2	10,23	1,41	41,25	41,84	0,95	0,96	18,12	18,38	18 821	19 090	
0,2-0,1	12,81	1,35	38,44	38,97	0,91	0,92	18,26	18,51	19 745	20 015	
<0,1	65,75	1,57	49,91	50,71	1,36	1,38	16,15	16,40	15 272	15 515	
Suma/średnia	100,00	1,53	45,85	46,56	1,19	1,21	17,01	17,28	16 760	17 020	

Tabela 6.23

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K5/1

Table 6.23

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K5/1

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%]	Wilgoć higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d	
>2,0	1,37	1,40	71,79	72,81	0,61	0,62	15,30	15,52	7 311	7 415	
2,0-1,0	0,37	1,36	33,06	33,52	0,73	0,74	21,76	22,06	20 657	20 942	
1,0-0,5	3,08	2,22	6,89	7,05	0,82	0,84	29,54	30,21	28 001	28 636	
0,5-0,3	2,98	2,30	5,29	5,41	0,68	0,70	30,20	30,91	29 510	30 204	
0,3-0,2	6,41	2,18	6,84	6,99	0,71	0,73	29,56	30,22	29 016	29 662	
0,2-0,1	10,03	2,15	9,88	10,10	0,82	0,84	28,36	28,98	28 046	28 663	
<0,1	75,76	1,64	45,53	46,29	0,96	0,98	17,83	18,13	15 682	15 943	
Suma/średnia	100,00	1,76	37,40	38,03	0,91	0,93	20,35	20,72	18 472	18 816	

Tabela 6.24

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K5/2

Table 6.24

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K5/2

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć higr. [%] W _h	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d	
>2,0	3,00	1,59	73,52	74,71	0,44	0,45	15,10	15,34	5 863	5 958	
2,0-1,0	0,60	1,86	39,48	40,23	0,69	0,70	19,99	20,37	18 171	18 515	
1,0-0,5	3,19	2,24	8,52	8,72	0,71	0,73	29,07	29,74	28 365	29 014	
0,5-0,3	4,01	2,28	6,00	6,14	0,67	0,69	30,01	30,71	30 276	30 982	
0,3-0,2	6,14	3,19	7,79	8,05	0,75	0,77	29,34	30,31	29 628	30 605	
0,2-0,1	10,18	2,22	9,95	10,18	0,80	0,82	28,56	29,21	27 847	28 480	
<0,1	72,87	2,03	44,20	45,12	1,00	1,02	18,00	18,37	15 464	15 784	
Suma/średnia	100,00	2,12	36,66	37,42	0,92	0,94	20,53	20,98	18 328	18 740	

Tabela 6.25

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K5/3

Table 6.25

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K5/3

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć higr. [%] W_h	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A^a	A^d	S_t^a	S_t^d	V^a	V^d	Q^a	Q^d	
>2,0	2,01	1,56	31,31	31,81	0,48	0,49	20,79	21,12	21 607	21 949	
2,0-1,0	2,33	2,07	26,89	27,46	1,06	1,08	22,97	23,45	22 392	22 865	
1,0-0,5	5,29	2,14	26,12	26,69	1,18	1,21	23,18	23,69	22 703	23 200	
0,5-0,3	5,30	2,19	22,01	22,50	1,20	1,23	24,32	24,86	24 363	24 909	
0,3-0,2	8,51	2,19	19,36	19,79	1,28	1,31	25,07	25,64	25 633	26 207	
0,2-0,1	8,04	1,65	18,53	18,84	1,25	1,27	26,31	26,75	26 769	27 218	
<0,1	68,53	1,24	42,58	43,11	1,05	1,06	17,98	18,21	16 055	16 257	
Suma/średnia	100,00	1,48	36,12	36,63	1,09	1,11	20,04	20,35	18 782	19 078	

Tabela 6.26

Wyniki badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbki mułów węglowych pochodzącej z depozytu K5/4

Table 6.26

Results of the sieving tests including analysis of the physicochemical properties of the particular grain classes for a sample of coal slurry from the coal slurry deposit K5/4

Klasa ziarnowa [mm]	Wychód klasy [%]	Wilgoć higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]			Wartość opalowa [kJ/kg]	
			A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d	
>2,0	0,98	1,60	66,82	67,91	0,81	0,82	14,84	15,08	8 450	8 588	
2,0-1,0	1,93	2,29	35,47	36,30	1,25	1,28	21,00	21,50	19 863	20 329	
1,0-0,5	6,51	2,27	25,67	26,27	0,97	0,99	22,38	22,90	23 431	23 975	
0,5-0,3	5,11	2,36	20,44	20,93	0,98	1,00	24,80	25,40	24 335	24 923	
0,3-0,2	6,78	2,30	18,66	19,10	1,05	1,07	25,31	25,91	25 983	26 595	
0,2-0,1	10,58	2,41	17,52	17,95	1,17	1,20	25,64	26,28	26 398	27 050	
<0,1	68,12	2,08	43,01	43,92	1,04	1,06	18,42	18,81	18 118	18 503	
Suma/średnia	100,00	2,16	36,47	37,26	1,05	1,07	20,25	20,70	20 130	20 578	

Tabela 6.27

Zestawienie średnich wartości parametrów jakościowych dla próbek mułów węglowych pochodzących ze zidentyfikowanych depozytów

Table 6.27

Summary of average quality parameters of coal slurry samples from the identified coal slurry deposits

Numer depozytu	Wilgoć higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opalowa [kJ/kg]	
	W _h	A ^a	A ^d	S ^a	S ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
K18	3,73	63,14	65,38	0,51	0,53	13,41	13,99	5 634	5 937
K11/1	3,66	72,59	75,26	0,59	0,62	9,47	9,87	7 660	7 987
K11/2	2,90	56,65	58,26	0,75	0,78	16,82	17,35	9 502	9 811
K3/1	1,36	46,08	46,71	3,57	3,62	16,51	16,74	14 753	14 957
K3/2	1,27	58,81	59,58	2,19	2,22	15,07	15,26	10 259	10 389
K4/1	2,13	28,15	28,75	0,29	0,29	24,16	24,69	21 758	22 237
K4/2	1,97	28,52	29,08	0,52	0,54	23,02	23,48	21 499	21 935
K4/3	1,95	27,69	28,22	1,04	1,06	23,11	23,58	22 263	22 714
K6	1,72	48,11	48,85	0,67	0,69	18,96	19,32	14 937	15 237
K2/1	2,76	33,22	34,10	0,69	0,71	21,76	22,39	19 591	20 169
K17	3,45	54,92	56,66	1,20	1,24	18,06	18,79	10 857	11 302
K1/1	1,53	45,85	46,56	1,19	1,21	17,01	17,28	16 760	17 020
K5/1	1,76	37,40	38,03	0,91	0,93	20,35	20,72	18 472	18 816
K5/2	2,12	36,66	37,42	0,92	0,94	20,53	20,98	18 328	18 740
K5/3	1,48	36,12	36,63	1,09	1,11	20,04	20,35	18 782	19 078
K5/4	2,16	36,47	37,26	1,05	1,07	20,25	20,70	20 130	20 578

Tabela 6.28

Zestawienie średnich wartości parametrów jakościowych klasy ziarnowej <0,1 mm dla próbek mufów węglowych pochodzących ze zidentyfikowanych depozytów

Table 6.28

Summary of average quality parameters of grain class <0,1 mm of coal slurry samples from the identified coal slurry deposits

Numer depozytu	Wychód klasy [%] γ	Wilgoć higr. [%] W_h	Zawartość popiołu [%] A^a A^d		Zawartość siarki całkowitej [%] S_t^a S_t^d		Zawartość części lotnych [%] V^a V^d		Wartość opalowa [kJ/kg] Q^a Q^d	
K18	69,33	2,99	73,49	75,75	0,44	0,45	10,60	10,93	1 684	1 736
K11/1	54,75	2,13	77,23	78,91	0,47	0,48	7,92	8,09	6 195	6 330
K11/2	78,93	2,57	63,13	64,80	0,69	0,71	14,30	14,68	7 388	7 583
K3/1	28,43	1,51	57,73	58,62	4,15	4,21	15,62	15,86	8 914	9 051
K3/2	48,36	1,38	67,20	68,14	2,49	2,52	13,56	13,75	6 791	6 886
K4/1	67,76	2,07	37,03	37,81	0,21	0,21	22,27	22,74	18 704	19 099
K4/2	54,80	1,92	41,19	42,00	0,38	0,39	20,02	20,41	16 406	16 727
K4/3	57,57	1,83	39,75	40,49	1,36	1,39	19,91	20,29	17 271	17 593
K6	72,97	1,33	57,24	58,01	0,61	0,62	16,36	16,58	11 855	12 015
K2/1	57,23	2,56	52,49	53,87	0,67	0,69	16,21	16,63	12 386	12 712
K17	77,58	2,87	64,43	66,33	1,29	1,33	14,37	14,80	8 540	8 792
K11/1	65,75	1,57	49,91	50,71	1,36	1,38	16,15	16,40	15 272	15 515
K5/1	75,76	1,64	45,53	46,29	0,96	0,98	17,83	18,13	15 682	15 943
K5/2	72,87	2,03	44,20	45,12	1,00	1,02	18,00	18,37	15 464	15 784
K5/3	68,53	1,24	42,58	43,11	1,05	1,06	17,98	18,21	16 055	16 257
K5/4	68,12	2,08	43,01	43,92	1,04	1,06	18,42	18,81	18 118	18 503

Dla wszystkich badanych 16 depozytów mułów węglowych obliczono wartości średnie parametrów jakościowych. Zbiorcze zestawienie tych parametrów zamieszczono w tabeli 6.27. Jak wiadomo, aby wykonać laboratoryjny rozdział nadawy w cieczach ciężkich (dwuchlorek cynku), należy z kierowanej do analizy densymetrycznej próby usunąć najdrobniejsze ziarna. Przyjęto, że badaniom gęstościowym nie będzie poddawana klasa ziarnowa poniżej 0,1 mm, która stanowi znacząco ilość w poddawanych analizie depozytach. Z tego też względu w tabeli 6.28 zestawiono wychody i parametry jakościowe ziarn o wymiarach poniżej 0,1 mm.

Analizując zestawienie średnich wartości parametrów jakościowych dla próbek mułów węglowych pochodzących z zidentyfikowanych depozytów (tab. 6.27) można stwierdzić, że:

- średnia zawartość wilgoci higroskopijnej przyjmowała wartości w przedziale 1,27–3,37%,
- średnia zawartość popiołu w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 27,69–72,59%,
- średnia zawartość siarki całkowitej w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 0,29–3,57%,
- średnia zawartość części lotnych w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 9,47–24,16%,
- średnia wartość opałowa w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 5 634–21 758 kJ/kg.

Natomiast analizując zestawienie średnich wartości parametrów jakościowych klasy ziarnowej <0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z zidentyfikowanych depozytów, której wychód przyjmował wartości w przedziale 28,43–78,93% (tab. 6.28), można stwierdzić, że:

- średnia zawartość wilgoci higroskopijnej przyjmowała wartości w przedziale 1,24–2,99%,
- średnia zawartość popiołu w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 37,03–77,23%,
- średnia zawartość siarki całkowitej w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 0,21–4,15%,
- średnia zawartość części lotnych w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 7,92–22,27%,
- średnia wartość opałowa w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 1 684–18 118 kJ/kg.

Z tego zestawienia wynika, że klasa ziarnowa <0,1 mm charakteryzuje się wyższą średnią zawartością popiołu i siarki przy niższej średniej zawartości części lotnych i wartości opałowej w porównaniu do średnich wartości parametrów jakościowych dla całej klasy ziarnowej.

6.2.2. Badanie składu densymetrycznego

Zgodnie z przyjętą metodyką badań właściwości technologicznych mułów węglowych zdeponowanych w 16 wybranych depozytach pobrane próby klasy ziarnowej >0,1 mm rozdzielono na frakcje gęstościowe: <1,3; 1,3–1,6; 1,6–1,8; >1,8 g/cm³.

Gęstości cieczy przygotowanych do badań przyjęto w celu określenia jakości:

- najczystszych ziarn węglowych – frakcja <1,3 g/cm³,
- koncentratów węglowych – frakcja 1,3–1,6 g/cm³,
- produktów pośrednich – frakcja 1,6–1,8 g/cm³,
- produktów odpadowych – frakcja >1,8 g/cm³.

W wydzielonych frakcjach określono parametry jakościowe. Wyniki przeprowadzonych badań densymetrycznych zestawiono w tabelach 6.29–6.44 (PSL5/2 2010). Analizując dane zawarte w tych tabelach, postanowiono przeanalizować dwa warianty pozyskiwania produktów węglowych z badanych depozytów mułów węglowych. W wariantcie I założono, że koncentrat węglowy wydzielany będzie przy gęstości <1,6 g/cm³, a produkty odpadowe przy gęstości >1,8 g/cm³. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 6.45. W wariantcie II założono, że koncentrat węglowy wydzielany będzie przy gęstości <1,8 g/cm³, a produkty odpadowe stanowiąc będą ziarna powyżej tej gęstości. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 6.46.

Tabela 6.29

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K18

Table 6.29

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K18

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	12,80	4,40	3,07	3,21	0,55	0,57	29,93	31,31	28 253	29 553
1,3–1,6	37,49	5,16	9,89	10,43	0,62	0,65	28,06	29,59	25 284	26 660
1,6–1,8	5,56	4,67	38,72	40,61	0,71	0,74	20,15	21,13	14 455	15 163
>1,8	44,16	1,11	78,62	79,50	0,86	0,87	9,19	9,29	1 019	1 030
Suma/średnia	100,00	3,25	40,97	41,68	0,72	0,74	19,53	20,38	14 347	15 074

Tabela 6.30

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K11/1

Table 6.30

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K11/1

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	9,22	5,21	3,03	3,20	0,51	0,54	34,72	36,62	26 314	27 761
1,3–1,6	63,92	5,90	11,44	12,15	0,49	0,52	31,88	33,88	24 571	26 112
1,6–1,8	3,47	4,23	35,19	36,75	0,93	0,97	25,46	26,59	16 942	17 691
>1,8	23,39	0,88	82,71	83,44	2,98	3,00	9,39	9,47	3 033	3 060
Suma/średnia	100,00	4,60	28,16	28,86	1,09	1,12	26,66	28,17	19 429	20 579

Tabela 6.31

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K11/2

Table 6.31

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K11/2

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	21,95	5,84	2,65	2,81	0,48	0,51	36,90	39,19	23 725	25 196
1,3–1,6	43,91	6,71	9,42	10,10	0,74	0,79	33,43	35,83	20 456	21 927
1,6–1,8	2,31	4,53	35,53	37,21	0,88	0,93	26,09	27,32	13 088	13 710
>1,8	31,83	0,49	84,14	84,55	1,41	1,42	9,70	9,74	5 965	5 994
Suma/średnia	100,00	4,49	32,32	32,82	0,90	0,93	26,47	28,07	16 391	17 384

Tabela 6.32

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K3/1

Table 6.32

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K3/1

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	23,12	1,15	2,55	2,58	0,88	0,89	21,22	21,46	34 331	34 728
1,3–1,6	18,40	1,11	9,88	9,99	1,43	1,45	18,35	18,55	30 971	31 318
1,6–1,8	3,69	1,34	35,17	35,64	1,73	1,75	16,51	16,74	19 815	20 084
>1,8	54,79	1,29	69,89	70,80	4,81	4,88	14,28	14,47	4 913	4 977
Suma/średnia	100,00	1,23	41,99	42,54	3,17	3,21	16,72	16,92	17 060	17 261

Tabela 6.33

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K3/2

Table 6.33

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K3/2

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	15,21	0,94	2,59	2,61	0,67	0,67	24,63	24,86	32 763	33 075
1,3–1,6	16,47	1,13	12,25	12,39	0,88	0,89	20,51	20,74	29 507	29 843
1,6–1,8	3,09	1,55	35,82	36,39	1,27	1,29	17,51	17,79	18 845	19 142
>1,8	65,23	1,80	71,19	72,49	2,12	2,15	14,76	15,03	5 216	5 312
Suma/średnia	100,00	1,55	49,95	50,85	1,67	1,69	17,29	17,55	13 827	14 001

Tabela 6.34

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K4/1

Table 6.34

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K4/1

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	68,49	2,29	2,94	3,01	0,38	0,39	32,67	33,43	30 149	30 856
1,3–1,6	23,56	2,13	10,62	10,85	0,48	0,49	27,31	27,91	27 437	28 035
1,6–1,8	1,36	1,81	40,02	40,76	0,90	0,92	22,49	22,91	17 539	17 862
>1,8	6,58	1,48	72,73	73,82	0,52	0,53	13,81	14,01	7 940	8 059
Suma/średnia	100,00	2,19	9,85	10,04	0,42	0,43	30,03	30,71	27 876	28 513

Tabela 6.35

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K4/2

Table 6.35

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K4/2

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	66,96	2,11	2,15	2,20	0,45	0,46	30,10	30,75	32 238	32 934
1,3–1,6	19,61	2,23	10,97	11,22	0,64	0,66	27,14	27,76	27 113	27 733
1,6–1,8	2,54	2,29	38,87	39,78	0,86	0,88	21,93	22,45	18 320	18 749
>1,8	10,90	1,75	77,27	78,65	1,69	1,72	12,65	12,87	3 697	3 763
Suma/średnia	100,00	2,10	13,00	13,25	0,63	0,64	27,41	28,00	27 770	28 376

Tabela 6.36

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K4/3

Table 6.36

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K4/3

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	69,18	2,22	2,35	2,41	0,47	0,48	30,51	31,21	32 327	33 062
1,3–1,6	20,15	2,42	10,41	10,67	0,64	0,65	28,06	28,75	29 629	30 363
1,6–1,8	2,54	2,06	38,82	39,64	0,85	0,87	21,51	21,96	17 590	17 961
>1,8	8,13	1,40	70,85	71,85	0,52	0,53	13,72	13,91	4 579	4 645
Suma/średnia	100,00	2,19	10,47	10,67	0,52	0,53	28,42	29,07	29 152	29 823

Tabela 6.37

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K6

Table 6.37

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K6

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	72,75	2,58	2,53	2,60	0,62	0,63	32,35	33,21	31 389	32 219
1,3–1,6	15,46	2,24	10,40	10,64	0,87	0,89	28,16	28,81	27 881	28 521
1,6–1,8	1,53	1,83	39,62	40,36	1,33	1,36	20,12	20,50	17 471	17 797
>1,8	10,26	1,43	74,51	75,59	2,02	2,04	13,15	13,34	6 043	6 131
Suma/średnia	100,00	2,40	11,70	11,91	0,81	0,83	29,55	30,29	28 033	28 750

Tabela 6.38

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K2/1

Table 6.38

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K2/1

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	63,26	2,33	2,50	2,56	0,59	0,61	31,47	32,22	31 098	31 840
1,3–1,6	31,23	2,59	9,42	9,67	0,67	0,69	29,16	29,93	27 991	28 735
1,6–1,8	2,25	2,17	36,92	37,74	0,77	0,79	18,96	19,38	18 214	18 618
>1,8	3,25	2,06	69,43	70,89	0,54	0,55	10,44	10,66	5 604	5 722
Suma/średnia	100,00	2,40	7,62	7,80	0,62	0,63	29,78	30,51	29 008	29 723

Tabela 6.39

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K17

Table 6.39

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K17

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	13,59	5,33	2,48	2,62	0,51	0,54	37,51	39,62	24 527	25 908
1,3–1,6	65,30	4,95	11,01	11,58	0,61	0,64	35,33	37,17	21 326	22 436
1,6–1,8	3,18	4,05	33,13	34,53	1,41	1,47	25,06	26,12	15 617	16 276
>1,8	17,93	1,10	85,80	86,75	1,72	1,74	7,39	7,47	2 825	2 856
Suma/średnia	100,00	4,28	23,97	24,58	0,82	0,85	30,29	31,82	18 261	19 201

Tabela 6.40

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K1/1

Table 6.40

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K1/1

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	32,56	1,69	2,14	2,18	0,52	0,53	28,34	28,83	31 123	31 659
1,3–1,6	18,60	1,75	12,70	12,93	0,56	0,57	25,03	25,47	26 775	27 252
1,6–1,8	3,73	1,72	33,13	33,71	0,68	0,69	21,08	21,44	21 190	21 561
>1,8	45,11	1,85	73,05	74,42	1,09	1,11	10,46	10,66	7 549	7 691
Suma/średnia	100,00	1,77	37,25	37,94	0,79	0,80	19,39	19,73	19 309	19 650

Tabela 6.41

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K5/1

Table 6.41

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K5/1

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	72,75	2,58	2,53	2,60	0,62	0,63	32,35	33,21	31 389	32 219
1,3–1,6	15,46	2,24	10,40	10,64	0,87	0,89	28,16	28,81	27 881	28 521
1,6–1,8	1,53	1,83	39,62	40,36	1,33	1,36	20,12	20,50	17 471	17 797
>1,8	10,26	1,43	74,51	75,59	2,02	2,04	13,15	13,34	6 043	6 131
Suma/średnia	100,00	2,40	11,70	11,91	0,81	0,83	29,55	30,29	28 033	28 750

Tabela 6.42

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K5/2

Table 6.42

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K5/2

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	61,28	2,24	1,99	2,03	0,54	0,55	31,55	32,28	31 543	32 265
1,3–1,6	20,09	2,23	9,62	9,84	1,29	1,32	27,89	28,52	27 968	28 605
1,6–1,8	2,46	1,82	35,41	36,07	1,27	1,29	20,97	21,36	18 641	18 987
>1,8	16,17	1,46	79,37	80,55	0,58	0,58	12,03	12,21	4 449	4 515
Suma/średnia	100,00	2,10	16,86	17,14	0,71	0,73	27,40	28,01	26 126	26 715

Tabela 6.43

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K5/3

Table 6.43

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K5/3

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	62,70	2,68	2,93	3,01	0,74	0,76	30,84	31,69	30 814	31 661
1,3–1,6	18,94	2,44	15,50	15,89	1,11	1,13	25,68	26,32	25 991	26 641
1,6–1,8	2,84	1,99	38,73	39,52	1,47	1,50	20,92	21,35	17 298	17 650
>1,8	15,52	1,59	87,66	89,08	1,96	1,99	9,81	9,96	2 515	2 556
Suma/średnia	100,00	2,44	19,48	19,85	1,02	1,04	26,32	27,01	25 124	25 794

Tabela 6.44

Wyniki analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z depozytu K5/4

Table 6.44

Results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the coal slurry deposit K5/4

Gęstość frakcji [g/cm ³]	Wychód klasy [%]	Wilgoć. higr. [%]	Zawartość popiołu [%]		Zawartość siarki całkowitej [%]		Zawartość części lotnych [%]		Wartość opałowa [kJ/kg]	
	γ	W_h	A ^a	A ^d	S _t ^a	S _t ^d	V ^a	V ^d	Q ^a	Q ^d
<1,3	50,15	2,35	2,69	2,76	0,53	0,54	31,29	32,04	30 636	31 372
1,3–1,6	27,82	2,37	10,91	11,17	0,79	0,81	27,50	28,16	28 213	28 896
1,6–1,8	2,83	1,93	37,93	38,67	1,29	1,32	19,65	20,04	18 799	19 169
>1,8	19,20	1,81	81,67	83,18	2,02	2,05	11,45	11,66	3 461	3 524
Suma/średnia	100,00	2,24	21,14	21,55	0,91	0,93	26,10	26,71	24 409	24 992

6.2.3. Wnioski z badań parametrów fizycznych depozytów mułów węglowych

Analizując zbiorcze wyniki badań densymetrycznych (tab. 6.45) wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących z 16 wybranych do badań zidentyfikowanych depozytów (tab. 6.29–6.44) można stwierdzić, że w produktach rozdziału:

- wychody frakcji koncentratów węglowych o gęstości <1,6 g/cm³ przyjmowały wartości w przedziale 31,68–94,52%, frakcji produktów pośrednich o gęstości 1,6–1,8 g/cm³ przyjmowały wartości w przedziale 1,36–5,56%, natomiast frakcji produktów odpadowych o gęstości >1,8 g/cm³ przyjmowały wartości w przedziale 3,25–65,23%,
- zawartości popiołu w frakcjach koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 3,87–10,38%, w frakcjach produktów pośrednich wartości w przedziale 33,13–40,02%, natomiast w frakcjach produktów odpadowych wartości w przedziale 69,43–87,66%,
- wartości opałowe frakcji koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 21 545–32 842 kJ/kg, frakcji produktów wartości w przedziale 13 088–21 190 kJ/kg, natomiast frakcji produktów odpadowych wartości w przedziale 1 019–7 940 kJ/kg.

Analizy densymetryczne wykonane dla badanych depozytów mułów węglowych pokazują, że w przypadku wydzielania produktu węglowego przy gęstości 1,6 g/cm³ (wariant I)

Tabela 6.45

Zestawienie analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących ze zidentyfikowanych depozytów w podziale na frakcję węglową, pośrednią i opadową – wariant I

Table 6.45

Comparison results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the identified coal slurry deposits divided into three fractions – coal, middling's and refuse – option no. I

Numer depozytu	Frakcja koncentratów węglowych <1,6 [g/cm ³]				Frakcja produktów pośrednich 1,6–1,8 [g/cm ³]				Frakcja produktów odpadowych >1,8 [g/cm ³]			
	wychód frakcji [%]		wartość opalowa [kJ/kg]		wychód frakcji [%]		wartość opalowa [kJ/kg]		wychód frakcji [%]		wartość opalowa [kJ/kg]	
	γ	A ^a	Q ^a	A ^a	γ	A ^a	Q ^a	A ^a	γ	A ^a	Q ^a	A ^a
K18	50,29	8,15	26 040	38,72	5,56	14 455	44,16	78,62	1 019			
K11/1	73,14	10,38	24 790	35,19	3,47	16 942	23,39	82,71	3 033			
K11/2	65,86	7,16	21 545	35,53	2,31	13 088	31,83	84,14	5 965			
K3/1	41,52	5,80	32 842	35,17	3,69	19 815	54,79	69,89	4 913			
K3/2	31,68	7,61	31 070	35,82	3,09	18 845	65,23	71,19	5 216			
K4/1	92,05	4,57	29 455	40,02	1,36	17 539	6,58	72,73	7 940			
K4/2	86,57	4,15	31 077	38,87	2,54	18 320	10,90	77,27	3 697			
K4/3	89,33	4,70	31 946	38,82	2,54	17 590	8,13	70,85	4 579			
K6	87,45	4,02	30 015	39,62	1,53	17 471	10,26	74,75	6 045			
K2/1	94,52	4,63	30 061	36,92	2,25	18 214	3,25	69,43	5 604			
K17	78,89	9,54	21 877	33,13	3,18	15 617	17,93	85,80	2 825			
K1/1	51,16	5,97	29 542	33,13	3,73	21 190	45,11	73,05	7 549			
K5/1	88,21	3,91	30 774	39,62	1,53	17 471	10,26	74,51	6 043			
4 K5/2	81,37	3,87	30 660	35,41	2,46	18 641	16,17	79,37	4 449			
K5/3	81,64	5,85	29 695	38,73	2,84	17 298	15,52	87,66	2 515			
K5/4	77,97	5,62	29 772	37,93	2,83	18 779	19,20	81,67	3 461			

Tabela 6.46

Zestawienie analiz densymetrycznych wraz z parametrami jakościowymi klasy ziarnowej >0,1 mm dla próbek mułów węglowych pochodzących ze zidentyfikowanych depozytów w podziale na frakcję węglową I odpadową – wariant II

Table 6.46

Comparison results of float-and-sink test including quality parameters of grain class >0,1 mm of coal slurry samples from the identified coal slurry deposits divided into two fractions – coal and refuse – option no. II

Numer depozytu	Frakcja koncentratów węglowych <1,8 [g/cm ³]				Frakcja produktów odpadowych > 1,8 [g/cm ³]			
	wychód frakcji [%]	zawartość popiołu [%]	wartość opałowa [kJ/kg]		wychód frakcji [%]	zawartość popiołu [%]	wartość opałowa [kJ/kg]	
			γ	A ^a			γ	A ^a
K18	55,84	11,20	24 891	44,16	78,62	1 019		
K11/1	76,71	11,49	24 403	23,39	82,71	3 033		
K11/2	68,17	8,12	21 258	31,83	84,14	5 965		
K3/1	45,21	8,19	31 779	54,79	69,89	4 913		
K3/2	34,77	10,12	29 984	65,23	71,19	5 216		
K4/1	93,42	5,09	29 278	6,58	72,73	7 940		
K4/2	89,10	5,14	30 717	10,90	77,27	3 697		
K4/3	91,87	5,64	31 549	8,13	70,85	4 579		
K6	89,74	4,59	29 547	10,26	74,75	6 045		
K2/1	96,75	5,38	29 792	3,25	69,43	5 604		
K17	82,07	10,45	21 634	17,93	85,80	2 825		
K1/1	54,89	7,82	28 974	45,11	73,05	7 549		
K5/1	89,74	4,52	30 547	10,26	74,51	6 043		
K5/2	83,83	4,80	30 307	16,17	79,37	4 449		
K5/3	84,48	6,96	29 278	15,52	87,66	2 515		
K5/4	80,80	6,75	29 387	19,20	81,67	3 461		

można teoretycznie (badania wzbogacalności) otrzymać czyste koncentraty węglowe o bardzo niskiej zawartości popiołu i bardzo wysokiej wartości opałowej. Dotyczy to ziarn klasy ziarnowej powyżej 0,1 mm. Frakcja produktów odpadowych stanowi praktycznie czystą skałę płonną, a w kilku przypadkach przerosty kamiennie-węglowe. Przy wydzielaniu tak bardzo czystych koncentratów powstaje problem zagospodarowania frakcji produktów pośrednich. Produkty te mogą być w niektórych przypadkach dodane do koncentratów węglowych ze względu na ich bardzo dobre parametry jakościowe.

W tabeli 6.46 rozważono możliwość wydzielania koncentratów węglowych przy gęstości $1,8 \text{ g/cm}^3$ (wariant II).

Analizując cząstkowe wyniki badań densymetrycznych zawarte w tabelach 6.29–6.44 oraz wyniki zbiorcze zawarte w tab. 6.46), można stwierdzić, że w produktach rozdziału:

- wychody frakcji koncentratów węglowych o gęstości $<1,8 \text{ g/cm}^3$ przyjmowały wartości w przedziale 34,77–96,75%, natomiast frakcji produktów odpadowych o gęstości $>1,8 \text{ g/cm}^3$ przyjmowały wartości w przedziale 3,25–65,23%,
- zawartości popiołu w frakcjach koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 4,52–11,49%, natomiast w frakcjach produktów odpadowych wartości w przedziale 69,43–87,66%,
- wartości opałowe frakcji koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 21 258–31 779 kJ/kg, natomiast frakcji produktów odpadowych wartości w przedziale 1 019–7 940 kJ/kg.

Jak wynika z przeprowadzonych badań i obliczeń – można przy dwuproduktowym wzbogacaniu w warunkach laboratoryjnych otrzymać dobrej jakości produkty węglowe, które nie odbiegają od jakości produktów oferowanych na krajowym rynku.

Zaprezentowane wyniki badań wskazują na znaczne zróżnicowanie jakości mułów węglowych zdeponowanych w poszczególnych wybranych do analiz depozytach. Powodem tego jest zróżnicowanie typów technologicznych węgla pochodzących z poszczególnych kopalń, które wykorzystywały te depozyty oraz stosowane przez te kopalnie rozwiązania technologiczne w zakresie procesów wzbogacania. Uzyskane wyniki jakościowe i ilościowe mułów depozytowych wskazują na istnienie znacznego potencjału energetycznego, który przy odpowiednich technologiach zagospodarowania może zostać efektywnie wykorzystany.

Przedstawione wyniki badań dotyczą teoretycznych możliwości uzyskiwania produktów węglowych na podstawie krzywych wzbogacalności. W warunkach innych niż rozdział w laboratoryjnych cieczach ciężkich wyniki będą się różnić (krzywe wzbogacania). Z tego też względu w dalszej części monografii przedstawiono wyniki wzbogacania depozytów mułów węglowych metodami flotacji, wzbogacania strumieniowego i odśrodkowego.

7. Technologie wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych

Nagromadzone depozyty mułów węglowych deponowane w odległych okresach funkcjonowania zakładów przeróbczych charakteryzują się zmienną jakością oraz zróżnicowaną strukturą fizyko-chemiczną zależną od stopnia sprawności stosowanych dawniej procesów technologicznych. Z tego też względu konieczne było indywidualne podejście do opracowania technologii wzbogacania w celu uzyskania pełnowartościowego paliwa, mając na uwadze wymagania określone w polskich normach PN-82/G-97001 i PN-82/G-97003.

Pełnowartościowy produkt mający cechy konwencjonalnego nośnika energii można uzyskać stosując różne metody wzbogacania. Istotne jest więc wytypowanie metody o jak najwyższej efektywności. Cechami tej efektywności są:

- sprawność procesu wzbogacania,
- jakość pozyskiwanego produktu,
- koszt inwestycji służącej pozyskiwaniu produktu,
- koszty eksploatacyjne charakteryzujące pozyskiwanie produktu.

Pierwsze z wymienionych cech są na ogół określane w badaniach laboratoryjnych i stanowią podstawę analiz oraz wyznaczania parametrów charakteryzujących dwie kolejne cechy. Wybór metod wzbogacania poprzedzony został przeprowadzeniem badań granulometrycznych (rozdz. 6.2.1) i densymetrycznych (rozdz. 6.2.2) na uśrednionych próbkach mułów z wybranych zinwentaryzowanych depozytów. W badaniach granulometrycznych z próbek mułów wydzielano następujące klasy ziarnowe: $>2,0$; $2,0-1,0$; $1,0-0,5$; $0,5-0,3$; $0,3-0,2$; $0,2-0,1$; $<0,1$ mm, oznaczając w każdej klasie ziarnowej: wychód klasy, wilgoć higroskopijną, zawartość popiołu, zawartość siarki całkowitej, zawartość części lotnych, wartość opałową. Natomiast w badaniach densymetrycznych próbki mułów dzielono na frakcje gęstościowe: $<1,3$; $1,3-1,6$; $1,6-1,8$; $>1,8$ g/cm³, oznaczając w każdej frakcji gęstościowej: wychód frakcji, wilgoć higroskopijną, zawartość popiołu, zawartość siarki całkowitej, zawartość części lotnych, wartość opałową. Oznaczenia wykonywane były zgodnie z obowiązującymi normami.

Na podstawie przeprowadzonych badań zaproponowano wykorzystanie następujących metod w zakresie możliwości uzyskania koncentratu węglowego z wytypowanych depozytów mułów węglowych:

- metodę flotacji,

- metodę wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reichert typu LD4,
- metodę wzbogacania z wykorzystaniem siły odśrodkowej w:
 - hydrocyklonie klasyfikującym,
 - klasyfikatorze odśrodkowym.

Do badań technologicznych wzbogacania strumieniowego i z wykorzystaniem siły odśrodkowej wytypowano muły węglowe z depozytów, których pojemność jest stosunkowo duża oraz te muły, których jakość wynikająca z analiz ilościowo-jakościowych wskazywała na możliwość uzyskania koncentratów o dobrych parametrach energetycznych.

Przed badaniami właściwymi wykonywano szereg badań wstępnych, których celem było ustalenie odpowiednich dla wzbogacanego materiału parametrów nadawy: zagęszczenia, natężenia przepływu, dawki flokulanta, ustawień parametrów roboczych itp. Badania wzbogacania mułów zostały wykonane w laboratorium Katedry Przeróbki Kopalini i Utylizacji Odpadów Wydziału Górniczo-Geologii Politechniki Śląskiej na zlecenie Centrum Gospodarki Odpadami i Zarządzania Środowiskowego IMBiGS. Autor uzyskał zgodę na wykorzystanie wyników badań w niniejszej monografii (PSL5/3 2011).

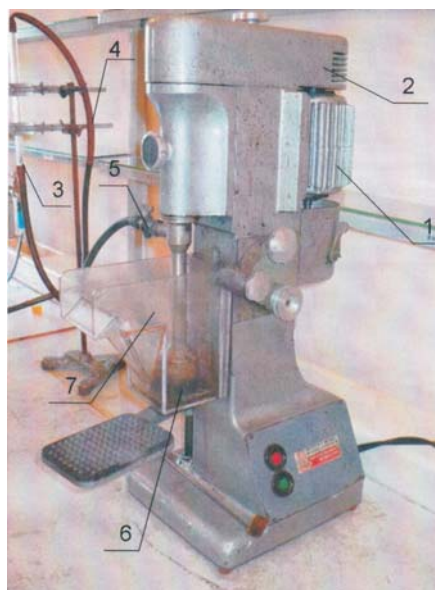
7.1. Badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu metodą flotacji

Flotacja jest jedną z metod wzbogacania stosowaną do rozdziału bardzo drobnych ziarn mineralnych (Gaudin 1963; Klassen 1966; Sablik 1998). Badania laboratoryjne przeprowadzone zostały we flotowniku laboratoryjnym o pojemności komory flotacyjnej wynoszącej 1 dm³. Widok stanowiska badawczego przedstawiony został na rysunku 7.1. Zagęszczenie mieszaniny wodno-węglowej wynosiło 100 g/l.

W badaniach użyty został odczynnik flotacyjny MONTANOL 505, jako najczęściej stosowany w procesach flotacji w zakładach przerobczych kopalni węgla kamiennego. W pierwszej kolejności wykonano serię badań wstępnych w celu ustalenia optymalnej dawki odczynnika flotacyjnego. Badania przeprowadzono dla dawki flokulanta: 0,4; 0,5 i 0,6 kg/Mg materiału suchego. Badania wykazały, że dla dawki flokulanta 0,6 kg/Mg materiału suchego uzyskano najlepszy efekt flotacji mułów węglowych (PSL5/3 2011).

Badania przeprowadzono dla wybranych do badań ilościowo-jakościowych 16 zidentyfikowanych depozytów. Za pozytywny wynik podatności na proces flotacji dla prób pobranych z danego depozytu uznano taki, dla którego uzyskano wychód koncentratu na poziomie większym niż 30%, przy zawartości w nim popiołu na poziomie mniejszym niż 25%. Warunek ten został spełniony dla depozytów oznaczonych symbolami K3/1, K3/2, K4/1, K4/2, K4/3, K6, K2/1, K1/1, K5/1, K5/2, K5/3 i K5/4. Wyniki badań wzbogacania mułów węglowych dla tych depozytów przedstawiono w tabeli 7.1 podając (PSL5/3 2011):

- zawartość popiołu w nadawie,
- rodzaj i dawkę odczynnika flotacyjnego użytego w badaniach,
- wychód koncentratu i odpadów,



Rys. 7.1. Widok stanowiska badawczego – laboratoryjnej maszyny flotacyjnej:
 1 – silnik, 2 – przekładnia, 3 – rotometr, 4 – doprowadzenie powietrza, 5 – zawór powietrza,
 6 – mieszalnik, 7 – komora flotacyjna
 Źródło: PSL 5/3 2011

Fig. 7.1. View of research stand – laboratory flotation machine

- zawartość popiołu w koncentracie i odpadach,
- uzysk substancji węglowej i substancji odpadowej,
- ciepło spalania koncentratu.

Przeprowadzone badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu węglowego metodą flotacji wykazały (tab. 7.1), że przy zapopieleniu nadawy w przedziale 27,2–50,9%:

- wychody frakcji koncentratów węglowych przyjmowały wartości 33,8–81,1%, natomiast wychody frakcji produktów odpadowych przyjmowały wartości 18,9–66,2%,
- zawartości popiołu w frakcjach koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 14,5–24,5%, natomiast w frakcjach produktów odpadowych wartości w przedziale 65,8–82,9%,
- uzyski frakcji koncentratów węglowych wynosiły 40,0–95,02%, natomiast frakcji produktów odpadowych 5,0–60%,
- wartości opałowe frakcji koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 22 760–26 880 kJ/kg.

Rezultaty badań nad flotacyjnym wzbogacaniem mułów węglowych znajdujących się w wymienionych depozytach pokazały, że metodą tą można uzyskiwać produkty węglowe o jakości porównywalnej z jakością produktów handlowych oferowanych na krajowym rynku węgla kamiennego oraz produkty odpadowe o parametrach jakościowych umożliwiających ich gospodarcze wykorzystanie.

Tabela 7.1

Wyniki wzbogacania metodą flotacji (Montanol 505 – 0,6kg/Mg) mułów węglowych z wybranych depozytów

Table 7.1Results of beneficiation of coal slurry from the chosen coal slurry deposits using flotation processing
(Montanol 505 – 0,6kg/Mg)

Numer depozytu	Zapocielenie nadawy	Produkt	Wychód	Popiół	Uzysk	Wartość opałowa
	[%]		γ [%]	A ^a [%]	[%]	Q ^a [kJ/kg]
K3/1	47,1	K	46,5	20,1	70,4	25 650
		O	53,5	70,7	29,6	nb
K3/2	50,9	K	44,8	22,7	74,0	24 687
		O	55,2	82,9	26,0	nb
K4/1	28,6	K	81,1	16,4	95,0	26 880
		O	18,9	81,1	5,0	nb
K4/2	28,6	K	79,6	15,9	94,3	27 120
		O	20,4	80,3	5,7	nb
K4/3	27,2	K	73,7	14,5	87,5	26 880
		O	26,3	65,8	12,5	nb
K6	48,0	K	65,3	24,5	88,7	22 760
		O	34,7	82,9	11,3	nb
K2/1	35,9	K	33,8	24,3	40,0	24 520
		O	66,2	72,0	60,0	nb
K1/1	44,3	K	58,4	23,6	82,2	24 670
		O	41,6	76,8	17,8	nb
K5/1	36,7	K	71,7	19,2	91,0	25 875
		O	28,3	79,8	9,0	nb
K5/2	36,2	K	71,1	19,5	89,4	25 810
		O	28,9	76,7	10,6	nb
K5/3	37,3	K	70,0	19,3	89,2	25 845
		O	30,0	77,4	10,8	nb
K5/4	36,5	K	71,7	21,3	89,4	25 465
		O	28,3	76,3	10,6	nb

nb – nie badano

7.2. Badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu metodą wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reicherta typu LD

Wzbogacalnik strumieniowy zwojowy Reicherta typu LD4 przeznaczony jest do wzbogacania węgla surowego w uziarnieniu do 3,0 mm (Blaschke W., Blaschke S. 1999).

Na rysunku 7.2 zaprezentowano zdjęcie wzbogacalnika strumieniowego zwojowego Reicherta typu LD4, a na rysunku 7.3 schemat stanowiska badawczego.



Rys. 7.2. Widok stanowiska badawczego – wzbogacalnik strumieniowy zwojowy typu Reicherta LD4

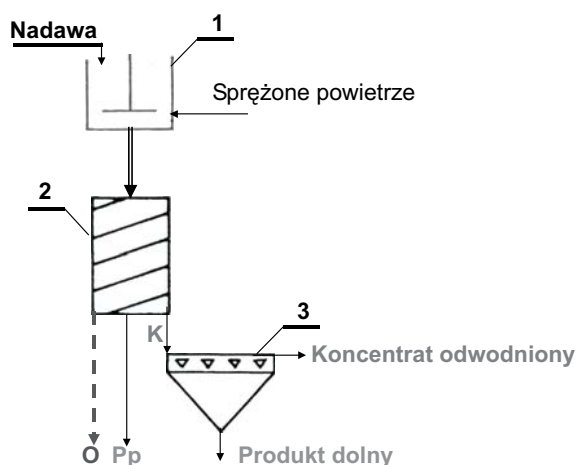
Źródło: PSL 5/3 2011

Fig. 7.2. View of research stand – Reichert LD4 spiral separator

Stanowisko badawcze składało się ze: zbiornika nadawy (1) wzbogacalnika strumieniowego zwojowego Reichert typu LD4 (2) o układzie dwóch koryt po sześć zwojów oraz przesiewacza odwadniającego (3). Nadawa była podawana grawitacyjnie ze zbiornika (1) z mieszadłem szybkoobrotowym i dodatkowo mieszana powietrzem ze sprężarki. Ruch mieszadła i strumień powietrza powodowały, że nadawa podawana na zwoje (2) nie osiadała w zbiorniku (1) i miała stałe zagęszczenie.

Średnica zbiornika wynosi 600 mm, a pojemność 200 dm³. Zbiornik napełniano zawiesiną o określonym zagęszczeniu do objętości 100 dm³. Ilość wypływającej zawiesiny ze zbiornika regulowano zaworem kulowym o średnicy 60 mm.

Przed przystąpieniem do badań wykonano kilkanaście prób na materiałach odpadowych o podobnych parametrach i właściwościach. Celem prób wstępnych było określenie prze-



Rys. 7.3. Schemat stanowiska badawczego
 1 – zbiornik zawiesziny, 2 – wzbogacalnik strumieniowy typu Reichert LD4,
 3 – przesiewacz odwadniający
 Źródło: PSL 5/3 2011

Fig. 7.3. Scheme of research stand

działu najkorzystniejszych zagęszczeń nadawy, wyregulowanie intensywności podawania nadawy o określonym zagęszczeniu na rynnę roboczą oraz właściwych ustawień noży kierujących i odbieralników produktów rozdziału. Badania przeprowadzono dla zagęszczenia nadawy kierowanej na spiralę – 300g/l. Wyniki badań wzbogacania próbek z wybranych 16 depozytów zestawiono zbiorczo w tabeli 7.2 (PSL5/3 2011).

Zestawione w tabeli 7.2 parametry ilościowo-jakościowe odnoszą się do produktów odmulonych na sicie 0,1mm. Ziarna najdrobniejsze nie wzbogacają się skutecznie na spirali. Dolna granica skuteczności rozdziału gęstościowego dla ziarn mułów węglowych zawarta jest w przedziale od 0,08 do 0,12 mm. Ziarna o wymiarach mniejszych trafiają w zasadzie w całości do koncentratów pogarszając znacznie ich jakość. W ostatniej kolumnie tabeli 7.2 przedstawiono wychody uzyskanych (odmulonych) koncentratów w odniesieniu do całości nadawy kierowanej do wzbogacania.

Przeprowadzone badania możliwości uzyskania koncentratu metodą wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reicherta typu LD4 wykazały (tab. 7.2), że przy zapopieleniu nadawy w przedziale 22,36–48,63% i jej zagęszczeniu do wartości 300 g/l wychody uzyskanych (odmulonych) koncentratów w odniesieniu do całości nadawy kierowanej do wzbogacania zawierały się w granicach 3,33–42,28%.

Uzyskane w przedmiotowym procesie frakcje koncentratów węglowych charakteryzowały się następującymi parametrami:

- wychody w przedziale 7,60–73,62%,
- zawartości popiołu w przedziale 14,73–16,93%,
- wartości opałowe w przedziale 19 899–28 212 kJ/kg.

Tabela 7.2

Parametry produktów wzbogacania materiału odmulonego na pięciowojowym separatorze Reicherta typu LD4 przy zagęszczeniu nadawy 300 g/l

Table 7.2

Parameters of the beneficiation products of the blow down material on the Reichert 5-spiral separator of LD4 type for the feed density of 300 g/l

Lp.	Numer depozytu	Nadawa		Frakcja koncentratów węglowych					Frakcja produktów odpadowych					Wychód frakcji węglowych w odniesieniu do całości nadawy
		zawartość popiołu		wychód	zawartość popiołu	wartość opałowa	wilgość higrosk.	wychód	zawartość popiołu	wartość opałowa	wilgość higrosk.	Wychód frakcji węglowych w odniesieniu do całości nadawy		
		A ^a [%]	γ [%]	γ [%]	A ^a [%]	Q ^a [kJ/kg]	W ^{ex} [%]	γ [%]	A ^a [%]	Q ^a [kJ/kg]	W ^{ex} [%]	γ _{ke} [%]	γ _{ke} [%]	
1.	K18	31,64	37,87	16,43	20 142	5,25	62,13	40,91	14 353	4,35	17,99	17,99		
2.	K11/1	42,51	9,45	17,62	22 237	5,69	90,55	45,11	14 154	4,49	4,82	4,82		
3.	K11/2	48,63	7,60	16,34	19 899	6,23	92,40	51,29	11 945	4,35	3,33	3,33		
4.	K3/1	43,87	16,12	14,86	28 212	1,18	83,88	49,45	13 941	1,20	12,47	12,47		
5.	K3/2	39,64	18,43	15,72	23 549	4,37	81,57	45,04	13 762	3,93	9,13	9,13		
6.	K4/1	32,20	46,38	15,61	25 656	1,88	53,62	46,55	16 010	2,46	30,47	30,47		
7.	K4/2	24,21	66,30	14,73	26 728	2,12	33,70	42,86	16 438	2,06	39,28	39,28		
8.	K4/3	22,36	73,62	14,91	27 455	2,11	26,38	43,15	15 703	2,41	42,28	42,28		
9.	K6	44,06	17,43	16,93	26 045	2,59	82,57	49,79	15 263	2,69	8,28	8,28		
10.	K2/1	25,13	68,71	15,34	25 988	2,52	31,29	46,63	14 300	2,14	25,13	25,13		
11.	K17	46,22	8,15	16,12	20 410	4,84	91,85	48,89	12 143	4,23	3,60	3,60		
12.	K1/1	43,91	14,82	16,55	26 042	1,69	85,18	48,67	14 625	1,78	7,72	7,72		
13.	K5/1	30,96	44,09	15,44	26 312	2,36	55,91	43,20	16 401	2,43	20,11	20,11		
14.	K5/2	34,88	41,18	16,72	22 603	2,04	58,82	47,59	15 014	2,14	19,59	19,59		
15.	K5/3	34,21	41,51	15,93	25 693	2,41	58,49	47,18	15 506	2,46	20,96	20,96		
16.	K5/4	35,67	37,83	16,27	26 060	2,30	62,17	47,47	15 262	2,20	19,19	19,19		

Natomiast uzyskane w przedmiotowym procesie frakcje produktów odpadowych charakteryzowały się następującymi parametrami:

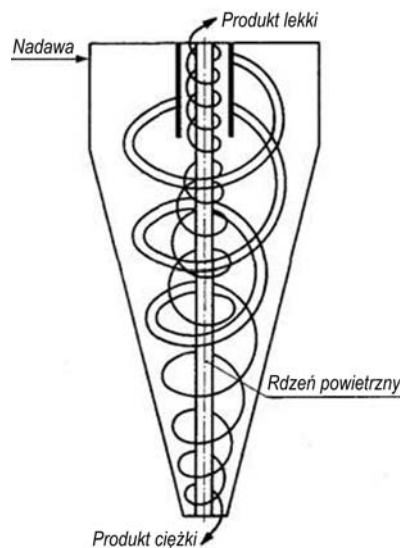
- wychody w przedziale wartości 26,38–92,40%,
- zawartości popiołu w przedziale wartości 40,91–51,29%,
- wartości opałowe w przedziale 11 945–16 438 kJ/kg.

Rezultaty badań nad wzbogacaniem strumieniowym mułów węglowych z zastosowaniem separatora zwojowego Reicherta typu LD4 wykazały, że metodą tą można uzyskiwać produkty węglowe o jakości porównywalnej z jakością produktów handlowych oferowanych na krajowym rynku węgla kamiennego. Zastosowanie tej metody wzbogacania charakteryzuje się jednak znaczą utratą substancji węglowej oraz powstawaniem frakcji produktów odpadowych o złych (duża wartość opałowa) parametrach jakościowych uniemożliwiających ich gospodarcze wykorzystanie.

7.3. Badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu metodą wzbogacania z wykorzystaniem hydrocyklonu klasyfikującego

Hydrocyklon jest urządzeniem, w którym proces rozdziału faz następuje przy wykorzystaniu siły grawitacji i siły odśrodkowej (Nowak 1970; Piecuch 2010). Na rysunku 7.4 zaprezentowano schemat działania hydrocyklonu klasyfikującego.

Analiza wyników ilościowo-jakościowych badań granulometrycznych próbek mułów depozytowych wykazała znaczny udział ziarn bardzo drobnych, trudnych do wzbogacania



Rys. 7.4. Schemat działania hydrocyklonu klasyfikującego

Źródło: PSL 5/3 2011

Fig. 7.4. Operation scheme of classification hydrocyclone

metodami grawitacyjnymi. Ziarna te w przeważającej mierze są ziarnami o złej jakości pogarszającymi koncentraty uzyskiwane różnymi metodami wzbogacania grawitacyjnego. W wielu przypadkach ziarna grubsze o wielkościach $>0,1$ mm są dobrej jakości i nie ma konieczności ich wzbogacania skomplikowanymi drogimi metodami. Eliminacja najdrobniejszych ziarn na drodze odmulania (klasyfikacji) w hydrocyklonach może znacznie poprawić jakość mułów bez konieczności stosowania innych, dalszych zabiegów przerobczych.

Przed przystąpieniem do badań nad właściwymi materiałami wykonano kilkanaście prób na materiałach odpadowych o podobnych parametrach i właściwościach. Celem prób wstępnych było określenie przedziału najkorzystniejszych zagęszczeń nadawy oraz wyregulowanie intensywności podawania nadawy o określonym zagęszczeniu (ciśnienia zasilania). Wyniki badań wzbogacania (klasyfikacji) próbek z wybranych 16 depozytów zestawiono zbiorczo w tabeli 7.3 (PSL5/3 2011).

Tabela 7.3

Parametry jakościowe koncentratu uzyskiwanego przy zastosowaniu hydrocyklonu klasyfikującego o średnicy 150 mm przy zagęszczeniu nadawy 150g/l

Table 7.3

Quality parameters of the concentrate obtained while using classification hydrocyclone with a diameter 150 mm and for the feed density of 150g/l

Lp.	Numer depozytu	Nadawa	Koncentrat (wylew z hydrocyklonu)			
		zawartość popiołu	wychód	zawartość popiołu	zawartość siarki	wartość opałowa
		A ^a [%]	γ_k [%]	A ^a [%]	S _c ^a [%]	Q ^a [%]
1.	K18	63,14	50,03	57,45	0,58	9 295
2.	K11/1	48,77	51,05	42,51	0,96	15 990
3.	K11/2	56,65	43,79	48,63	0,82	12 008
4.	K3/1	46,08	77,35	43,87	3,42	16 277
5.	K3/2	58,81	63,40	56,87	2,04	12 027
6.	K4/1	28,15	50,58	32,20	0,35	24 363
7.	K4/2	28,52	59,24	24,21	0,61	24, 557
8.	K4/3	27,69	57,43	22,36	0,83	25 501
9.	K6	48,11	47,50	44,06	0,74	18 022
10	K2/1	33,22	57,89	25,13	0,70	24 234
11.	K17	54,92	44,23	46,22	1,09	13 444
12.	K1/1	45,85	52,08	43,91	1,05	17 972
13.	K5/1	37,40	45,61	30,96	0,86	21 415
14.	K5/2	36,66	47,57	34,88	0,85	21 085
15.	K5/3	36,12	50,50	34,21	1,12	21 161
16.	K5/4	36,47	50,74	35,67	1,06	21 844

Przeprowadzone badania możliwości uzyskania koncentratu metodą wzbogacania z wykorzystaniem siły odśrodkowej w hydrocyklonie klasyfikującym (eliminacja najdrobniejszych ziarn na drodze odmulania czyli tzw. klasyfikacji) wykazały, że przy zapopieleniu nadawy w przedziale 27,69–63,14% i jej zagęszczeniu do wartości 150 g/l wychody uzyskanych w wylewie (odmulonych) koncentratów węglowych przyjmowały wartości w granicach 43,79–77,35%.

Uzyskane w przedmiotowym procesie frakcje koncentratów węglowych charakteryzowały się następującymi parametrami:

- zawartości popiołu w przedziale 22,36–57,45%,
- zawartości siarki całkowitej w przedziale 0,35–3,42%,
- wartości opałowa w przedziale 9 295–25 501 kJ/kg.

Rezultaty badań nad wzbogacaniem odśrodkowym mułów węglowych z zastosowaniem hydrocyklonu klasyfikującego wykazały, że metodę tę należy uznać za nieprzydatną z uwagi na parametry jakościowe (wysokie zawartości popiołu) uzyskiwanych produktów węglowych.

7.4. Badania w zakresie możliwości uzyskania koncentratu metodą wzbogacania w klasyfikatorze odśrodkowym

Klasyfikator odśrodkowy działa na zasadzie wytworzenia wiru przy pomocy układu odpowiednio wyprofilowanych łopatek osadzonych na pionowym wale wprawianym w ruch.

Urządzenie to przeznaczone jest do rozdziału mułów węglowych o górnej granicy uziarnienia 1(2) mm. Na rysunku 7.5 zaprezentowano widok stanowiska doświadczalnego z klasyfikatorem odśrodkowym.

Przed przystąpieniem do badań właściwych wykonano kilkanaście prób wstępnych, których celem było określenie przedziału najkorzystniejszych zagęszczeń nadawy, wyregulowanie intensywności i naporu podawania nadawy o określonym zagęszczeniu do klasyfikatora. Dobór odpowiednich parametrów ukierunkowany był w pierwszym etapie na odmulenie jak największej ilości ziarn najdrobniejszych, tzn. na klasyfikację na poziomie około 0,1 mm. W drugim etapie skoncentrowano się na doborze właściwych parametrów techniczno-technologicznych umożliwiających rozdział gęstościowy ziarn w klasyfikatorze. Właściwy proces wzbogacania badanych próbek mułów depozytowych prowadzono dwustopniowo. Na pierwszym stopniu usuwano nadmiar uciążliwych ziarn najdrobniejszych, odbieranych przelewem. Wylew z klasyfikatora kierowano na drugi stopień rozdziału umożliwiając odbiór dwu produktów: produkt lekki (koncentrat) z przelewu klasyfikatora i produkt ciężki (odpady) z wylewu klasyfikatora. Wyniki badań wzbogacania (klasyfikacji) próbek pochodzących z poszczególnych 16 wybranych depozytów zestawiono zbiorczo w tabeli 7.4 (PSL5/3 2011). Wyniki ilościowo-jakościowe produktów (koncentratów i odpadów) przedstawione w tabeli odnoszą się do produktów uzyskanych z drugiego stopnia rozdziału ziarn (doświadczenie prowadzono przy zagęszczeniu nadawy 100 g/l). W ostatniej



Rys. 7.5. Widok stanowiska doświadczalnego z klasyfikatorem odśrodkowym
 1 – separator (klasyfikator odśrodkowy), 2 – wlot nadawy, 3 – przelew – produkt lekki,
 4 – odbiór produktu ciężkiego, 5 – stożek nadawczy naporowy – zapewniający stałe określone ciśnienie
 nadawy, 6 – zbiornik – rzapie z pompą podającą nadawę do stożka naporowego,
 7 – zbiornik produktu lekkiego (z przelewu klasyfikatora)

Źródło: PSL 5/3 2011

Fig. 7.5. View of research stand with centrifugal classifier

kolumnie przedstawiono wychody uzyskanych koncentratów w odniesieniu do całości nadawy kierowanej do wzbogacania (z pierwszego i drugiego stopnia wzbogacania).

Przeprowadzone badania możliwości uzyskania koncentratu węglowego w klasyfikatorze odśrodkowym o zmiennej prędkości wykazały (tab. 7.4), że przy zapopieleniu nadawy w przedziale 22,36–48,63% i jej zagęszczeniu do wartości 100 g/l wychody uzyskanych (odmulonych) koncentratów w odniesieniu do całości nadawy kierowanej do wzbogacania zawierały się w granicach 1,48–41,05%.

Uzyskane w przedmiotowym procesie frakcje koncentratów węglowych charakteryzowały się następującymi parametrami:

- wychody w przedziale 3,11–71,47%,
- zawartości popiołu w przedziale 15,24–17,62%,
- wartości opałowe w przedziale 19 899–27 843 kJ/kg.

Tabela 7.4

Parametry produktów wzbogacania materiału odmulonego w klasyfikatorze odśrodkowym o zmiennej prędkości wirowania, przy zagęszczeniu nadawy 100 g/l

Table 7.4

Quality parameters of the blow down material in the centrifugal classifier of variable rotation speed for the feed density of 100 g/l

Lp.	Numer depozytu	Nadawa		Frakcja koncentratów węglowych				Frakcja produktów odpadowych				Wychód frakcji koncentratów węglowych w odniesieniu do całości nadawy				
		zawartość popiołu A ^a [%]	wychód γ [%]	zawartość popiołu A ^a [%]	wychód γ [%]	wartość opatowa Q ^a [kJ/kg]	wilgość higrosk. W ^{ex} [%]	zawartość popiołu A ^a [%]	wychód γ [%]	wartość opatowa Q ^a [kJ/kg]	wilgość higrosk. W ^{ex} [%]	zawartość popiołu A ^a [%]	wychód γ [%]	wartość opatowa Q ^a [kJ/kg]	wilgość higrosk. W ^{ex} [%]	γ _{ke} [%]
1.	K18	31,64	21,12	15,24	20,270	5,68	78,88	36,03	15,510	4,42	10,03					
2.	K11/1	42,51	9,45	17,62	22,237	5,69	90,55	45,11	14,154	4,49	4,82					
3.	K11/2	48,63	7,60	16,34	19,899	6,23	92,40	51,29	11,945	4,35	3,33					
4.	K3/1	43,87	3,25	16,81	27,843	1,12	96,75	44,78	15,676	1,20	2,51					
5.	K3/2	39,64	18,43	15,72	23,549	4,37	81,57	45,04	13,762	3,93	9,13					
6.	K4/1	32,20	38,47	16,08	25,647	2,00	61,53	42,28	17,148	2,31	19,46					
7.	K4/2	24,21	59,68	17,12	25,747	2,22	40,32	34,70	19,263	1,92	35,35					
8.	K4/3	22,36	71,47	16,59	26,760	2,28	28,53	36,81	18,158	1,96	41,05					
9.	K6	44,06	3,11	16,55	26,144	2,73	96,89	44,94	16,584	2,67	1,48					
10.	K2/1	25,13	63,84	16,13	25,162	2,46	36,16	41,02	16,418	2,29	36,96					
11.	K17	46,22	8,15	16,12	20,410	4,84	91,85	48,89	12,143	4,23	3,60					
12.	K1/1	43,91	4,13	15,74	26,325	1,69	95,87	45,12	15,796	1,77	2,15					
13.	K5/1	30,96	36,84	15,86	26,241	1,96	63,16	39,77	17,389	2,66	16,80					
14.	K5/2	34,88	29,42	16,53	25,672	2,03	70,58	42,53	16,878	2,13	14,00					
15.	K5/3	34,21	31,51	16,76	25,394	2,28	68,49	42,24	17,065	2,51	15,91					
16.	K5/4	35,67	28,43	15,74	26,168	2,21	71,57	43,59	16,412	2,25	14,43					

Natomiast uzyskane w przedmiotowym procesie frakcje produktów odpadowych charakteryzowały się następującymi parametrami:

- wychody w przedziale wartości 28,53–96,89%,
- zawartości popiołu w przedziale wartości 34,70–51,29%,
- wartości opałowe w przedziale 11 945–19 263 kJ/kg.

Rezultaty badań nad wzbogacaniem odśrodkowym mułów węglowych z zastosowaniem klasyfikatora odśrodkowego wykazały, że metodą tą można uzyskiwać produkty węglowe o jakości porównywalnej z jakością produktów handlowych oferowanych na krajowym rynku węgla kamiennego. Zastosowanie tej metody wzbogacania charakteryzuje się jednak znaczą utratą substancji węglowej (wychody w przedziale 3,11–71,47%) oraz powstawaniem frakcji produktów odpadowych o złych (duża wartość opałowa) parametrach jakościowych uniemożliwiających ich gospodarcze wykorzystanie.

7.5. Podsumowanie wyników wzbogacania depozytów mułów węglowych

Zaprezentowane w rozdziałach 7.1–7.4 metody wzbogacania wykazują istotne różnice pod względem otrzymanych parametrów jakościowych koncentratów węglowych (tab. 7.5). Najlepsze wyniki wzbogacania mułów węglowych uzyskano stosując metodę flotacji. Zanotowane wychody frakcji koncentratów węglowych wyniosły średnio około 64%. Wartości opałowe tych koncentratów oszacowano średnio na poziomie około 25 MJ/kg, a zawartości popiołu na około 20%. W badaniach tą metodą zanotowano stosunkowo wysoki poziom zawartości popiołu w produktach odpadowych w przedziale 65,8–82,9%, co umożliwi ich gospodarcze wykorzystanie w różnych gałęziach przemysłu.

Badania metodą flotacji wykazały także, że w przypadku użytego w próbach laboratoryjnych odczynnika nie można jej zastosować do wszystkich zidentyfikowanych depozytów. Wynika z tego, że w przypadku zainteresowania wykorzystaniem tej metody w odniesieniu do innych drobnoziarnistych materiałów odpadowych ze wzbogacania węgla kamiennego należy poszukiwać nowych, skuteczniej działających odczynników.

Mniej korzystne wyniki uzyskano wzbogacając depozyty mułów węglowych we wzbogacalniku strumieniowym zwojowym typu Reichert LD4 i klasyfikatorze odśrodkowym.

Przeprowadzone badania wzbogacania depozytów mułów węglowych metodą wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reicherta typu LD4 wykazały, że przy wstępnym usunięciu ziarna <0,1 mm i zagęszczeniu nadawy do wartości 300 g/l wychody uzyskanych koncentratów węglowych wyniosły średnio około 34%. Wartości opałowe uzyskanych koncentratów wynosiły średnio 24,5 MJ/kg, przy zawartości popiołu na poziomie około 16%. Zastosowanie tej metody wzbogacania charakteryzuje się jednak dość znaczą utratą substancji węglowej oraz powstawaniem frakcji produktów odpadowych o złych (duża wartość opałowa) parametrach jakościowych uniemożliwiających ich gospodarcze wykorzystanie.

Tabela 7.5

Porównanie wybranych parametrów frakcji koncentratów węglowych uzyskanych poprzez wzbogacanie depozytów mułów węglowych różnymi metodami

Table 7.5

Comparison of selected parameters of coal concentrate fractions obtained through beneficiation of the coal slurry using different methods

Lp.	Numer depozytu	Hydrocyklon			Klasyfikator odśrodkowy, 100 g/l			Separator zwojowy Reicherta, 300g/l			Flotacja		
		wychód % _k [%]	zawartość popiołu A ^a [%]	wartość opałowa Q ^a [kJ/kg]	wychód % _k [%]	zawartość popiołu A ^a [%]	wartość opałowa Q ^a [kJ/kg]	wychód % _k [%]	zawartość popiołu A ^a [%]	wartość opałowa Q ^a [kJ/kg]	wychód % _k [%]	zawartość popiołu A ^a [%]	wartość opałowa Q ^a [kJ/kg]
1.	K18	50,03	57,45	9 295	21,12	15,24	20 270	37,87	16,43	20 142	–	–	–
2.	K11/1	51,05	42,51	15 990	9,45	17,62	22 237	9,45	17,62	22 237	–	–	–
3.	K11/2	43,79	48,63	12 008	7,60	16,34	19 899	7,60	16,34	19 899	–	–	–
4.	K3/1	77,35	43,87	16 277	3,25	16,81	27 843	16,12	14,86	28 212	46,5	20,1	25 650
5.	K3/2	63,40	56,87	12 027	18,43	15,72	23 549	18,43	15,72	23 549	44,8	22,7	24 687
6.	K4/1	50,58	32,20	24 363	38,47	16,08	25 647	46,38	15,61	25 656	81,1	16,4	26 880
7.	K4/2	59,24	24,21	24 557	59,68	17,12	25 747	66,30	14,73	26 728	79,6	15,9	27 120
8.	K4/3	57,43	22,36	25 501	71,47	16,59	26 760	73,62	14,91	27 455	73,7	14,5	26 880
9.	K6	47,50	44,06	18 022	3,11	16,55	26 144	17,43	16,93	26 045	65,3	24,5	22 760
10.	K2/1	57,89	25,13	24 234	63,84	16,13	25 162	68,71	15,34	25 988	33,8	24,3	24 520
11.	K17	44,23	46,22	13 444	8,15	16,12	20 410	8,15	16,12	20 410	–	–	–
12.	K1/1	52,08	43,91	17 972	4,13	15,74	26 325	14,82	16,55	26 042	58,4	23,6	24 670
13.	K5/1	45,61	30,96	21 415	36,84	15,86	26 241	44,09	15,44	26 312	71,7	19,2	25 875
14.	K5/2	47,57	34,88	21 085	29,42	16,53	25 672	41,18	16,72	22 603	71,1	19,5	25 810
15.	K5/3	50,50	34,21	21 161	31,51	16,76	25 394	41,51	15,93	25 693	70,0	19,3	25 845
16.	K5/4	50,74	35,67	21 844	28,43	15,74	26 168	37,83	16,27	26 060	71,7	21,3	25 465
	Średnia	53,06	38,97	17 165	27,18	16,31	24 592	34,34	15,97	24 564	63,98	20,11	25 514

Przeprowadzone badania wzbogacania depozytów mułów węglowych w klasyfikatorze odśrodkowym o zmiennej prędkości wykazały, że po wstępnym usunięciu ziarna $<0,1$ mm i zagęszczeniu nadawy do wartości 100 g/l wychody uzyskanych koncentratów węglowych wyniosły średnio około 27%. Wartości opałowe uzyskanych koncentratów wynosiły średnio 24,6 MJ/kg, przy zawartości popiołu na poziomie około 16,5%. Zastosowanie tej metody wzbogacania podobnie jak w przypadku wzbogacania strumieniowego charakteryzuje się dość znacząco utratą substancji węglowej oraz powstawaniem frakcji produktów odpadowych o złych (duża wartość opałowa) parametrach jakościowych uniemożliwiających ich gospodarcze wykorzystanie.

Najmniej korzystne wyniki uzyskano wzbogacając depozyty mułów węglowych w hydrocyklonie klasyfikującym. Przeprowadzone badania możliwości uzyskania koncentratu tą metodą wykazały, że przy zagęszczeniu nadawy do wartości 150 g/l wychody uzyskanych w wylewie (odmulonych) koncentratów węglowych wyniosły średnio około 53%. Wartości opałowe uzyskanych koncentratów wynosiły średnio 17,2 MJ/kg, przy zawartości popiołu na poziomie około 39%.

Rezultaty badań nad wzbogacaniem odśrodkowym mułów węglowych z zastosowaniem hydrocyklonu klasyfikującego wykazały, że metodę tę należy uznać za nieprzydatną z uwagi na parametry jakościowe (wysokie zawartości popiołu) uzyskiwanych produktów węglowych.

W przypadku podejmowania decyzji o wzbogacaniu mułów znajdujących się w depozytach należy przeprowadzić bardzo szczegółowe badania technologiczne. Badania te miałyby na celu ustalenie optymalnych warunków prowadzenia procesów rozdzielczych. W niniejszym rozdziale przedstawiono rezultaty wzbogacania w wybranych urządzeniach. Analizując wyniki uzyskane dla poszczególnych depozytów, łatwo zauważyć, że różnią się one znacznie pomiędzy sobą. Jest to oczywiste, gdyż zgromadzone muły różnią się właściwościami technologicznymi (patrz: analizy granulometryczne i densymetryczne – rozdział 6.2.1 i 6.2.2). Z tego też względu nie można uogólniać przydatności lub nieprzydatności poszczególnych metod wzbogacania dla całości zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych. Tak więc dla każdego depozytu należy wybrać, po wykonaniu szczegółowych badań, optymalną w punktu widzenia parametrów jakościowych możliwych do uzyskania produktów metodę wzbogacania.

Reasumując, należy stwierdzić, że istnieje możliwość wzbogacania ziarn drobnych. Jest to zabieg istotny z uwagi na znaczne ilości tego typu materiału, który zdeponowany został w depozytach ziemnych w minionym okresie.

Przeprowadzone badania upoważniają do opracowania możliwych wariantów układów technologicznych przemysłowego wzbogacania mułów węglowych.

8. Układy technologiczne do wzbogacania depozytów mułów węglowych – założenia techniczne, konceptje technologiczne i wskaźniki kosztowe

Dla przedstawionych w rozdziale 7 metod wzbogacania depozytów mułów węglowych w celu ich wdrożenia na skalę przemysłową opracowano założenia techniczne poszczególnych węzłów układów technologicznych.

Podstawą opracowania założeń technicznych były badania jakościowe i ilościowe zinventaryzowanych depozytów mułów węglowych. Analizie poddano standardowe węzły, technologiczne które funkcjonują w zakładach przeróbki i wzbogacania surowców mineralnych, w tym głównie węgla kamiennego. Są to węzły:

- przygotowania nadawy,
- wzbogacania nadawy,
- odwadniania koncentratu,
- odwadniania odpadów,
- klarowania wód obiegowych.

Najważniejszymi elementami w analizie i opracowaniu założeń technicznych są węzły wzbogacania nadawy, dla których zdefiniowane zostały bilanse masowo-objętościowe. Zidentyfikowane w węzłach wzbogacania mułów masy i objętości nadawy, koncentratu i odpadów były podstawą doboru parametrów technicznych pozostałych węzłów w układach technologicznych zakładów wzbogacania.

Analizę przeprowadzono dla następujących technologii wzbogacania depozytów mułów węglowych z wykorzystaniem:

- hydrocyklonów klasyfikujących,
- klasyfikatorów odśrodkowych,
- separatorów spiralnych Reicherta,
- maszyn flotacyjnych,
- separatorów bębnowych MGS,
- hydrocyklonów klasyfikujących i maszyn flotacyjnych,
- hydrocyklonów klasyfikujących i separatorów spiralnych Reicherta,
- granulatorów.

Przeprowadzone badania jakości depozytów mułów węglowych zdeponowanych w stawach osadowych wykazały, że charakteryzują się one bardzo wysoką zawartością popiołu w najdrobniejszych klasach ziarnowych (<0,1 mm). Możliwości wzbogacania tak drobnych

ziarn najtańszymi metodami grawitacyjnymi są bardzo niewielkie, z uwagi na fakt, że dolna granica wielkości ziarn skutecznie wzbogacanych wynosi około 0,1 mm (PSL 5/4 2011).

8.1. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych – klasyfikacja hydrauliczna z wykorzystaniem hydrocyklonów

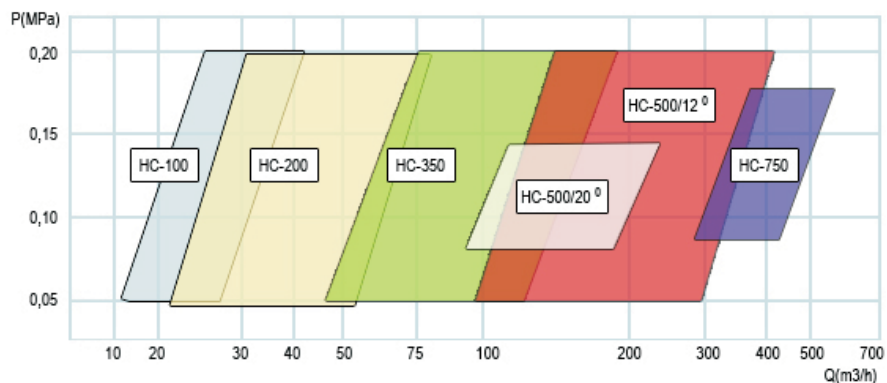
Najprostszą metodą wzbogacania depozytów mułów węglowych jest klasyfikacja hydrauliczna z wykorzystaniem hydrocyklonów. Technologia ta jest efektywna w przypadku depozytów mułów węglowych charakteryzujących się jak największą zawartością popiołu w najdrobniejszych klasach ziarnowych $< 0,1$ mm. Otrzymywany wylew z hydrocyklonu (koncentrat) ma znacznie obniżoną zawartość popiołu a zatem taka klasyfikacja jest równocześnie procesem wzbogacania mułów. Niemniej ze względu na specyfikę rozdziału w hydrocyklonach klasyfikujących odpadowe produkty (ziarna $< 0,1$ mm) charakteryzują się w praktyce stosunkowo niską zawartością popiołu często nawet poniżej 40% (w stanie analitycznym), co potwierdziły przeprowadzone badania technologiczne. Tak mała zawartość popiołu w produkcie odpadowym świadczy o dużych stratach substancji palnej. Jest wiele czynników determinujących skuteczność klasyfikacji hydraulicznej z wykorzystaniem hydrocyklonów z założonym ziarnem podziałowym. Do najistotniejszych czynników naturalnych należą:

- skład ziarnowy depozytów mułów węglowych,
- porowatość ziarn,
- kształt ziarn,
- stopień uwolnienia substancji węglowej i mineralnej,
- skład i rodzaj substancji mineralnej zawartej w węglu,
- udział ziarn najdrobniejszych ($< 0,05$ mm) w nadawie.

W zależności od tych czynników dobiera się wielkość hydrocyklonu, kąt zbieżności części stożkowej oraz najistotniejsze parametry technologiczne – zagęszczenie nadawy oraz ciśnienie zasilania hydrocyklonu.

Na rysunku 8.1 przedstawiono parametry hydrocyklonów klasyfikujących typu HC z zakresami wydajności dla poszczególnych wielkości hydrocyklonów.

W zależności od parametrów ilościowo-jakościowych depozytów mułów węglowych, jak i wszystkich parametrów techniczno-technologicznych procesu klasyfikacji hydraulicznej z wykorzystaniem hydrocyklonów z założonym ziarnem podziałowym można przyjąć pewne zakresy wielkości typu wydajność czy zagęszczenie do bilansu masowego rozdziału. Nadawa kierowana do wzbogacania w hydrocyklonach klasyfikujących powinna mieć zagęszczenie w granicach od 50 do 150 g/l. Właściwy dobór zagęszczenia uzależniony jest w głównej mierze od średniej gęstości ziarn mułowych oraz przede wszystkim od składu ziarnowego nadawy kierowanej do rozdziału a zwłaszcza od udziału masowego najdrobniejszych ziarn $< 0,045$ mm. Wydajność procesu wzbogacania zależy głównie od wielkości hydrocyklonu, od ciśnienia zasilania oraz zagęszczenia nadawy. W tabeli 8.1 przedstawiono typowe parametry pracy hydrocyklonu (PSL 5/4 2011).



Zakłady Urządzeń Przemysłowych ZAM Kęty Sp. z o.o.

Typ hydrocyklonu	HC-100/10°	HC-200/12°	HC-200/20°	HC-350/12°	HC-350/20°	HC-500/12°	HC-500/20°	HC-750/30°
Zakres ziarna podziałowego d _f [mm]	0,01-0,10	0,01-0,10	0,015-0,15	0,02-0,15	0,03-0,2	0,03-0,2	0,06-0,2	0,08-0,3
Średnica wewnętrzna [mm]	100	200	200	350	350	500	500	750
Kąt stożka	10°	12°	20°	12°	20°	12°	20°	30°
Mocowania	Na łapach	Na łapach	Na łapach	Na łapach	Na łapach	Na łapach	Na łapach	Na łapach
Średnica dyszy wylawowej [mm]	20, 25	20 - 45	20 - 45	30 - 80	30 - 110	30 - 110	60 - 110	100 - 200
Średnica zastępcza dyszy wlotowej [mm]	25	40, 50, 60	40, 50, 60	52, 70, 87	52, 70, 87	100, 125, 150	100 - 125	190
Średnica dyszy przelewowej [mm]	40	40, 50, 60, 70, 80	40, 50, 60, 70, 80	70, 87, 105, 122, 140	70, 87, 105, 122, 140	125, 150, 175, 200	125, 150, 175, 200	200, 250, 300, 320
Grubość blachy [mm]	4	3	3	3	3	3	5	5
Grubość wykładziny gumowej/węglkowej wnętrza hydrocyklonu [mm]	12,5	20	20	25	25	20	25	25
Masa [kg]	24	54	48	210	162	410	345	970

	- wyłożenie gumowe, odporne na ścieranie
	- wyłożenie ceramiczne
	- możliwość wyłożenia gumowego lub ceramicznego

Rys. 8.1. Parametry hydrocyklonów klasyfikujących typu HC (ZAM Kęty)

Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.1. Parameters of classification hydrocyclones of HC type (ZAM Kęty)

Na rysunku 8.2 zaprezentowano natomiast przykładowy bilans procesu wzbogacania w hydrocyklonie (PSL 5/4 2011).

8.2. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych w klasyfikatorach odśrodkowych

Technologia wzbogacania depozytów mułów węglowych oparta na wzbogacaniu grawitacyjnym w klasyfikatorach odśrodkowych może być zastosowana w dwóch przypadkach. Pierwszy jest analogiczny do procesu wzbogacania w hydrocyklonie klasyfikującym gdzie proces poprawy jakości depozytów mułów węglowych oparty jest jedynie na usunięciu naj-

Tabela 8.1

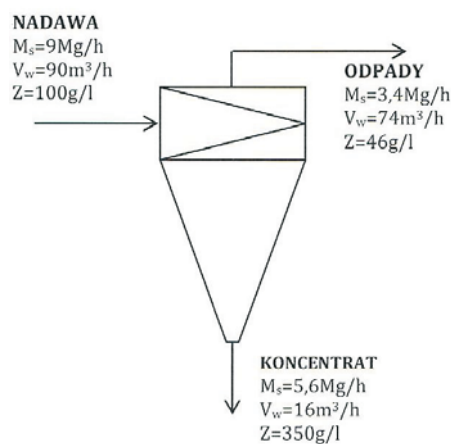
Parametry pracy hydrocyklonu

Table 8.1

Operation parameters of hydrocyclone

Lp.	Parametr	Jednostka	Nadawa	Koncentrat	Odpad
1.	Zakres wydajności M_s	Mg/h	1,5–30	1–14	0,5–14
2.	Zakres wydajności V_x	m ³ /h	30–250	5–35	30–200
3.	Zakres zagęszczenia [Z]	g/l	50–150	200–400	20–70
4.	Średnia wydajność M_s	Mg/h	15	7	8
5.	Średnia wydajność V_x	m ³ /h	110	20	90
6.	Średnie zagęszczenie [Z]	g/l	100	300	45

HYDROCYKLON



Rys. 8.2. Wzrost technologiczno-maszynowy z bilansem dla technologii wzbogacania depozytów mułów węglowych w hydrocyklonie klasyfikującym

Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.2. Technological and mechanical node with material balance for coal slurry beneficiation technologies in the classification hydrocyclone

drobniejszych ziarn ilastych pogarszających jakość energetyczną mułu. W drugim przypadku, gdy istnieje możliwość pozyskania węgla w klasach ziarnowych 2–0,1mm wymagających poprawy jakości. Podobnie jak w przypadku rozdziału, w hydrocyklonach jest wiele czynników determinujących skuteczność klasyfikacji odśrodkowej z założonym ziarnem podziałowym.

Do najistotniejszych czynników naturalnych należą przede wszystkim:

- skład ziarnowy depozytów mułów węglowych,
- kształt ziarn,
- stopień uwolnienia substancji węglowej i mineralnej,

- skład i rodzaj substancji mineralnej zawartej w węglu,
- udział ziarn najdrobniejszych (<0,05mm) w nadawie.

W zależności od wymienionych czynników dobiera się wielkość klasyfikatora, prędkość wirowania oraz zagęszczenie nadawy. Wydajność procesu klasyfikacji (lub wzbogacania) zależy głównie od wielkości klasyfikatora oraz zagęszczenia nadawy.

W tabeli 8.2 przedstawiono typowe parametry pracy klasyfikatora odśrodkowego (PSL 5/4 2011).

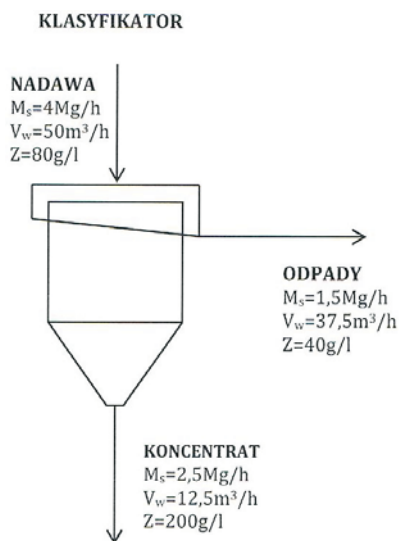
Tabela 8.2

Parametry pracy klasyfikatora odśrodkowego

Table 8.2

Operation parameters of centrifugal classifier

Lp.	Parametr	Jednostka	Nadawa	Koncentrat	Odpad
1.	Zakres wydajności M_s	Mg/h	2–6	1–5	1–5
2.	Zakres wydajności V_x	m ³ /h	30–100	10–20	20–40
3.	Zakres zagęszczenia [Z]	g/l	50–150	150–300	25–50
4.	Średnia wydajność M_s	Mg/h	4	3	3
5.	Średnia wydajność V_x	m ³ /h	60	15	30
6.	Średnie zagęszczenie [Z]	g/l	100	225	40



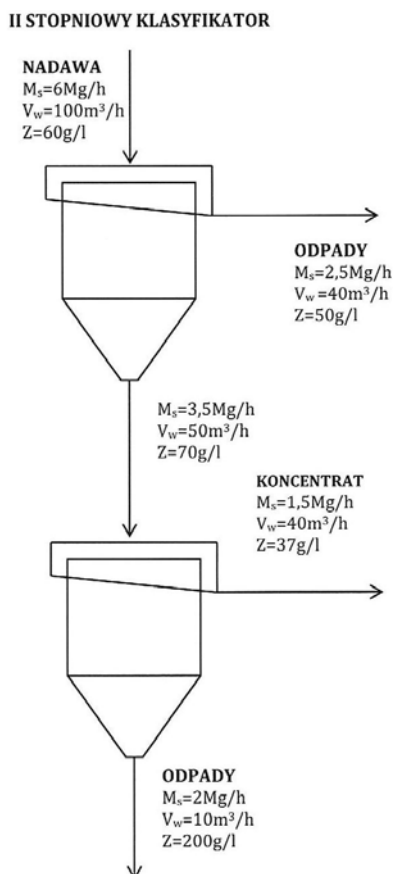
Rys. 8.3. Wzrost technologiczno-maszynowy z bilansem dla technologii wzbogacania depozytów mułów węglowych w klasyfikatorze odśrodkowym

Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.3. Technological and mechanical node with material balance for coal slurry beneficiation technologies in the centrifugal classifier

Na rysunku 8.3 zaprezentowano natomiast przykładowy bilans procesu wzbogacania w klasyfikatorze odśrodkowym (PSL 5/4 2011).

W przypadku konieczności poprawy jakości w szerszym zakresie wielkości ziarn można zastosować technologię dwustopniowego wzbogacania w klasyfikatorach odśrodkowych. Przykładowy bilans takiego rozwiązania przedstawia rysunek 8.4 (PSL 5/4 2011).



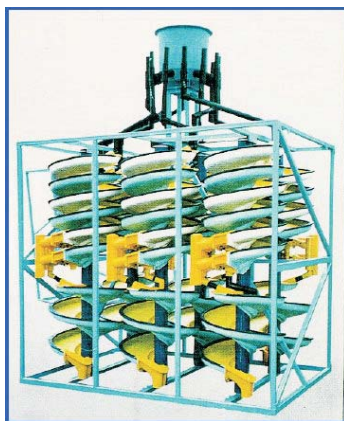
Rys. 8.4. Wzrost technologiczno-maszynowy z bilansem dla technologii wzbogacania dwustopniowego depozytów mułów węglowych w klasyfikatorach odśrodkowych
 Źródło: PSL 5/3 2011

Fig. 8.4. Technological and mechanical node for two-step with material balance for coal slurry beneficiation technologies in the centrifugal classifiers

8.3. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych w separatorach zwojowych

Technologia wzbogacania depozytów mułów węglowych w separatorach zwojowych może być stosowana do pozyskiwania węgla w przypadku, gdy depozyty charakteryzują się

dużą ilością ziarn w klasie ziarnowej 2–0,1 mm wymagających poprawy jakości. Przykładem najnowszych rozwiązań wzbogacalników zwojowych są koncentraty spiralne firmy KREBS. Ostatnia generacja tych koncentratorów zwojowych dla wzbogacania depozytów mułów węglowych to spirale o ilości zwojów 3,25 oraz jako jedyne na rynku modele spiral o pięciu i sześciu zwojach. Geometria spirali jest wynikiem szczegółowych badań aplikacyjnych i posiada potwierdzoną pięcioletnią żywotność w zakładach przerobczych na całym świecie. Koncentraty zwojowe KREBS-a są zaprojektowane dla uzyskania węgla o niskiej zawartości popiołu przy wysokiej wydajności rozdziału. Cechą odróżniającą ten model jest możliwość dwustopniowego wzbogacania na jednym zestawie (rys. 8.5). Wydajność KREBS-a wynosi 3–5 Mg/h przy gęstości nadawy 30–45% objętości wagowej. Optymalna wielkość ziarn nadawy wynosi od 1mm do 0,125 mm.



Rys. 8.5. Dwustopniowe wzbogacalniki zwojowe firmy KREBS przeznaczone do wzbogacania depozytów mułów węglowych
Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.5. Two-step spiral separators produced by KREBS company dedicated to coal slurry beneficiation

Czynniki determinujące skuteczność rozdziału grawitacyjnego w separatorach zwojowych to przede wszystkim:

- skład ziarnowy depozytów mułów węglowych,
- kształt ziarn,
- stopień uwolnienia substancji węglowej i mineralnej,
- skład i rodzaj substancji mineralnej zawartej w węglu,
- udział ziarn najdrobniejszych (<0,05 mm) w nadawie,
- zagęszczenie nadawy.

Wydajność procesu wzbogacania w separatorach zwojowych zależy głównie od wielkości (średnicy) separatora, przekroju poprzecznego rynnny, ilości zwojów oraz zagęszczenia nadawy. W tabeli 8.3 przedstawiono typowe parametry pracy separatora zwojowego (PSL 5/4 2011).

Tabela 8.3

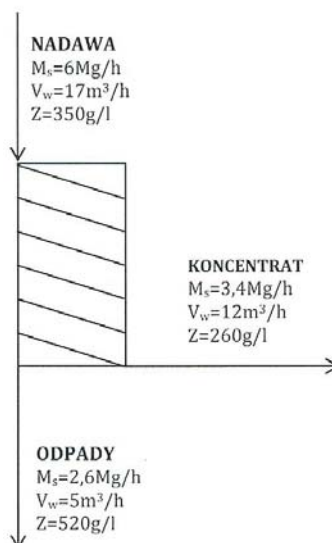
Parametry pracy separatora zwojowego

Table 8.3

Operation parameters of spiral separator

Lp.	Parametr	Jednostka	Nadawa	Koncentrat	Odpad
1.	Zakres wydajności M_s	Mg/h	2–10	1,5–6	1,5–5
2.	Zakres wydajności V_x	m ³ /h	7–25	5–20	2–5
3.	Zakres zagęszczenia [Z]	g/l	300–400	150–280	350–550
4.	Średnia wydajność M_s	Mg/h	6	3,5	3
5.	Średnia wydajność V_x	m ³ /h	16	12	3,5
6.	Średnie zagęszczenie [Z]	g/l	350	200	425

Na rysunku 8.6 zaprezentowano natomiast przykładowy bilans procesu wzbogacania w separatorze zwojowym KREBS (PSL 5/4 2011).

KREBS

Rys. 8.6. Wzłęcz technologiczno-maszynowy z bilansem dla technologii wzbogacania depozytów mułw węglowych w separatorze spiralnym
Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.6. Technological and mechanical node with material balance for coal slurry beneficiation technologies in the spiral separator

8.4. Wzbogacanie flotacyjne depozytów mułów węglowych

W przypadku mułów węglowych pochodzących z depozytów gromadzących odpady poflotacyjne najczęściej zalecaną technologią może być wzbogacanie flotacyjne najdrobniejszych ziarn z pominięciem wzbogacania grubszych ziarn mułowych, które często charakteryzują się wystarczającą dobrą jakością wynikającą z nieskutecznie prowadzonej flotacji pierwotnej.

Przykładem urządzenia, które może być stosowane do flotacji pianowej poflotacyjnych depozytów mułów węglowych, jest maszyna flotacyjna IF-45W (rys. 8.7).



Fot. 8.7. Maszyna flotacyjna IF-45W
Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.7. Flotation machine IF-45W

Maszyna flotacyjna IF-45W jest urządzeniem jednokomorowym przeznaczonym do wzbogacania kopalin metodą flotacji. Konstrukcja flotownika opracowana została dla flotacji kopalin o dużym wychodzie produktu pianowego, jak węgiel, grafit lub siarka. Flotownik stosowany jest jako pojedyncza komora wyposażona we wszystkie elementy stabilizacji i regulacji parametrów procesu flotacji. W przypadku konieczności stosowania większej ilości flotowników zaleca się ich równoległą pracę. Czynniki determinujące flotowalność depozytów mułów węglowych można podzielić na naturalne i zmienne. Do czynników naturalnych zaliczamy: stopień uwęglenia, skład i rodzaj substancji mineralnej zawartej w węglu, stopień uwolnienia substancji mineralnej i węglowej, skład ziarnowy depozytów mułów węglowych, porowatość ziarn, kształt ziarn i utlenienie powierzchni. Natomiast do czynników zmiennych zaliczyć należy: zagęszczenie nadawy, jakość i sposób wprowadzania odczynników flotacyjnych, napowietrzanie zawiesiny mułowej, czas flotacji

oraz wpływ pH i potencjału redox zawiesiny flotacyjnej. Wydajność procesu flotacji zależy głównie od wielkości maszyny flotacyjnej oraz zagęszczenia nadawy. W tabeli 8.4 przedstawiono typowe parametry pracy maszyny flotacyjnej IF-45 (PSL 5/4 2011).

Na rysunku 8.8 zaprezentowano natomiast przykładowy bilans procesu wzbogacania w maszynie flotacyjnej IF-45W (PSL 5/4 2011).

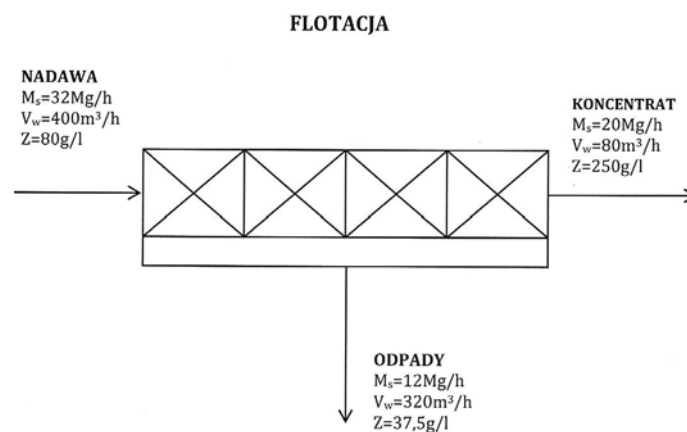
Tabela 8.4

Parametry pracy maszyny flotacyjnej IF-45W

Table 8.4

Operation parameters of flotation machine IF-45W

Lp.	Parametr	Jednostka	Nadawa	Koncentrat	Odpad
1.	Zakres wydajności M_s	Mg/h	21,6–42	8–21	9–20
2.	Zakres wydajności V_x	m ³ /h	360–420	40–60	300–380
3.	Zakres zagęszczenia [Z]	g/l	60–100	200–350	30–50
4.	Średnia wydajność M_s	Mg/h	30	15	15
5.	Średnia wydajność V_x	m ³ /h	400	30	340
6.	Średnie zagęszczenie [Z]	g/l	80	275	40



Rys. 8.8. Węzeł technologiczno-maszynowy z bilansem dla technologii wzbogacania depozytów mułów węglowych w maszynie flotacyjnej

Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.8. Technological and mechanical node with material balance for coal slurry beneficiation technologies in flotation machine

8.5. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych w separatorach bębnowych MGS

Wzbogacanie w separatorach bębnowych MGS – Multi Gravity Separator (rys. 8.9) jest grawitacyjną metodą wzbogacania najdrobniejszych ziarn ($<0,5$ mm), która mogłaby być alternatywą dla drogiej flotacji. Warunkiem stosowania tej metody odzysku węgla są odpowiednie własności odpadów, tzn. stosunkowo wysoka zawartość substancji węglowej w klasach $<0,5$ mm. Technologia z zastosowaniem tych urządzeń mogłaby ograniczać się wyłącznie do wzbogacania najdrobniejszych klas ziarnowych $<0,5$ mm z pominięciem wzbogacania grubszych ziarn mułowych 2–0,5 mm, które charakteryzują się często dobrą jakością. Grubsze ziarna mułowe w wyniku nieskutecznej prowadzonej flotacji traczone były w odpadach.

Podobnie jak w przypadku rozdziału gęstościowego innymi metodami jest wiele czynników determinujących skuteczność pracy separatorów bębnowych MGS. Do najistotniejszych czynników należą przede wszystkim:

- skład ziarnowy depozytów mułów węglowych,
- kształt ziarn,
- stopień uwolnienia substancji węglowej i mineralnej,
- skład i rodzaj substancji mineralnej zawartej w węglu,
- udział ziarn najdrobniejszych ($<0,05$ mm) w nadawie.

W zależności od przytoczonych czynników dobiera się wielkość separatora, prędkość wirowania oraz zagęszczenie nadawy. Wydajność procesu wzbogacania w bębnowych stołach koncentracyjnych zależy głównie od wielkości urządzenia.



Rys. 8.9. Separator bębnowy MGS

Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.9. Drum separator MGS

W tabeli 8.5 przedstawiono typowe parametry pracy separatora bębnowego MGS (PSL 5/4 2011).

Na rysunku 8.10 zaprezentowano natomiast przykładowy teoretyczny bilans procesu wzbogacania w separatorze bębnowym MGS (PSL 5/4 2011).

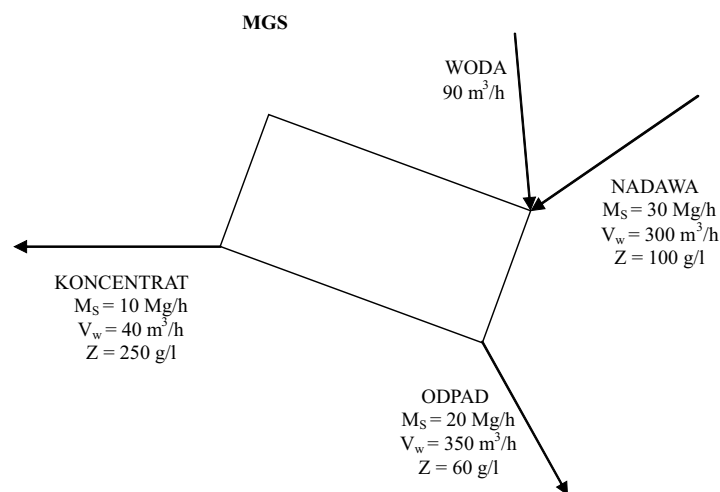
Tabela 8.5

Parametry pracy separatora bębnowego MGS

Table 8.5

Operation parameters of drum separator MGS

Lp.	Parametr	Jednostka	Nadawa	Koncentrat (wylew)	Odpad (przelew)
1.	Zakres wydajności M_s	Mg/h	21,6–42	8–21	9–20
2.	Zakres wydajności V_x	m^3/h	360–420	40–60	300–380
3.	Zakres zagęszczenia [Z]	g/l	60–100	200–350	30–60
4.	Średnia wydajność M_s	Mg/h	30	15	15
5.	Średnia wydajność V_x	m^3/h	400	30	340
6.	Średnie zagęszczenie [Z]	g/l	80	275	40



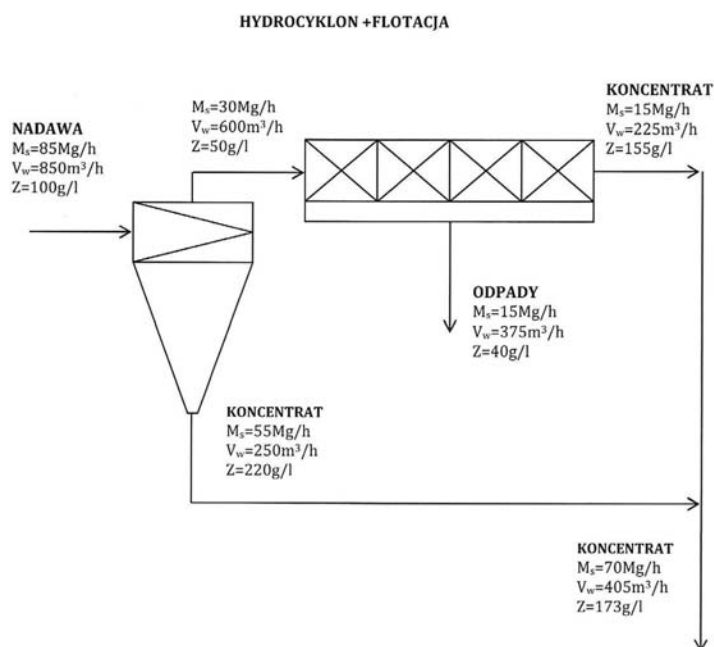
Rys. 8.10. Węzeł procesu rozdziału w separatorze bębnowym MGS

Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.10. Separation process node in the MGS drum separator

8.6. Wzbogacanie depozytów mułów węglowych w złożonych układach technologicznych

W większości technologii wzbogacania depozytów mułów węglowych konieczne jest stosowanie bardziej złożonego układu technologicznego wzbogacania. Przykładem takiego rozwiązania jest uzupełnienie węzła wzbogacania w hydrocyklonach klasyfikujących węzłem flotacji produktu przelewowego. Takie rozwiązanie pozwoliłoby na zwiększenie końcowego wychodu koncentratu w stosunku do wychodu koncentratu pochodzącego wyłącznie z procesu wzbogacania w hydrocyklonach klasyfikujących. Schemat układu technologicznego z bilansem produktowym dla wzbogacania w hydrocyklonach klasyfikujących i w maszynach flotacyjnych przedstawia rysunek 8.11 (PSL 5/4 2011).

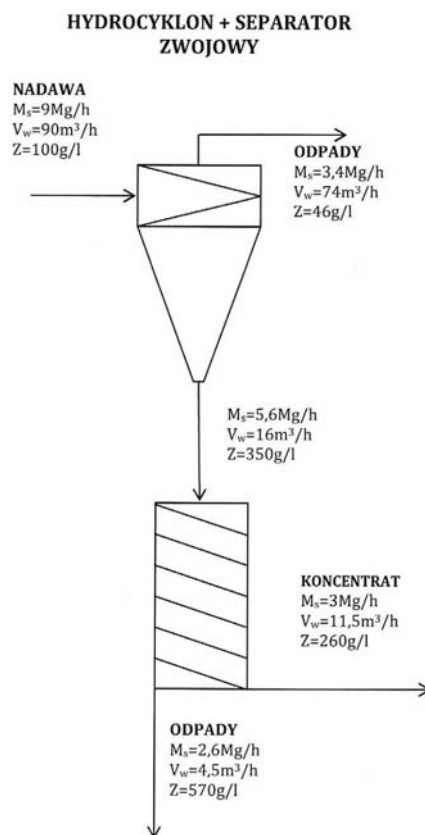


Rys. 8.11. Układ technologiczny do wzbogacania depozytów mułów węglowych w hydrocyklonie klasyfikującym i w maszynie flotacyjnej wraz z bilansem produktowym

Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.11. Technological system with material balance for coal slurry beneficiation in the classification hydrocyclone and flotation machine

W przypadku konieczności wzbogacania grubszych ziarn depozytów mułów węglowych można zastosować połączenie węzła wzbogacania w hydrocyklonach klasyfikujących ze wzbogacaniem w separatorach zwojowych. Schemat układu technologicznego z bilansem produktowym dla wzbogacania w hydrocyklonach klasyfikujących i w separatorach zwojowych przedstawia rysunek 8.12 (PSL 5/4 2011).



Rys. 8.12. Układ technologiczny do wzbogacania depozytów mułów węglowych hydrocyklonie klasyfikującym i w separatorze zwojowym wraz z bilansem produktowym

Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.12. Technological system with material balance for coal slurry beneficiation in the classification hydrocyclone and spiral separator

Natomiast jeżeli depozyty mułów węglowych wymagają wzbogacenia w pełnym zakresie wielkości ziarn, można węzeł wzbogacania w hydrocyklonach klasyfikujących połączyć z węzłem wzbogacania flotacyjnego przelewu oraz węzłem wzbogacania we separatorach zwojowych wylewu z hydrocyklonu. Schemat układu technologicznego z bilansem produktowym dla wzbogacania w hydrocyklonach, w separatorach zwojowych i maszynach flotacyjnych przedstawia rysunek 8.13 (PSL 5/4 2011).

W tabeli 8.6 przedstawiono wykaz wymienionych technologii, podając klasy ziarnowe materiału wzbogacanego z użyciem danej technologii, krótką charakterystykę (cechy) wzbogacanego materiału oraz uziarnienia produktów wzbogacania: koncentratu i odpadów. Należy zaznaczyć, że wszystkie technologie wymagają w większym lub mniejszym stopniu rozbudowanej i kosztownej instalacji zarówno samego węzła wzbogacania, jak i koniecznego w każdym przypadku rozbudowanego obiegu wodno-mułowego.

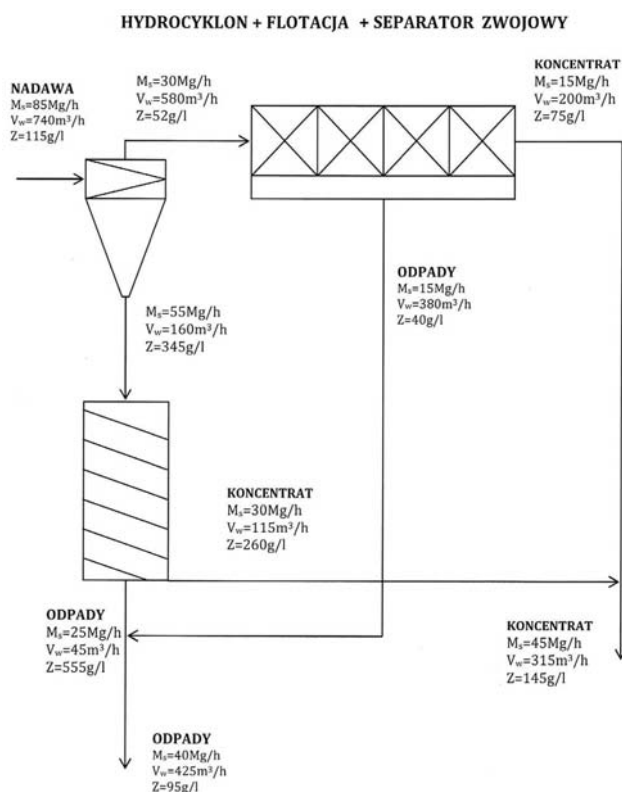
Tabela 8.6

Wykaz technologii wzbogacania mufów węglowych rozpatrywanych i rekomendowanych do dalszych analiz techniczno-ekonomicznych

Table 8.6

List of technologies for coal slurry beneficiation considered and recommended for further technical and economic analysis

Lp.	Nazwa technologii wzbogacania mufów węglowych	Klasa ziarnowa wzbogacanego materiału [mm]	Charakterystyka wzbogacanego materiału	Wzbogacanie	Uziarnienie produktów	
					koncentrat [mm]	odpad [mm]
1.	Wzbogacanie w hydrocyklonach klasyfikujących	3(2)–0	– stosunkowo równomierny rozkład zawartość popiołu w materiale – ziarna o wysokiej zawartości popiołu – 0,1 mm	wstępne (odmulanie) ostateczne	3(2)–0,1	>2(3); <0,1
2.	Wzbogacanie w separatorach zwojowych – wzbogacalniki Reicherta	2–0,1	– materiał pozbawiony ziarn – 0,1 mm	ostateczne	2–0,1	w pełnym zakresie uziarnienia
3.	Wzbogacanie w klasyfikatorach odśrodkowych	2–0,1	– materiał pozbawiony ziarn – 0,1 mm	ostateczne	2–0,1	w pełnym zakresie uziarnienia
4.	Wzbogacanie w separatorach odśrodkowych – bębnowe stoły koncentracyjne – Mozley Multi Gravity Separators MGS	(0,5–0)	– stosunkowo wysoki poziom zawartości substancji węglowej w klasach ziarnowych wyższych (z zakresu 2–0,5 mm) – stosunkowo wysoka zawartość substancji węglowej w klasach <0,5 mm.	ostateczne	2–0	>2; <0,5
5.	Wzbogacanie w separatorach zwojowych Reicherta i metodą flotacji pianowej	(3)2–0	– stosunkowo wysoki poziom zawartości substancji węglowej w klasach ziarnowych 3(2)–0,4(0,3) mm, – duża zawartość klasy 3(2)–0,4 mm wymagającej poprawy jakości	ostateczne	3(2)–0	w pełnym zakresie uziarnienia
6.	Wzbogacanie metodą flotacji pianowej	0,4 (0,3)–0	– stosunkowo wysoki poziom zawartości substancji węglowej w klasach ziarnowych wyższych {z zakresu 3(2)–0,4 mm}. – poziom zawartości substancji węglowej w klasie ziarnowej < 0,4 wskazujący na opłacalność procesu wzbogacania	ostateczne	3(2)–0	>3; <0,4(0,3)



Rys. 8.13. Układ technologiczny do wzbogacania depozytów mułów węglowych hydrocyklonie klasyfikującym, maszynie flotacyjnej oraz w separatorze zwojowych wraz z bilansem produktowym
 Źródło: PSL 5/4 2011

Fig. 8.13. Technological system with material balance for coal slurry beneficiation in the classification hydrocyclone, flotation machine and spiral separator

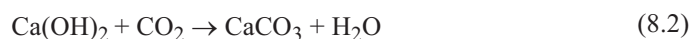
8.7. Granulowanie depozytów mułów węglowych

Celem procesu granulowania depozytów mułów węglowych jest przetworzenie ich w użyteczny produkt handlowy lub półprodukt do produkcji mieszanek energetycznych. Granulowanie jest metodą bezcisnieniowej aglomeracji materiału w celu uzyskania produktu o zwiększonej wytrzymałości mechanicznej (Kuczyńska 1978; Blaschke S. 1984; Heim 2005). Trwałość mechaniczną aglomeratu można podwyższyć poprzez odpowiednie przygotowanie (rozluźnienie) mułu węglowego oraz dodawanie spoiw. W procesie aglomeracji wykorzystuje się różnego typu spoiwa w celu poprawienia wytrzymałości otrzymywanego produktu. Spośród wielu substancji stosowanych jako spoiwo (lepiszcze) dla depozytów mułów węglowych szczególnie przydatnym jest wapno palone. Dodatek wapna palonego oddziałuje wielorako:

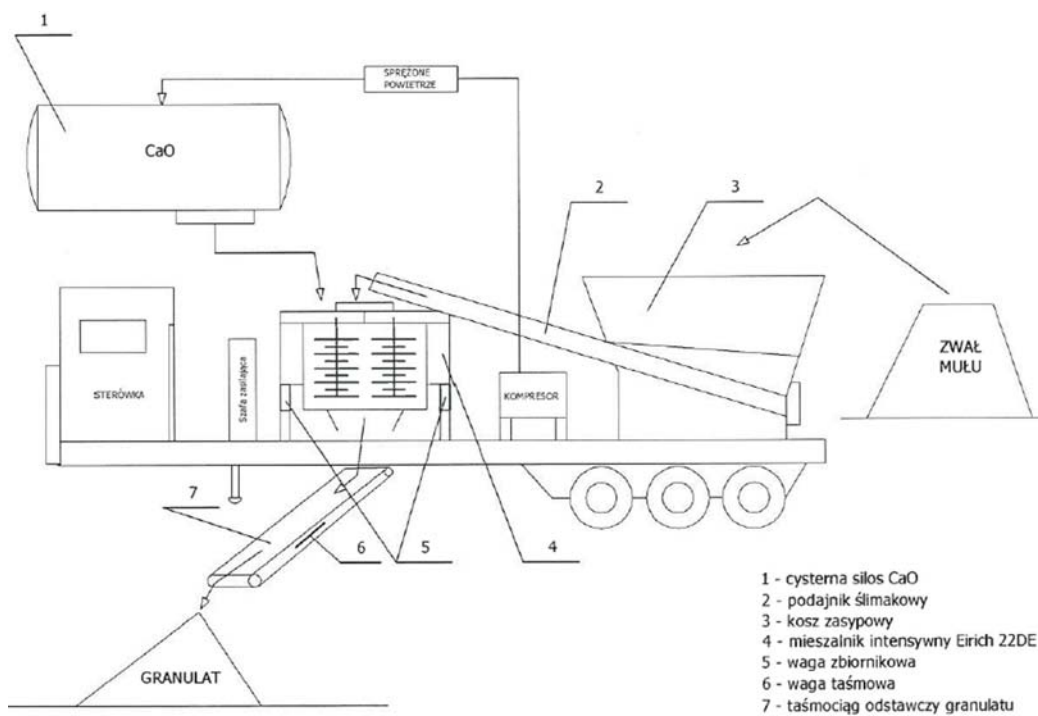
— w pierwszej kolejności dochodzi do reakcji tworzenia wodorotlenku wapnia, co praktycznie oznacza odwodnienie mułu i adhezyjne wiązanie ziaren:



— następnie zachodzi reakcja karbonizacji, prowadząca do utwardzenia struktury aglomeratu:



— natomiast w procesie spalania aglomeratu zawarte związki wapnia reagują ze związkami siarki i zmniejszają emisję SO_2 do atmosfery w wyniku zachodzących reakcji:



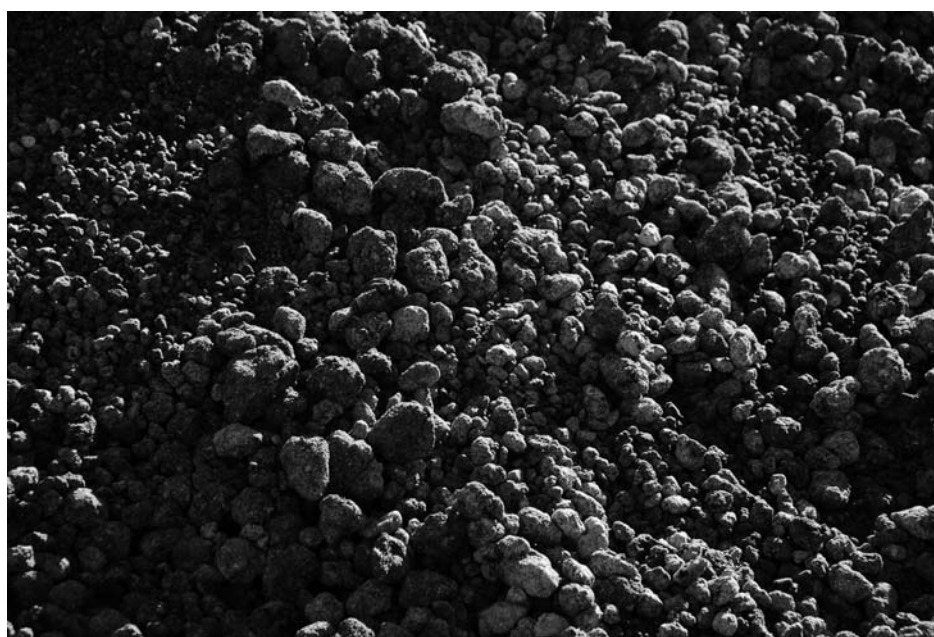
Rys. 8.14. Przykładowy schemat technologiczny mobilnego układu granulacji depozytów mułów węglowych

Źródło: Kugiel 2012

Fig. 8.14. Example of mobile technology of coal slurry granulation

W wyniku granulowania otrzymuje się zwykle regularne granulki o porowatej strukturze, kształtach zbliżonych do kulistych i wymiarach kilkunastu milimetrów. Cechują się one sypkością, rozluźnioną strukturą, co wpływa na ich dużą łatwość mieszania, transport i magazynowanie, odpowiednią wytrzymałość oraz odporność na działanie czynników atmosferycznych. Przykładowy schemat technologiczny mobilnego węzła granulacji depozytów mułów węglowych przedstawiono na rysunku 8.14.

Proces produkcji granulatu rozpoczyna się od podania koparko-ładowarką kołową depozytu mułu węglowego do kosza zasypowego (3). Z kosza zasypowego muł węglowy podawany jest podajnikiem ślimakowym (2) do leja zasypowego mieszalnika (4), a następnie do obracającej się misy. Ilość podawanego mułu dozowana jest za pomocą podajnika ślimakowego, sterowanego elektroniczną wagą zbiornikową (5), zabudowaną na podporach mieszalnika. Równocześnie, w trakcie podawania mułu dozowana jest mieszanka tlenu wapnia z powietrzem, która wpada na muł węglowy w misie granulatora. W misie tej następuje rozbicie cząstek mułów, wymieszanie ich z wapnem, a następnie zgranulowanie mieszanki. Czas pobytu materiału w misie granulatora oraz ilość podawanego wapna zależą od stanu materiału wejściowego (depozytu) i są określane przez operatora procesu. Po zakończeniu procesu granulacji z dna misy granulaty zostaje wyrzucony na taśmociąg odstawczy (7), który jest wyposażony w wagę taśmową (6) (Kugiel 2012). Na rysunku 8.15 przedstawiono wytworzony z depozytów mułów węglowych granulaty.



Rys. 8.15. Granulat wytworzony z depozytów mułów węglowych

Źródło: fot. własna

Fig. 8.15. Granules from coal slurry

Zastosowanie przedstawionego rozwiązania technologicznego, polegającego na granulacji depozytów mułów węglowych bezpośrednio w miejscu ich składowania, pozwala na uzyskanie użytecznego produktu handlowego lub półproduktu do produkcji mieszanek energetycznych.

8.8. Koncepcje technologiczne układów wzbogacania lub granulowania depozytów mułów węglowych

Podstawą opracowania koncepcji układów technologicznych wzbogacania były analizy ilościowe i jakościowe mułów węglowych zdeponowanych w poszczególnych zinwentaryzowanych depozytach oraz założenia techniczne poszczególnych węzłów układów technologicznych. Istotnym parametrem mającym wpływ na koncepcję układów technologicznych był zakładany czas eksploatacji depozytu. Czas ten w zdecydowanym stopniu rzutował na dobór wielkości i ilości maszyn oraz urządzeń stanowiących wyposażenie układów technologicznych.

Wariantowe koncepcje układów technologicznych wzbogacania dla zidentyfikowanych ilościowo i jakościowo depozytów mułów węglowych wykonane zostały przy następujących założeniach:

- przyjętej technologii wzbogacania,
- przyjętego horyzontu czasowego eksploatacji depozytu,
- przyjętej intensywności eksploatacji.

W tabeli 8.7 zestawiono siedemnaście podstawowych układów technologicznych zagospodarowania (wzbogacania lub granulacji) depozytów mułów węglowych wraz z opisem ich wyposażenia. Prezentowane technologie mają różne warianty wyposażenia układów technologicznych, jak i zróżnicowany stan maszyn użytych do ich wyposażenia. Ze względu na rozwinięty rynek wtórny maszyn wykorzystywanych w technologiach wzbogacania i granulacji i co się z tym wiąże znaczne różnice ich cen, w układach technologicznych rozrózniono maszyny nowe i maszyny używane (PSL 5/4 2011).

8.9. Wskaźniki kosztowe zagospodarowania depozytów mułów węglowych

Wskaźniki kosztowe wzbogacania depozytów mułów węglowych opracowane zostały na podstawie oszacowanych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych zidentyfikowanych dla poszczególnych zakładów wyposażonych w układy technologiczne wzbogacania i wykorzystania mułów o przyjętych koncepcjach technologii wzbogacania. Składniki kosztów inwestycyjnych (koszty zakupu maszyn i urządzeń podstawowych oraz pomocniczych wykorzystywanych w układach technologicznych wzbogacania, a także układach zasilania i sterowania maszynami i urządzeniami), przyjęto opierając się na dostępnych kalkulacjach udostępnionych przez specjalistyczne biura projektujące nowe zakłady i modernizujące

Tabela 8.7

Zestawienie rozpatrywanych układów technologicznych zagospodarowania (wzbogacania lub granulowania) depozytów mułów węglowych z opisem wyposażenia

Table 8.7

List of considered technological system of beneficiation or granulation of coal slurry along with equipment description

Lp.	Technologia	Symbol	Wyposażenie układu technologicznego
1.	flotacja	F-A	układ technologiczny z wirówką sedymentacyjno-sitową <i>maszyny nowe</i>
2.		F-B	układ technologiczny z filtrem ciśnieniowym – <i>maszyny używane</i>
3.		F-C	układ technologiczny o mniejszej wydajności – <i>maszyny używane</i>
4.	hydrocyklony + klasyfikatory	HK-A	układ technologiczny z trzema hydrocyklonami i czterema klasyfikatorami odśrodkowymi – <i>maszyny używane</i>
5.		HK-B	układ technologiczny z sześcioma hydrocyklonami i ośmioma klasyfikatorami odśrodkowymi – <i>maszyny używane</i>
6.		HK-C	układ technologiczny z sześcioma hydrocyklonami i ośmioma klasyfikatorami odśrodkowymi – <i>maszyny nowe</i>
7.	hydrocyklon + flotacja	HF-A	układ technologiczny hydrocyklon + flotacja z wirówką sedymentacyjno-sitową – <i>maszyny używane</i>
8.	separatory zwojowe	SS-A	układ technologiczny z czterema separatorami zwojowymi i wirówką sedymentacyjno-sitową – <i>maszyny używane</i>
9.		SS-B	układ technologiczny z ośmioma separatorami zwojowymi i wirówkami sedymentacyjno-sitowymi – <i>maszyny używane</i>
10.		SS-C	układ technologiczny z ośmioma separatorami zwojowymi i wirówkami sedymentacyjno-sitowymi – <i>maszyny nowe</i>
11.	hydrocyklony + flotacja + separatory zwojowe	HFSS-A	układ technologiczny z dziesięcioma hydrocyklonami i separatorami zwojowymi oraz wirówkami sedymentacyjno-sitowymi – <i>maszyny używane</i>
12.	separatory bębnowe MGS	MGS-A	jeden separator bębnowy MGS i wirówka sedymentacyjno-sitowa – <i>maszyny używane</i>
13.		MGS-B	dwa separatory bębnowe MGS i wirówka sedymentacyjno-sitowa – <i>maszyny używane</i>
14.	granulacja	GR-A	granulator bębnowy – <i>maszyny nowe</i>
15.		GR-B	granulator talerzowy – <i>maszyny nowe</i>
16.		GR-C	granulator liniowy wibracyjny – <i>maszyny nowe</i>
17.		GR-D	dwa granulatory liniowe wibracyjne – <i>maszyny nowe</i>

istniejące zakłady przeróbki i wzbogacania surowców mineralnych, zwłaszcza zakładów wzbogacania węgla kamiennego. W analizowanych składnikach kosztowych nie uwzględniono kosztów dotyczących branży budowlanej, z uwagi na istotny problem w ich oszacowaniu bez konkretnych wskazań lokalizacyjnych. Składniki kosztów eksploatacyjnych przyjęto, mając za podstawę przeciętne ceny mediów wykorzystywanych w procesach wzbogacania (energia elektryczna, woda przemysłowa), ceny podstawowych materiałów eksploatacyjnych (odczynniki, flokulanty itp.) oraz koszty utrzymania załogi (przeciętne stawki wynagrodzeń z pochodnymi). W oszacowanych kosztach eksploatacyjnych nie uwzględniono opłat eksploatacyjnych wnoszonych na rzecz właściciela depozytu, opłat środowiskowych itp. Właścicielami depozytów są różne podmioty, a opłaty eksploatacyjne są na ogół wynikiem przeprowadzonych procedur przetargowych. Ponadto zaznaczyć należy, że opłaty te będą ponoszone bez względu na zastosowaną technologię wzbogacania depozytów mułów węglowych.

Wskaźnikami kosztowymi wzbogacania mułów przyjętymi do analiz i oceny technologii wzbogacania są:

- wskaźnik inwestycyjnych kosztów wzbogacania,
- wskaźnik eksploatacyjnych kosztów wzbogacania,
- wskaźnik całkowitych kosztów wzbogacania.

Wszystkie wymienione wskaźniki kosztowe odniesione zostały również do kosztów wzbogacania uzyskanego koncentratu węglowego.

Mając to na uwadze, dla każdego przedsięwzięcia opartego na jednym z opisanych układów technologicznych wzbogacania depozytów mułów węglowych, konieczne jest sporządzenie biznesplanu ujmującego z jednej strony wszystkie koszty związane z:

- opłatami za pozyskanie depozytów mułów węglowych, w tym ich transportem do miejsca wzbogacania,
- opracowaniem koncepcji wstępnych, projektów wykonawczych zakładu oraz raportów oddziaływania na środowisko,
- uzyskaniem stosownych decyzji i zezwoleń budowlanych i środowiskowych,

z drugiej realną cenę zbytu produktu końcowego ustaloną na podstawie analizy rynkowej.

Produkty uzyskiwane w wyniku wzbogacania depozytów mułów węglowych posiadają zróżnicowane właściwości, co decyduje o ich cenie zbytu. W zależności od zastosowanego rozwiązania technologicznego różne są też koszty wzbogacania. Za przykład tych różnic niech posłużą obowiązujące na rynku ceny zbytu mułów węglowych z bieżącej produkcji. Niektóre cenniki podają tylko klasę mułu charakteryzując jego wartość opałową w stanie roboczym (jedna liczba), inne zaś podają oprócz wartości opałowej w stanie roboczym także zawartość wilgoci i siarki. W tabeli 8.8 zaprezentowano przykłady cen zbytu mułów węglowych w wybranych kopalniach (PSL 5/4 2011).

Z opisanych względów wyniki przeprowadzonej analizy kosztów przedsięwzięcia (koszty wzbogacania) i możliwych zysków (cena zbytu) stanowiąc mogą dla potencjalnego przedsiębiorcy (inwestora) jedynie wskazówkę co do przybliżonej efektywności ekonomicznej budowy zakładu wykorzystującego określoną technologię wzbogacania depo-

Tabela 8.8

Przykładowe ceny zbytu mułów węglowych

Table 8.8

Exemplary selling process of coal slurry

Lp.	Klasa mułu	Wartość opałowa [MJ/kg]	Zawartość wilgoci [%]	Zawartość siarki [%]	Cena zbytu [PLN/Mg]
1.	Muł 19/10/06	19	10	0,6	290
2.	Muł 13/30/06	13	30	0,6	70
3.	Muł 18	18	–	–	140
4.	Muł 16	16	–	–	130
5.	Muł 11	11	–	–	55
6.	Muł 10	10	–	–	50

zytów mułów węglowych bądź technologię ich granulacji. Należy w tym miejscu podkreślić, że efektem końcowym przeprowadzonej analizy ekonomicznej ma być przede wszystkim identyfikacja różnic w kosztach pozyskania pełnowartościowego nośnika energii w wyniku zastosowania przyjętej technologii wzbogacania lub wykorzystania depozytów mułów węglowych.

Zbiorcze wyniki analizy wskaźników kosztowych zagospodarowania depozytów mułów węglowych różnymi metodami podano w tabelach 8.9–8.13.

W tabeli 8.14 zestawiono siedemnaści rozpatrywanych technologii wzbogacania mułów przypisując poszczególnym technologiom i ich wariantom nakłady inwestycyjne na budowę zakładu, godzinowy przerób depozytów mułów węglowych przez zakład pracujący w danej technologii, jego godzinową produkcję, koszt wzbogacania jednej tony mułów węglowych (z uwzględnieniem przyjętych w obliczeniach założeń) oraz średnią wartość opałową w stanie analitycznym. Ten ostatni parametr – wartość opałową w stanie analitycznym – wyznaczono mając za podstawę średnią wielkość wartości opałowej, którą można uzyskać dla danej technologii wzbogacania, mając na uwadze parametry zidentyfikowanych ilościowo i jakościowo depozytów mułów węglowych. Natomiast w przypadku granulacji mułów surowych wartość opałową przyjęto na podstawie średniej wartości opałowej, mułów surowych w stanie analitycznym powstających w różnych zakładach przerobczych.

Z przedstawionych w tabeli 8.14 danych analizy kosztowej wynika, że najniższe koszty inwestycyjne oraz koszty produkcji notuje się w przypadku stosowania metody granulacji, bez zabiegów wzbogacania mułów. W tym przypadku uzyskiwany produkt ma jednak zdecydowanie niższą wartość opałową. Podkreślić jednak należy, że technologie te nie generują odpadów, nie wymagają wody procesowej i mogą być wykorzystywane z zastosowaniem mobilnych układów technologicznych. Są to niewątpliwe zalety tych technologii. Ta ostanía zaleta będzie niezwykle ważna w przypadku małych zbiorników osadowych, przy których nie będzie wymagana kosztowna budowa stacjonarnego zakładu wzbogacania.

Tabela 8.9

Zestawienie wskaźników kosztowych różnych układów technologicznego zagospodarowania depozytów mułów węglowych – część I

Table 8.9

List of cost indicators of different technological systems for coal slurry deposits management – part I

Lp.	Wskaźnik kosztowy	Jednostka	Technologia											
			F-A		F-B		F-C		HK-A					
			wartość	udział %	wartość	udział %	wartość	udział %	wartość	udział %				
1.	Koszt wynagrodzeń	zł/dobę	2 240,00	10,0	2 240,00	10,6	1 920,00	12,8	1 600,00	11,6				
2.	Koszt zużycia wody	zł/dobę	3 200,00	14,4	3 200,00	15,2	2 048,00	13,7	2 176,00	15,7				
3.	Koszt zużycia wapna	zł/dobę	–	–	–	–	–	–	–	–				
4.	Koszt zużycia flokulantów	zł/dobę	288,00	1,1	288,00	1,1	86,00	1,1	135,00	1,1				
5.	Koszt zużycia odezynników	zł/dobę	4 320,00	19,4	4 320,00	20,5	1 843,00	12,2	–	–				
6.	Koszt energii elektrycznej	zł/dobę	7 200,00	32,3	7 200,00	34,3	5 760,00	38,1	6 240,00	44,5				
7.	Szacunkowy koszt	zł/dobę	1 704,00	7,6	1 279,00	6,1	1 154,00	7,7	1 305,00	9,5				
8.	Odpisy amortyzacyjne	zł/dobę	3 408,00	15,2	2 558,00	12,2	2 308,00	15,4	2 609,00	18,6				
9.	Całkowity koszt dobowy	zł/dobę	22 360,00	100,0	21 085,00	100,0	15 119,00	100,0	14 065,00	100,0				
10.	Całkowity koszt roczny	zł/rok	5 366 400,00	–	5 060 400,00	–	3 628 560,00	–	3 375 600,00	–				
11.	Koszt produkcji koncentratu	zł/t	31,05	–	29,28	–	47,24	–	73,25	–				
12.	Nakłady inwestycyjne	tys. zł	9 180,00	–	7 141,00	–	5 541,00	–	9 262,00	–				

Tabela 8.10

Zestawienie wskaźników kosztowych różnych układów technologicznego zagospodarowania depozytów mułów węglowych – część II

Table 8.10

List of cost indicators of different technological systems for coal slurry deposits management – part II

Lp.	Wskaźnik kosztowy	Jednostka	Technologia											
			HK-B		HK-C		HF-A		SS-A					
			wartość	udział %	wartość	udział %	wartość	udział %	wartość	udział %				
1.	Koszt wynagrodzeń	zł/dobę	1 600,00	9,3	1 600,00	11,5	2 240,00	11,3	2 240,00	11,3	2 240,00	14,5		
2.	Koszt zużycia wody	zł/dobę	4 352,00	25,4	4 352,00	15,1	4 480,00	22,3	2 304,00	14,9	2 304,00	14,9		
3.	Koszt zużycia wapna	zł/dobę	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
4.	Koszt zużycia flokulantów	zł/dobę	270,00	1,6	270,00	1,4	108,00	0,5	173,00	1,1	173,00	1,1		
r5.	Koszt zużycia odezymników	zł/dobę	–	–	–	–	1 728,00	8,4	–	–	–	–		
6.	Koszt energii elektrycznej	zł/dobę	6 240,00	36,2	6 240,00	44,2	7 200,00	35,5	7 200,00	46,7	7 200,00	46,7		
7.	Szacunkowy koszt	zł/dobę	1 588,00	9,2	2 040,00	9,3	1 491,00	7,4	1 169,00	7,6	1 169,00	7,6		
8.	Odpisy amortyzacyjne	zł/dobę	3 176,00	18,3	4 079,00	18,5	2 982,00	14,6	2 338,00	15,2	2 338,00	15,2		
9.	Całkowity koszt dobowy	zł/dobę	17 226,00	100,0	18 581,00	100,0	20 229,00	100,0	15 424,00	100,0	15 424,00	100,0		
10.	Całkowity koszt roczny	zł/rok	4 134 240,00	–	4 459 440,00	–	4 854 960,00	–	3 701 760,00	–	3 701 760,00	–		
11.	Koszt produkcji koncentratu	zł/t	44,85	–	48,39	–	18,06	–	48,20	–	48,20	–		
12.	Nakłady inwestycyjne	tys. zł	9 662,00	–	9 693,00	–	8 158,00	–	5 613,00	–	5 613,00	–		

Tabela 8.11

Zestawienie wskaźników kosztowych różnych układów technologicznego zagospodarowania depozytów mułów węglowych – część III

Table 8.11

List of cost indicators of different technological systems for coal slurry deposits management – part III

Lp.	Wskaźnik kosztowy	Jednostka	Technologia											
			SS-B		SS-C		HFSS-A		MGS-A					
			Wartość	Udział %	Wartość	Udział %	Wartość	Udział %	Wartość	Udział %				
1.	Koszt wynagrodzeń	zł/dobę	2 240,00	12,3	2 240,00	14,5	2 240,00	10,3	1 920,00	9,3				
2.	Koszt zużycia wody	zł/dobę	4 608,00	25,3	4 608,00	14,9	5 120,00	23,7	1 920,00	25,4				
3.	Koszt zużycia wapna	zł/dobę	–	–	–	–	–	–	–	–				
4.	Koszt zużycia flokulantów	zł/dobę	345,00	1,9	345,00	1,1	288,00	1,3	72,00	1,6				
5.	Koszt zużycia odezynników	zł/dobę	–	–	–	–	1 728,00	8,0	–	–				
6.	Koszt energii elektrycznej	zł/dobę	7 200,00	49,4	7 200,00	46,7	7 200,00	33,3	7 200,00	36,2				
7.	Szacunkowy koszt	zł/dobę	1 285,00	7,0	2 097,00	7,6	1 688,00	7,8	1 429,00	9,2				
8.	Odpisy amortyzacyjne	zł/dobę	2 570,00	14,1	4 194,00	15,2	3 376,00	15,6	2 858,00	18,3				
9.	Całkowity koszt dobowy	zł/dobę	18 248,00	100,0	20 684,00	100,0	21 640,00	100,0	15 399,00	100,0				
10.	Całkowity koszt roczny	zł/rok	4 379 520,00	–	4 964 160,00	–	5 193 600,00	–	3 695 760,00	–				
11.	Koszt produkcji koncentratu	zł/t	28,51	–	32,32	–	30,05	–	48,12	–				
12.	Nakłady inwestycyjne	tys. zł	6 167,00	–	10 065,00	–	8 101,00	–	6 262,00	–				

Tabela 8.12

Zestawienie wskaźników kosztowych różnych układów technologicznego zagospodarowania depozytów mułów węglowych – część IV

Table 8.12

List of cost indicators of different technological systems for coal slurry deposits management – part IV

Lp.	Wskaźnik kosztowy	Jednostka	Technologia											
			MGS-B		GR-A		GR-B		GR-C					
			wartość	udział %	wartość	udział %	wartość	udział %	wartość	udział %				
1.	Koszt wynagrodzeń	zł/dobę	1 920,00	10,7	1 280,00	9,3	1 280,00	9,3	1 280,00	9,3	1 280,00	9,3		
2.	Koszt zużycia wody	zł/dobę	3 840,00	21,4	–	–	–	–	–	–	–	–		
3.	Koszt zużycia wapna	zł/dobę	–	–	7 680,00	55,9	9 600,00	55,9	3 840,00	55,9	–	–		
4.	Koszt zużycia flokulantów	zł/dobę	144,00	0,8	–	–	–	–	–	–	–	–		
5.	Koszt zużycia odezynników	zł/dobę	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
6.	Koszt energii elektrycznej	zł/dobę	7 200,00	40,1	3 840,00	28,0	2 880,00	28,0	2 880,00	28,0	2 880,00	28,0		
7.	Szacunkowy koszt	zł/dobę	1 617,00	9,0	494,00	3,6	410,00	3,6	390,00	3,6	390,00	3,6		
8.	Odpisy amortyzacyjne	zł/dobę	3 234,00	18,0	987,00	7,2	820,00	7,2	780,00	7,2	780,00	7,2		
9.	Całkowity koszt dobowy	zł/dobę	17 955,00	100,0	13 736,00	100,0	12 110,00	100,0	9 170,00	100,0	9 170,00	100,0		
10.	Całkowity koszt roczny	zł/rok	3 695 760,00	–	3 296 640,00	–	2 906 400,00	–	2 200 800,00	–	2 200 800,00	–		
11.	Koszt produkcji koncentratu	zł/t	28,05	–	22,31	–	15,14	–	28,65	–	28,65	–		
12.	Nakłady inwestycyjne	tys. zł	7 761,00	–	2 370,00	–	1 970,00	–	1 870,00	–	1 870,00	–		

Tabela 8.13

Zestawienie wskaźników kosztowych różnych układów technologicznego zagospodarowania depozytów mułków węglowych – część V

Table 8.13

List of cost indicators of different technological systems for coal slurry deposits management – part V

Lp.	Wskaźnik kosztowy	Jednostka	Technologia	
			GR-D	
			wartość	udział %
1.	Koszt wynagrodzeń	zł/dobę	1 280,00	9,7
2.	Koszt zużycia wody	zł/dobę	–	–
3.	Koszt zużycia wapna	zł/dobę	7 680,00	58,2
4.	Koszt zużycia flokulantów	zł/dobę	–	–
5.	Koszt zużycia odczynników	zł/dobę	–	–
6.	Koszt energii elektrycznej	zł/dobę	2 880,00	21,9
7.	Szacunkowy koszt	zł/dobę	452,00	3,4
8.	Odpisy amortyzacyjne	zł/dobę	904,00	6,8
9.	Całkowity koszt dobowy	zł/dobę	13 196,00	100,0
10.	Całkowity koszt roczny	zł/rok	3 167 040,00	–
11.	Koszt produkcji koncentratu	zł/t	20,62	–
12.	Nakłady inwestycyjne	tys. zł	2 170,00	–

W tabeli 8.15 zestawiono technologie proponowane do wykorzystania w poszczególnych szesnastu wybranych depozytach z podaniem właściwości energetycznych produkowanego materiału i masy uzyskanego produktu. Wielkości przedstawione w tabeli 8.15 mogą stanowić podstawę prowadzonych analiz ekonomicznych (po ich weryfikacji o koszty wynikające z konkretnej lokalizacji, opłat dodatkowych itp.). W tej tabeli znajdują się bowiem dane o możliwej do zastosowania technologii proponowanej dla potrzeb danego stawu osadowego, koszty wzbogacania materiału w tej technologii, ilość możliwego do uzyskania produktu z danego depozytu i prognozowaną jego wartość opałową.

Tabela 8.14

Zestawienie rozpatrywanych układów technologicznych zagospodarowania depozytów mułów węglowych z podaniem nakładów inwestycyjnych, możliwości przerobowych, wielkości produkcji, kosztów wzbogacania/granulacji i średnich właściwości uzyskiwanego produktu

Table 8.14

Summary of considered technological systems of coal slurry deposits management specifying the investment expenditures, processing capacity, production volume, beneficiation/granulation cost and average properties of obtained products

Lp.	Technologia	Symbol	Nakłady inwestycyjne [tys. zł]	Możliwości przerobowe [Mg/h]	Wielkość produkcji [Mg/h]	Koszt produkcji [zł/Mg]	Wartość opałowa [kJ/kg]
1.	Flotacja	F-A	9 180	80	45	31,05	25 631
2.		F-B	7 141	80	45	29,28	25 631
3.		F-C	5 541	32	20	47,24	25 631
4.	Hydrocyklony + klasyfikatory	HK-A	9 262	30	12	73,25	25 334
5.		HK-B	9 662	60	24	44,85	25 334
6.		HK-C	9 693	60	24	48,39	25 334
7.	Hydrocyklon + flotacja	HF-A	8 158	85	55	–	16 950
8.					15	18,06	25 631
9.	Separatory zwojowe	SS-A	5 613	40	20	48,20	22 687
10.		SS-B	6 167	80	40	28,51	22 687
11.		SS-C	10 065	80	40	32,32	22 687
12.	Hydrocyklony + flotacja + separatory zwojowe	HFSS-A	8 101	85	15	30,05	24 436
13.					30	–	22 687
14.	Separatory bębnowe MGS	MGS-A	6 262	30	20	48,12	22 500
15.		MGS-B	7 761	60	40	28,05	22 500
16.		GR-A	2 370	40	40	22,31	16 427
17.		GR-B	1 970	50	50	15,14	16 427
18.	Granulacja	GR-C	1 870	20	20	28,65	16 427
19.		GR-D	2 170	40	40	20,62	16 427

Tabela 8.15

Zestawienie technologii proponowanych do wykorzystania w poszczególnych depozytach z podaniem właściwości energetycznych produkowanego materiału i masy uzyskanego produktu

Table 8.15

Summary of technologies suggested to apply in the particular coal slurry deposits specifying the energy properties of produced material and mass of the product

Lp.	Pojemność depozytu [Mg]	Symbol techn.	Koszt produkcji [PLN/Mg]	Wartość opałowa [kJ/kg]	Wielkość produkcji [Mg]	Symbol techn.	Koszt produkcji [PLN/Mg]	Wartość opałowa [kJ/kg]	Wielkość produkcji [Mg]	Symbol techn.	Koszt produkcji [PLN/Mg]	Wartość opałowa [kJ/kg]	Wielkość produkcji [Mg]
1.	1 000 000	GR-B	15,14	15 096	1 000 000	GR-D	20,62	15 096	1 000 000	MGS-B	28,05	22 500	666 666
2.	300 000	GR-D	20,62	15 646	300 000	GR-B	15,14	15 646	300 000	HK-B	44,85	20 654	108 510
3.	1 000 000	GR-B	15,14	14 813	1 000 000	GR-D	20,62	14 813	1 000 000	SS-B	32,54	21 523	176 400
4.	640 000	GR-B	15,14	13 297	640 000	GR-D	20,62	13 297	640 000	GR-A	22,31	13 297	640 000
5.	1 521 000	SS-B	32,54	25 843	322 452	HK-B	44,85	25 843	214 157	GR-B	15,14	9 265	1 521 000
6.	176 000	GR-B	15,14	14 877	176 000	GR-D	20,62	14 877	176 000	F-B	29,28	24 687	78 848
7.	1 117 000	GR-B	15,14	12 304	1 117 000	GR-D	20,62	12 304	1 117 000	SS-B	32,54	24 355	556 824
8.	155 000	GR-B	15,14	22 807	155 000	GR-D	20,62	22 807	155 000	F-B	29,28	27 620	114 235
9.	153 000	GR-B	15,14	23 293	153 000	GR-D	20,62	23 293	153 000	F-B	29,28	27 120	121 788
10.	345 600	GR-B	15,14	22 941	345 600	GR-D	20,62	22 941	345 600	F-B	29,28	26 880	280 281
11.	163 000	GR-B	15,14	15 813	163 000	GR-D	20,62	15 813	163 000	SS-B	32,54	23 763	81 484
12.	460 000	GR-B	15,14	20 828	460 000	GR-D	20,62	20 828	460 000	SS-B	32,54	24 333	241 270
13.	130 000	GR-B	15,14	12 051	130 000	GR-D	20,62	12 051	130 000	SS-B	32,54	23 352	38 896
14.	228 000	GR-B	15,14	17 802	228 000	GR-D	20,62	17 802	228 000	F-B	29,28	24 670	133 152
15.	176 000	GR-B	15,14	19 672	176 000	GR-D	20,62	19 672	176 000	F-B	29,28	25 845	123 200
16.	236 000	GR-B	15,14	18 887	236 000	GR-D	20,62	18 887	236 000	F-B	29,28	25 465	169 212

8.10. Założenia organizacyjne zakładów zagospodarowania depozytów mułów węglowych

Prawidłowo określone założenia organizacyjne warunkują optymalne funkcjonowanie zakładów wyposażonych w układy technologiczne wzbogacania mułów węglowych. Podstawą opracowania założeń były standardy kadrowe i organizacyjne obowiązujące w zakładach przeróbki mechanicznej kopalni, ze szczególnym uwzględnieniem standardów w zakładach przeróbki mechanicznej kopalń węgla kamiennego i podmiotów gospodarczych zajmujących się pozyskiwaniem substancji węglowej z odpadów.

Przyjęte do opracowania założeń organizacyjnych dane są wielkościami orientacyjnymi. Pozwalają jednak na pewne porównanie poszczególnych technologii co do wymagań technicznych prowadzenia zakładu. W tym miejscu podkreślić należy, że decyzja o uruchomieniu zakładu i podjęciu produkcji nośnika energii musi być poprzedzona szczegółową analizą kosztów przedsięwzięcia i warunków budowy oraz funkcjonowania zakładu. Jest to proces złożony i wymaga dokładnej znajomości rozpatrywanych zagadnień zarówno na etapie tworzenia koncepcji, jak i na etapie projektowania. Zestawione w ramach realizacji tego etapu informacje pokazują wstępne wielkości, z jakimi powinien się liczyć inwestor lokalizując dany zakład wzbogacania w terenie. Oczywiście jest, że najkorzystniejszym usytuowaniem zakładu jest jego lokalizacja w jak najbliższym sąsiedztwie stawu osadowego, w którym zdeponowane są muły węglowe. Pamiętać jednak należy, że stawy mają określoną powierzchnię i czasami różnie rozłożoną masę zalegającego w nich mułów węglowych. Zależy to od głębokości depozytu, która może być zmienna. Ten aspekt również powinien być brany pod uwagę przy rozpatrywaniu miejsca lokalizacji zakładu. W niektórych zakładach pracujących w technologiach wzbogacania z użyciem wody dostępność tego medium będzie czynnikiem decydującym o lokalizacji.

Zbiorcze wyniki zbiorcze analiz w zakresie funkcjonowania zakładów zagospodarowania (wzbogacania lub granulacji) depozytów mułów węglowych zostały zaprezentowane w tabeli 8.16 i 8.17 (PSL 5/4 2011).

Z przedstawionej analizy wynika, że najmniejszych powierzchni potrzebują zakłady wytwarzające granulaty z mułów węglowych. Zakłady te nie wydzielają odpadów, nie potrzebują wody przemysłowej. Posiadają natomiast niską energochłonność produkcji i niski poziom zatrudnienia.

Natomiast zakłady wzbogacające muły wymagają zdecydowanie większych powierzchni na funkcjonowanie. Największe potrzeby w tym względzie ma technologia flotacji.

Tabela 8.16

Zestawienie warunków funkcjonowania zakładów zagospodarowania depozytów mułów węglowych dla poszczególnych technologii – część I

Table 8.16

Summary of operation conditions of the management plants of coal slurry deposits for the particular technologies – part I

Lp.	Wskaźnik kosztowy	Jednostka	Technologia									
			F-A	F-B	F-C	HK-A	HK-B	HK-C	HF-A	SS-A	SS-B	
1.	Przerabiana masa mułu	Mg/h	80	80	32	30	60	60	60	85	40	80
2.	Wielkość produkcji	Mg/h	45	45	20	12	24	24	24	45	20	40
3.	Wymagana powierzchnia	m ²	23 000	23 000	18 500	16 000	19 000	19 000	19 000	20	19 500	22 000
4.	Moc zainstalowana	kW	1 500	1 500	1 200	1 300	1 300	1 300	1 300	1 500	1 500	1 500
5.	Zapotrzebowanie wody	m ³	50	50	32	68	68	68	68	1 500	36	72
6.	Zatrudnienie na zmianę	osoby	7	7	6	5	5	5	5	70	7	7

Tabela 8.17

Zestawienie warunków funkcjonowania zakładów zagospodarowania depozytów mułów węglowych dla poszczególnych technologii – część II

Table 8.17

Summary of operation conditions of the management plants of coal slurry deposits for the particular technologies – part II

Lp.	Wskaźnik kosztowy	Jednostka	Technologia									
			SS-C	HFSS-A	MGS-A	MGS-B	GR-A	GR-B	GR-C	GR-D		
1.	Przerabiana masa mułu	t/h	80	85	30	60	40	40	50	20	40	
2.	Wielkość produkcji	t/h	40	45	20	40	40	40	50	20	40	
3.	Wymagana powierzchnia	m ²	22 000	22 000	13 200	15 500	11 500	11 500	12 000	10 100	11 500	
4.	Moc zainstalowana	kW	1 500	1 500	1 500	1 500	800	800	600	600	600	
5.	Zapotrzebowanie wody	m ³	72	80	30	30	–	–	–	–	–	
6.	Zatrudnienie na zmianę	osoby	7	7	6	6	4	4	4	4	4	

9. Analiza potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych przed i po procesie wzbogacania

Odpady o najdrobniejszym uziarnieniu, a więc muły węglowe i odpady flotacyjne posiadają najwyższy poziom substancji węglowej spośród wszystkich odpadów powstałych w wyniku wydobywania i wzbogacania węgla. Wskazują na to badania jakości wykonywane w różnych jednostkach naukowo-badawczych (Blaschke W. 2005; Grudziński 2005; Szpyrka 2012). Z tego względu poszukuje się skutecznych metod pozwalających na efektywne wykorzystanie potencjału energetycznego, który zawierają te odpady. Metodami tymi mogą być metody wzbogacania tych najdrobniejszych odpadów lub metody bezpośredniego wykorzystania podczas spalania np. w kotłach ze złożem fluidalnym.

Metody wzbogacania pozwalają na pozyskanie pełnowartościowego paliwa w postaci drobno uziarnionych mieszanek węglowych o wysokich parametrach energetycznych. Poprawa jakości koncentratów pozyskiwanych w wyniku wzbogacania pociąga za sobą powstawanie odpadów o pewnej zawartości substancji węglowej. Jest to nieuniknione, mimo istniejących dzisiaj skutecznych metod wzbogacania.

W przeprowadzonych badaniach nad możliwością wzbogacania mułów wykorzystano cztery różne metody:

- metodę fizykochemiczną na bazie flotacji,
- metodę wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reichert typu LD4,
- metodę wzbogacania z wykorzystaniem siły odśrodkowej w:
 - hydrocyklonie klasyfikującym,
 - klasyfikatorze odśrodkowym.

Każda z tych metod pozwalała na uzyskanie koncentratu o cieple spalania wyższym niż ciepło spalania mułu surowego, który pozyskano z depozytów. Jednak każda z analizowanych metod powodowała stratę potencjału energetycznego zawartego w odpadach. Badania przeprowadzono dla próbek mułów węglowych pochodzących z wybranych 16 zidentyfikowanych depozytów. Ograniczenie liczby depozytów będących przedmiotem analizy wynikało w głównej mierze z oceny ich statusu formalno-prawnego oraz technologicznych możliwości ich eksploatacji.

Oszacowania potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych przed i po procesie wzbogacania z wykorzystaniem wymienionych metod dokonano wykorzystując autorski dwuwariantowy algorytm.

Pierwszy z tych wariantów umożliwia przybliżone oszacowanie potencjału energetycznego zidentyfikowanego depozytu, którego podstawą są:

- oszacowana masa mułów znajdujących się w depozycie,
- średnia wartość opałowa wyznaczona w badaniach jakościowych poszczególnych próbek pobranych do badań z depozytu.

W podany sposób szacowana jest średnia przybliżona wartość potencjału energetycznego depozytu, która jest wykorzystywana i podawana najczęściej w różnych opracowaniach przedmiotowych. Jest to niewątpliwie informacja ważna, lecz dla pełniejszej wiedzy wstępnej o depozycie istotne też jest podanie granic, w jakich może oscylować szacowana wartość potencjału energetycznego mułów. W tym celu oprócz wartości średniej potencjału energetycznego podaje się jej wartości graniczne: górną i dolną na podstawie oszacowanego odchylenia standardowego z oznaczeń wartości opałowej dla poszczególnych prób. Z teorii rachunku prawdopodobieństwa wiadomo, że w zakresie tych wartości granicznych leży 68% wartości oszacowań indywidualnych z poszczególnych prób uzyskanych w badaniach.

Tak więc średnią przybliżoną wartość potencjału energetycznego depozytu szacujemy z zależności:

$$E_{\text{sr}} = M \cdot Q_{\text{sr}}^r \cdot 10^{-3} \quad (9.1)$$

- gdzie: E_{sr} – średnia przybliżona wartość potencjału energetycznego depozytu [GJ],
 M – oszacowana masa mułów znajdujących się w depozycie [Mg],
 Q_{sr}^r – średnia wartość opałowa wyznaczona w badaniach jakościowych poszczególnych próbek pobranych do badań z depozytu [kJ/kg], oszacowana z zależności:

$$Q_{\text{sr}}^r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i^r \quad (9.2)$$

Wartości graniczne potencjału energetycznego depozytu szacujemy z zależności:

$$E_{\text{max}} = M \cdot (Q_{\text{sr}}^r + S_Q) \cdot 10^{-3} \quad (9.3)$$

oraz

$$E_{\text{min}} = M \cdot (Q_{\text{sr}}^r - S_Q) \cdot 10^{-3} \quad (9.4)$$

- gdzie: E_{min} – dolna wartość graniczna potencjału energetycznego depozytu [GJ],
 E_{max} – górna wartość graniczna potencjału energetycznego depozytu [GJ],
 S_Q – odchylenie standardowe wartości opałowej w [GJ] oszacowane z zależności:

$$S_Q = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i^r - Q_{\text{sr}}^r)^2} \quad (9.5)$$

Wyniki przeprowadzonych oszacowań przedstawiono w tabelach 9.1 i 9.2.

Drugi z wariantów szacowania potencjału energetycznego depozytów oparty jest na podstawie szczegółowej wiedzy o materiale zgromadzonym w depozycie, łącznie z danymi dotyczącymi kierunku wykorzystania mułów węglowych i sposobie ich wzbogacenia. Oszacowanie potencjału energetycznego wykonywane zostało na podstawie:

- zdefiniowanej masy mułów znajdujących się w depozycie,
- średniego uzysku koncentratu pozyskanego w wyniku zastosowania wybranej technologii wzbogacania,
- średniej wartości opałowej wyznaczonej dla koncentratów pozyskanych z poszczególnych prób technologicznych.

Tabela 9.1

Potencjał energetyczny surowych depozytowych wyznaczony na podstawie wartości opałowej w stanie roboczym

Table 9.1

Energy potential of raw coal slurry determined on the basis of AR calorific value

Lp.	Numer depozytu	Orientacyjna pojemność depozytu	Średnia wartość opałowa Q_{sr}^r	Odchylenie standardowe wartości opałowej S_Q	Potencjał energetyczny w stanie roboczym		
					średni E_{sr}	maksymalny E_{max}	minimalny E_{min}
		Mg	kJ/kg	kJ/kg	GJ	GJ	GJ
1.	K18	100 000	8 587	2 369	858 675	1 095 554	621 796
2.	K11/1	640 000	11 087	2 324	7 095 825	8 583 052	5 608 598
3.	K11/2	176 000	15 057	464	2 650 090	2 731 792	2 568 388
4.	K3/1	1 521 000	6 874	2 270	10 455 354	13 907 739	7 002 969
5.	K3/2	176 000	13 115	4 655	2 308 240	3 127 660	1 488 819
6.	K4/1	345 600	19 285	1 290	6 664 939	7 110 828	6 219 049
7.	K4/2	163 000	12 038	724	1 962 221	2 080 363	1 844 078
8.	K4/3	460 000	16 155	1 394	7 431 258	8 072 425	6 790 091
9.	K6	236 000	14 636	1 268	3 453 624	3 753 031	3 154 214
10.	K2/1	1 117 000	10 213	1 975	11 408 107	13 614 438	9 201 776
11.	K17	155 000	18 979	1 732	2 941 794	3 210 402	2 673 187
12.	K1/1	153 000	19 352	1 062	2 284 311	2 409 719	2 158 902
13.	K5/1	130 000	8 256	967	1 073 316	1 199 042	947 589
14.	K5/2	228 000	13 648	3 628	3 111 873	3 938 967	2 284 779
15.	K5/3	106 000	14 869	680	1 576 075	1 648 248	1 503 903
16.	K5/4	102 000	15 385	763	1 569 270	1 647 164	1 491 375

Średnią wartość potencjału energetycznego depozytu szacujemy z zależności:

$$E_{\text{sr}} = M \cdot U_{\text{sr}} \cdot Q_{\text{sr}}^r / 10^3 \quad (9.6)$$

- gdzie: E_{sr} – średnia przybliżona wartość potencjału energetycznego depozytu [GJ],
 M – oszacowana masa mułów znajdujących się w depozycie [t],
 Q_{sr}^r – średnia wartość opałowa koncentratu wyznaczona w badaniach jakościowych poszczególnych prób technologicznych procesu wzbogacenia wybraną technologią, oszacowana z zależności jak wyżej [kJ/kg].
 U_{sr} – średni uzysk koncentratu pozyskanego z poszczególnych prób technologicznych procesu wzbogacenia wybraną technologią.

Tabela 9.2

Potencjał energetyczny surowych mułów depozytowych wyznaczony na podstawie wartości opałowej w stanie analitycznym

Table 9.2

Energy potential of raw coal slurry determined on the basis of analytical calorific value

Lp.	Numer depozytu	Orientacyjna pojemność depozytu	Średnia wartość opałowa Q_{sr}^r	Odchylenie standardowe wartości opałowej S_Q	Potencjał energetyczny w stanie analitycznym		
					średni E_{sr}	maksymalny E_{max}	minimalny E_{min}
		Mg	kJ/kg	kJ/kg	GJ	GJ	GJ
1.	K18	100 000	10 073	2 747	1 007 325	1 281 976	732 674
2.	K11/1	640 000	13297	2 413	8 509 964	10 054 237	6 965 690
3.	K11/2	176 000	19 672	767	3 462 345	3 597 362	3 327 329
4.	K3/1	1 521 000	9 265	3 498	14 092 825	19 413 371	8 772 280
5.	K3/2	176 000	14 877	5 976	2 618 308	3 670 019	1 566 597
6.	K4/1	345 600	22 941	590	7 928 525	8 132 297	7 224 753
7.	K4/2	163 000	15 813	937	2 577 600	2 730 378	2 424 822
8.	K4/3	460 000	20 829	2 065	9 581 173	10 530 941	8 631 404
9.	K6	236 000	18 887	1 834	4 457 435	4 890 353	4 024 518
10.	K2/1	1 117 000	12 304	2 803	13 743 987	16 874 910	10 613 064
11.	K17	155 000	22 807	1 538	3 535 074	3 773 403	3 296 745
12.	K1/1	153 000	23 293	1 444	3 563 810	3 784 749	3 342 871
13.	K5/1	130 000	12 051	1 504	1 566 590	1 762 060	1 371 119
14.	K5/2	228 000	17 802	5 351	4 058 928	5 279 050	2 838 807
15.	K5/3	106 000	19 402	646	2 056 612	2 125 131	1 988 132
16.	K5/4	102 000	20 351	844	2 075 761	2 161 898	1 989 625

Średni uzysk koncentratu szacujemy z zależności:

$$U_{\text{sr}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i \quad (9.7)$$

Podobnie jak w przypadku przybliżonego oszacowania potencjału energetycznego, tak i w tym wariancie szacowane są wartości graniczne górna i dolna – na podstawie oszacowanego odchylenia standardowego z oznaczeń wartości opałowej koncentratu dla poszczególnych prób i odchylenia standardowego uzysku koncentratu w poszczególnych próbach w danej technologii.

Wartości graniczne potencjału energetycznego depozytu szacowane są z następujących zależności:

$$E_{\text{max}} = M \cdot (Q_{\text{sr}}^f + S_Q) \cdot (U_{\text{sr}} + S_u) / 10^3 \quad (9.8)$$

oraz

$$E_{\text{min}} = M \cdot (Q_{\text{sr}}^f - S_Q) \cdot (U_{\text{sr}} - S_u) / 10^3 \quad (9.9)$$

Tabela 9.3

Potencjał energetyczny mulów węglowych w poszczególnych depozytach po wzbogacaniu metodą flotacji

Table 9.3

Energy potential of coal slurry in the particular coal slurry deposits after the beneficiation applying flotation processing

Lp.	Numer depozytu	Stan surowy – depozyt			Flotacja			
		pojemność	wartość opałowa	potencjał E_{sr}	uzysk	wartość opałowa	potencjał E_{sr}	strata potencjału
		Mg	kJ/kg	GJ	–	kJ/kg	GJ	%
1.	K3/1	1 521 000	9 265	14 092 825	0,23	25 650	9 040 657	36
2.	K3/2	176 000	14 877	2 618 308	0,45	24 687	1 955 210	25
3.	K4/1	345 600	22 941	7 928 525	0,81	26 880	7 524 680	5
4.	K4/2	163 000	15 813	2 577 600	0,65	21 525	2 280 574	11
5.	K4/3	460 000	20 828	9 581 173	0,41	24 520	4 624 472	51
6.	K6	236 000	18 887	4 457 435	0,72	25 465	4 327 013	3
7.	K2/1	1 117 000	12 304	13 743 987	0,41	20 670	9 466 240	31
8.	K1/1	153 000	23 293	3 563 810	0,80	27 120	3 319 488	7
9.	K5/1	130 000	12 051	1 566 590	0,20	26 312	684 112	56
10.	K5/2	228 000	17 802	4 058 928	0,58	24 670	3 262 361	20
11.	K5/3	106 000	19 402	20 566 631	0,72	25 875	1 974 780	4
12.	K5/4	102 000	20 351	2 075 761	0,71	25 810	1 869 160	10

gdzie: E_{\min} – dolna wartość graniczna potencjału energetycznego depozytu [GJ],
 E_{\max} – górna wartość graniczna potencjału energetycznego depozytu [GJ],
 S_Q – odchylenie standardowe wartości opałowej [GJ].

Odchylenie standardowe wartości opałowej szacowane jest z zależności opisanej wzorem 9.5. Natomiast odchylenie standardowe uzysku koncentratu w poszczególnych próbach technologicznych szacowane jest z zależności:

$$S_u = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_i - U_{\text{sr}})^2} \quad (9.10)$$

Tabela 9.4

Potencjał energetyczny mułów węglowych w poszczególnych depozytach po wzbogacaniu w hydrocyklonie klasyfikującym

Table 9.4

Energy potential of coal slurry in the particular coal slurry deposits after the beneficiation in the classification hydrocyclone

Lp.	Numer depozytu	Stan surowy – depozyt			Hydrocyklon klasyfikujący			
		pojemność	wartość opałowa	potencjał E_{sr}	uzysk	wartość opałowa	potencjał E_{sr}	strata potencjału
		Mg	kJ/kg	GJ	–	kJ/kg	GJ	%
1.	K18	100 000	10 073	1 007 325	0,60	8 576	514 560	49
2.	K11/1	640 000	13 297	8 509 964	0,51	15 990	5 219 136	39
3.	K11/2	176 000	19 672	3 462 345	0,44	12 008	92 999	97
4.	K3/1	1 521 000	9 265	14 092 825	0,57	16 277	12 377 730	12
5.	K3/2	176 000	14 877	2 618 308	0,63	12 027	1 333 553	49
6.	K4/1	345 600	22 941	7 928 525	0,51	24 363	4 294 124	49
7.	K4/2	163 000	15 813	2 577 600	0,59	24 557	2 073 136	20
8.	K4/3	460 000	20 828	9 581 173	0,57	25 501	6 686 362	30
9.	K6	236 000	18 887	4 457 435	0,47	18 022	1 999 000	55
10.	K2/1	1 117 000	12 304	13 743 987	0,58	14 234	9 221 639	33
11.	K17	155 000	22 807	3 535 074	0,44	13 444	916 880	74
12.	K1/1	153 000	23 293	3 563 810	0,52	17 972	1 429 852	60
13.	K5/1	130 000	12 051	1 566 590	0,46	21 415	1 180 617	25
14.	K5/2	228 000	17 802	4 058 928	0,48	21 085	2 307 542	43
15.	K5/3	106 000	19 402	20 566 631	0,50	21 161	1 121 533	45
16.	K5/4	102 000	20 351	2 075 761	0,51	21 844	1 136 324	45

Wyniki oszacowań potencjału energetycznego mułów w stanie analitycznym dla czterech metod ich wzbogacania wraz z przewidywaną stratą tego potencjału w stosunku do nadawy przedstawiono w tabelach od 9.3 do 9.8. Badania przeprowadzono dla próbek mułów węglowych pochodzących z wybranych 16 zidentyfikowanych depozytów. W niektórych przypadkach oszacowanie potencjału przeprowadzono dla mniejszej ilości depozytów z uwagi na niezadowalający wychód i parametry otrzymanego koncentratu.

Zaprezentowane wyniki badań z wzbogacania mułów węglowych i analiza ich potencjału energetycznego wykazały, że w wyniku wzbogacania znaczna ilość tego potencjału jest stracona. Jest to wynik przechodzenia najdrobniejszych ziarn węglowych do odpadów. Najkorzystniejsze rezultaty, co wydaje się zrozumiałe ze względu na istotę procesu wzbogacania, uzyskano w przypadku metody flotacji. Strata potencjału energetycznego dla tego procesu wzbogacania wahała się w granicach 3–56% dla poszczególnych depozytów. Natomiast wartość opałowia uzyskanego produktu przyjmowała wartości z przedziału 20 670–27 120 kJ/kg. Niestety, nie wszystkie muły węglowe, według przyjętego kryterium kwalifikacji efektów procesu wzbogacania, były podatne na tę metodę przy zastosowanych w badaniach odczynnikach flotacyjnych.

Tabela 9.5

Potencjał energetyczny mułów węglowych w poszczególnych depozytach po wzbogacaniu w klasyfikatorze odśrodkowym z wstępnym odmuleniem, przy zagęszczeniu nadawy 100 g/l

Table 9.5

Energy potential of coal slurry in the particular coal slurry deposits after the beneficiation in the centrifugal classifier with the preliminary blow down process for the feed density of 100 g/l

Lp.	Numer depozytu	Stan surowy – depozyt			Klasyfikator odśrodkowy, 100 g/l			
		pojemność	wartość opałowia	potencjał E_{sr}	uzysk	wartość opałowia	potencjał E_{sr}	strata potencjału
		Mg	kJ/kg	GJ	–	kJ/kg	GJ	%
1.	K3/1	1 521 000	9 265	14 092 825	0,02	27 843	846 000	94
2.	K4/1	345 600	22 941	7 928 525	0,19	25 647	1 681 200	79
3.	K4/2	163 000	15 813	2 577 600	0,35	25 747	1 468 900	43
4.	K4/3	460 000	20 828	9 581 173	0,41	26 760	5 047 000	47
5.	K6	236 000	18 887	4 457 435	0,01	26 144	61 700	99
6.	K2/1	1 117 000	12 304	13 743 987	0,37	25 162	10 400 000	24
7.	K1/1	153 000	23 293	3 563 810	0,02	26 325	80 554	98
8.	K5/1	130 000	12 051	1 566 590	0,17	26 241	580 000	63
9.	K5/2	228 000	17 802	4 058 928	0,14	25 672	819 450	80
10.	K5/3	106 000	19 402	20 566 631	0,16	25 394	430 700	79
11.	K5/4	102 000	20 351	2 075 761	0,14	26 168	373 680	82

Najwyższe straty potencjału energetycznego mułów węglowych zanotowano w przypadku wzbogacania w klasyfikatorze odśrodkowym z wstępnym odmuleniem wzbogacanego materiału. Strata potencjału energetycznego wahała się w granicach 24–99% dla poszczególnych depozytów. Jak widać są to bardzo szerokie granice, co świadczy również o niedoskonałości metody. Natomiast wartość opałowa uzyskanego produktu przyjmowała wartości z przedziału 25 394–27 843 kJ/kg przy zagęszczeniu nadawy 100 g/l, co wydaje się bardzo dobrym rezultatem. Podobne wyniki uzyskano przy wzbogacaniu mułów w separatorze zwojowym Reicherta z wstępnym odmulaniem materiału. Strata potencjału energetycznego dla tego procesu wzbogacania wahała się w granicach 34–97% dla poszczególnych depozytów. Natomiast wartość opałowa uzyskanego produktu przyjmowała wartości z przedziału 19 899–28 212 kJ/kg przy zagęszczeniu nadawy 300 g/l.

Najniższe wartości opałowe produktów wzbogacania uzyskiwano w przypadku wzbogacania w hydrocyklonie klasyfikującym. Mimo istotnych strat potencjału energetycznego

Tabela 9.6

Potencjał energetyczny mułów węglowych w poszczególnych depozytach po wzbogacaniu w separatorze zwojowym Reicherta z wstępnym odmuleniem przy zagęszczeniu nadawy 300 g/l

Table 9.6

Energy potential of coal slurry in the particular coal slurry deposits after the beneficiation in the Reichert 5-spiral separator with the preliminary blow down process for the feed density of 300 g/l

Lp.	Numer depozytu	Stan surowy – depozyt			Separator zwojowy Reicherta, 300g/l			
		pojemność	wartość opałowa	potencjał E_{sr}	uzysk	wartość opałowa	potencjał E_{sr}	strata potencjału
		Mg	kJ/kg	GJ	–	kJ/kg	GJ	%
1.	K11/1	640 000	13 297	8 509 964	0,05	22 237	711 584	91
2.	K11/2	176 000	19 672	3 462 345	0,03	19 899	105 067	97
3.	K3/1	1 521 000	9 265	14 092 825	0,12	28 212	5 149 254	63
4.	K4/1	345 600	22 941	7 928 525	0,30	25 656	2 667 711	66
5.	K4/2	163 000	15 813	2 577 600	0,39	26 728	1 699 099	34
6.	K4/3	460 000	20 828	9 581 173	0,42	27 455	5 304 306	45
7.	K6	236 000	18 887	4 457 435	0,08	26 045	491 730	89
8.	K2/1	1 117 000	12 304	13 743 987	0,25	25 988	7 257 149	47
9.	K17	155 000	22 807	3 535 074	0,04	20 410	16 542	96
10.	K1/1	153 000	23 293	3 563 810	0,08	26 042	318 754	91
11.	K5/1	130 000	12 051	1 566 590	0,20	26 312	684 112	56
12.	K5/2	228 000	17 802	4 058 928	0,20	22 603	1 030 697	75
13.	K5/3	106 000	19 402	20 566 631	0,21	25 693	571 926	72
14.	K5/4	102 000	20 351	2 075 761	0,19	26 060	505 043	76

mułów, który wahał się w granicach 12–97% dla poszczególnych depozytów, wartość opałowia otrzymanego produktu przyjmowała wartości niewiele większe w porównaniu do wartości opałowich mułów surowych.

Przeprowadzone badania upoważniają do stwierdzenia, że istnieje możliwość wzbogacania mułów zdeponowanych w depozytach. Należy liczyć się jednak ze znacznymi stratami potencjału energetycznego tych materiałów. Pamiętać również należy, że każda z metod wzbogacania wymaga rozmycia mułów, a więc dostarczenia znacznych ilości wody, na co wskazują zagęszczenia mieszaniny wodno węglowej, niezbędne dla efektywności procesu. Z przeprowadzonej analizy wynika, że przemysłowe wykorzystanie mułów będzie w pełni efektywne w przypadku zastosowania metody pozbawionej konieczności dodatkowych zabiegów wzbogacających materiał.

Tabela 9.7

Zbiorne zestawienie wyników uzysków koncentratu przy wykorzystaniu poszczególnych technologii wzbogacania

Table 9.7

Comprehensive summary of results of concentrate yields using particular beneficiation technologies

Lp.	Numer depozytu	Uzysk koncentratu przy wykorzystaniu poszczególnych technologii wzbogacania			
		hydrocyklon	klasyfikator odśrodkowy 100 g/l	separator zwojowy Reicherta 300 g/l	flotacja
1.	K18	0,60	–	–	–
2.	K11/1	0,51	–	0,05	–
3.	K11/2	0,44	–	0,03	–
4.	K3/1	0,57	0,02	0,12	0,23
5.	K3/2	0,63	–	–	0,45
6.	K4/1	0,51	0,19	0,30	0,81
7.	K4/2	0,59	0,35	0,39	0,65
8.	K4/3	0,57	0,41	0,42	0,41
9.	K6	0,47	0,01	0,08	0,72
10.	K2/1	0,58	0,37	0,25	0,41
11.	K17	0,44	–	0,04	–
12.	K1/1	0,52	0,02	0,08	0,80
13.	K5/1	0,46	0,17	0,20	0,20
14.	K5/2	0,48	0,14	0,20	0,58
15.	K5/3	0,50	0,16	0,21	0,72
16.	K5/4	0,51	0,14	0,19	0,71

Tabela 9.8

Zbiorcze zestawienie wyników utraty potencjału energetycznego depozytów mułów węglowych przy wykorzystaniu poszczególnych technologii wzbogacania

Table 9.8

Comprehensive summary of results of energy potential losses of coal slurry using particular beneficiation technologies

Lp.	Numer depozytu	Potencjał mułów surowych [GJ]	Utrata potencjału energetycznego mułów węglowych [%]			
			hydrocyklon	klasyfikator odśrodkowy 100 g/l	separator zwojowy Reicherta 300 g/l	flotacja
1.	K18	1 007 325	49	–	–	–
2.	K11/1	8 509 964	39	–	91	–
3.	K11/2	3 462 345	97	–	97	–
4.	K3/1	14 092 825	12	94	63	36
5.	K3/2	2 618 308	49	–	–	25
6.	K4/1	7 928 525	49	79	66	5
7.	K4/2	2 577 600	20	43	34	11
8.	K4/3	9 581 173	30	47	45	51
9.	K6	4 457 435	55	99	89	3
10.	K2/1	13 743 987	33	24	47	31
11.	K17	3 535 074	74	–	96	–
12.	K1/1	3 563 810	60	98	91	7
13.	K5/1	1 566 590	25	63	56	56
14.	K5/2	4 058 928	43	80	75	20
15.	K5/3	20 566 631	45	79	72	4
16.	K5/4	2 075 761	45	82	76	10

10. Podsumowanie kompleksowej oceny przydatności depozytów mułów węglowych do ich energetycznego wykorzystania

Celem tej części monografii (rozdziały 2–9) była kompleksowa ocena przydatności depozytów mułów węglowych do ich energetycznego wykorzystania. Cel ten został osiągnięty poprzez przeprowadzone badania jakościowe zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych, próby technologiczne ich wzbogacania oraz analizę ich potencjału energetycznego. Przedstawiono również założenia techniczne, koncepcje technologiczne i wskaźniki kosztowe – układów technologicznych do wzbogacania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych, aby wskazać podmiotom gospodarczym będącym ich właścicielami najbardziej efektywny ekonomicznie sposób ich eksploatacji.

Niniejsze podsumowanie jest syntetycznym zestawieniem rezultatów badań i wniosków opracowanych w poszczególnych rozdziałach.

Jak przedstawiono w rozdziale 2 niniejszej pracy efektem przeprowadzonej inwentaryzacji polegającej na ankietyzacji największych wytwórców mułów węglowych, władających terenami, na których zlokalizowane są depozyty mułów węglowych i instytucji, w gestii których mogły znajdować się dokumenty archiwalne oraz wielokrotnych wizyt w terenie, było zlokalizowanie 62 depozytów, w których zdeponowanych zostało prawie 16,5 mln Mg mułów węglowych. Z uwagi na fakt, że część terenów, na których deponowane były muły węglowe uległa przeobrażeniom antropogenicznym na tereny rekreacyjne, tereny przemysłowe, zbiorniki wodne itp., opracowano formułę matematyczną umożliwiającą określenie z zakładaną dokładnością ilości wytwarzanych i zdeponowanych w środowisku mułów węglowych. Analiza szacunkowa, przy wykorzystaniu opracowanej formuły matematycznej wykazała, że w środowisku od 1945 roku zdeponowanych zostało blisko 120 mln Mg tego surowca, czyli ośmiokrotnie więcej niż zostało zinwentaryzowane z natury i wykazywane jest obecnie w oficjalnych statystykach.

W celu opracowania najbardziej efektywnych ekonomicznie technologii wzbogacania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych przeprowadzono następnie szczegółowe badania jakościowe. Wykonano je na podstawie autorskiej metodyki badawczej, w której określono zakres niezbędnych do oznaczenia parametrów fizycznych i chemicznych dla poszczególnych próbek mułów węglowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że głównymi składnikami próbek mułów węglowych są: krzemionka (27,81–63,96%) oraz węgiel (11,15–31,80%).

Przeprowadzona analiza zawartości metali w próbkach mułów węglowych wykazała brak przekroczeń wartości dopuszczalnych w przypadku arsenu, chromu, cyny, glinu, kadmu, magnezu, manganu, miedzi, molibdenu, rtęci, wanadu i wapnia. Stwierdzono natomiast nieznaczne przekroczenia zawartości kobaltu, cynku, niklu i ołowiu. Metale te jednak występowały w badanych próbkach mułów węglowych w formie związanej, co zostało potwierdzone przeprowadzoną analizą ekstraktu wodnego, która wykazała brak przekroczeń najwyższej dopuszczalnej wartości substancji szkodliwych dla środowiska wodnego.

Z kolei analiza wyników badań składu granulometrycznego wraz z analizą właściwości fizykochemicznych w poszczególnych klasach ziarnowych dla próbek mułów węglowych pochodzących z zidentyfikowanych depozytów wykazała, że:

- wychód klasy ziarnowej <0,1 mm przyjmował wartości w przedziale 28,43–78,93%,
- średnia zawartość wilgoci higroskopijnej przyjmowała wartości w przedziale 1,27–3,37% oraz 1,24–2,99% dla klasy ziarnowej <0,1 mm,
- średnia zawartość popiołu w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 27,69–72,59% oraz 37,03–77,23% dla klasy ziarnowej <0,1 mm,
- średnia zawartość siarki całkowitej w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 0,29–3,57% oraz 0,21–4,15% dla klasy ziarnowej <0,1 mm,
- średnia zawartość części lotnych w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 9,47–24,16% oraz 7,92–22,27% dla klasy ziarnowej <0,1 mm,
- średnia wartość opałowa w stanie analitycznym przyjmowała wartości w przedziale 5 634–21 758 kJ/kg oraz 1 684–18 118 kJ/kg dla klasy ziarnowej <0,1 mm.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że klasa ziarnowa <0,1 mm, charakteryzuje się wyższą średnią zawartością popiołu i siarki przy niższej średniej zawartości części lotnych i wartości opałowej w porównaniu do średnich wartości parametrów jakościowych dla całej klasy ziarnowej.

Przeprowadzono również analizę składu densymetrycznego wraz z analizą parametrów jakościowych klasy ziarnowej >0,1 mm próbek mułów węglowych pochodzących z 16 wybranych do badań zidentyfikowanych depozytów.

Badania te wykazały, że w produktach rozdziału:

- wychody frakcji koncentratów węglowych o gęstości <1,6 g/cm³ przyjmowały wartości w przedziale 31,68–94,52%, frakcji produktów pośrednich o gęstości od 1,6 do 1,8 g/cm³ przyjmowały wartości w przedziale 1,36–5,56%, natomiast frakcji produktów odpadowych o gęstości >1,8 g/cm³ przyjmowały wartości w przedziale 3,25–65,23%,
- zawartości popiołu w frakcjach koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 3,87–10,38%, w frakcjach produktów pośrednich wartości w przedziale 33,13–40,02%, natomiast w frakcjach produktów odpadowych wartości w przedziale 69,43–87,66%,
- wartości opałowe frakcji koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 21 545–32 842 kJ/kg, frakcji produktów pośrednich wartości w przedziale

13 088–21 190 kJ/kg, natomiast frakcji produktów odpadowych wartości w przedziale 1 019–7 940 kJ/kg.

Analizy densymetryczne wykonane dla badanych depozytów mułów węglowych pokazały, że w przypadku wydzielania produktu węglowego przy gęstości $<1,6 \text{ g/cm}^3$ (wariant I) można teoretycznie otrzymać czyste koncentraty węglowe o bardzo niskiej zawartości popiołu i bardzo wysokiej wartości opałowej. Dotyczy to ziarn klasy ziarnowej powyżej 0,1 mm. Frakcja produktów odpadowych stanowi w tym przypadku praktycznie czystą skałę płonną, a w kilku przypadkach przerosty kamienno-węglowe. Przy wydzielaniu tak bardzo czystych koncentratów powstaje problem zagospodarowania frakcji produktów pośrednich. Produkty te mogą być w niektórych przypadkach dodane do koncentratów węglowych ze względu na ich bardzo dobre parametry jakościowe.

Przeprowadzono również badania w zakresie możliwości wydzielania koncentratów węglowych przy gęstości $<1,8 \text{ g/cm}^3$ (wariant II). Analizując wyniki przeprowadzonych badań densymetrycznych, można stwierdzić, że w produktach rozdziału:

- wychody frakcji koncentratów węglowych o gęstości $<1,8 \text{ g/cm}^3$ przyjmowały wartości w przedziale 34,77–96,75%, natomiast frakcji produktów odpadowych o gęstości $>1,8 \text{ g/cm}^3$ przyjmowały wartości w przedziale 3,25–65,23%,
- zawartości popiołu w frakcjach koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 4,52–11,49%, natomiast w frakcjach produktów odpadowych wartości w przedziale 69,43–87,66%,
- wartości opałowe frakcji koncentratów węglowych przyjmowały wartości w przedziale 21 258–31 779 kJ/kg, natomiast frakcji produktów odpadowych wartości w przedziale 1 019–7 940 kJ/kg.

Na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń stwierdzono, że można przy dwuproduktowym wzbogacaniu w warunkach laboratoryjnych otrzymać dobrej jakości produkty węglowe, które nie odbiegają od jakości produktów oferowanych na krajowym rynku.

Otrzymane wyniki badań wskazują na znaczne zróżnicowanie jakości mułów węglowych zdeponowanych w poszczególnych wybranych do analiz depozytach. Powodem tego jest zróżnicowanie typów technologicznych węgla pochodzących z poszczególnych kopalń, które wykorzystywały te depozyty oraz stosowane przez te kopalnie rozwiązania technologiczne w zakresie procesów wzbogacania.

Przedstawione wyniki badań dotyczą teoretycznych możliwości uzyskiwania produktów węglowych na podstawie krzywych wzbogalności. W warunkach innych niż rozdział w laboratoryjnych cieczach ciężkich wyniki będą się różnić. Z tego też względu w rozdziale 7 przedstawiono wyniki wzbogacania depozytów mułów węglowych metodami flotacji, wzbogacania strumieniowego i odśrodkowego.

Najlepsze wyniki wzbogacania mułów węglowych uzyskano stosując metodę flotacji. Zanotowane wychody frakcji koncentratów węglowych wyniosły średnio około 64%. Wartości opałowe tych koncentratów oszacowano na poziomie około 25 MJ/kg, przy zawartości popiołu na poziomie około 20%. W badaniach tą metodą zanotowano stosunkowo wysoki poziom zawartości popiołu w produktach odpadowych w przedziale 65,8–82,9%,

co umożliwi ich gospodarcze wykorzystanie w różnych gałęziach przemysłu. Badania metodą flotacji wykazały także, że w przypadku użytego w próbach laboratoryjnych odczynnika nie można jej zastosować do wszystkich zidentyfikowanych depozytów. Wynika z tego, że w przypadku zainteresowania wykorzystaniem tej metody w odniesieniu do innych drobnoziarnistych materiałów ze wzbogacania węgla kamiennego należy poszukiwać nowych, skuteczniej działających odczynników.

Mniej korzystne wyniki uzyskano wzbogacając depozyty mułów węglowych we wzbogacalniku strumieniowym zwojowym typu Reichert LD4 i klasyfikatorze odśrodkowym. Przeprowadzone badania wzbogacania depozytów mułów węglowych metodą wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reicherta typu LD4 wykazały, że przy wstępnym usunięciu ziarna $<0,1$ mm i zagęszczeniu nadawy do wartości 300 g/l wychody uzyskanych koncentratów węglowych wyniosły średnio około 34%. Wartości opałowe uzyskanych koncentratów wynosiły średnio 24,5 MJ/kg, przy zawartości popiołu na poziomie około 16%. Zastosowanie tej metody wzbogacania charakteryzuje się dość znaczą utratą substancji węglowej oraz powstawaniem frakcji produktów odpadowych o złych (duża wartość opałowa na poziomie średnio 14,6 MJ/kg) parametrach jakościowych uniemożliwiających ich gospodarcze wykorzystanie.

Przeprowadzone badania wzbogacania depozytów mułów węglowych w klasyfikatorze odśrodkowym o zmiennej prędkości wykazały, że przy wstępnym usunięciu ziarna $<0,1$ mm i zagęszczeniu nadawy do wartości 100 g/l wychody uzyskanych koncentratów węglowych wyniosły średnio około 27%. Wartości opałowe uzyskanych koncentratów wynosiły średnio 24,6 MJ/kg, przy zawartości popiołu na poziomie około 16,5%. Zastosowanie tej metody wzbogacania podobnie jak w przypadku wzbogacania strumieniowego charakteryzuje się dość znaczą utratą substancji węglowej oraz powstawaniem frakcji produktów odpadowych o złych (duża wartość opałowa na poziomie średnio 15,9 MJ/kg) parametrach jakościowych uniemożliwiających ich gospodarcze wykorzystanie.

Najmniej korzystne wyniki uzyskano wzbogacając depozyty mułów węglowych w hydrocyklonie klasyfikującym. Przeprowadzone badania możliwości uzyskania koncentratu tą metodą wykazały, że przy zagęszczeniu nadawy do wartości 150 g/l wychody uzyskanych w wylewie (odmulonych) koncentratów węglowych wyniosły średnio około 53%. Wartości opałowe uzyskanych koncentratów wynosiły średnio 17,2 MJ/kg, przy zawartości popiołu na poziomie około 39%. Rezultaty badań nad wzbogacaniem odśrodkowym mułów węglowych z zastosowaniem hydrocyklonu klasyfikującego wykazały, że metodę tę należy uznać za nieprzydatną z uwagi na parametry jakościowe (wysokie zawartości popiołu) uzyskiwanych produktów węglowych.

W celu wdrożenia na skalę przemysłową analizowanych metod wzbogacania w rozdziale 8 przedstawiono także założenia techniczne poszczególnych węzłów układów technologicznych. Analizie poddano standardowe węzły technologiczne, które funkcjonują w zakładach przeróbki i wzbogacania surowców mineralnych, w tym głównie węgla kamiennego. Są to węzły przygotowania nadawy, wzbogacania nadawy, odwadniania koncentratu, odwadniania odpadów i klarowania wód obiegowych. Z uwagi na fakt, że najważniejszymi

elementami w tych ciągach technologicznych są węzły wzbogacania, zdefiniowane zostały dla nich bilanse masowo-objętościowe, które następnie stały się podstawą doboru parametrów technicznych pozostałych węzłów w układach technologicznych zakładów wzbogacania.

Analizę przeprowadzono dla następujących technologii wzbogacania depozytów mułów węglowych z wykorzystaniem:

- hydrocyklonów klasyfikujących,
- klasyfikatorów odśrodkowych,
- separatorów spiralnych Reicherta typu LD4,
- maszyn flotacyjnych,
- separatorów odśrodkowych – bębnowych MGS,
- hydrocyklonów klasyfikujących i maszyn flotacyjnych,
- hydrocyklonów klasyfikujących i separatorów spiralnych Reicherta typu LD4 oraz dla granulatorów.

Następnie na podstawie wyników przeprowadzonych analiz technologii wzbogacania oraz zakładany czas eksploatacji depozytu przedstawiono siedemnaście różnych koncepcji złożonych układów technologicznych wzbogacania zinventaryzowanych depozytów mułów węglowych. Dla każdej koncepcji określono również wskaźniki kosztowe. Opracowane zostały one na podstawie oszacowanych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Składniki kosztów inwestycyjnych przyjęto opierając się na dostępnych kalkulacjach udostępnionych przez specjalistyczne biura projektujące nowe zakłady i modernizujące istniejące zakłady przeróbki i wzbogacania surowców mineralnych, zwłaszcza zakładów wzbogacania węgla kamiennego. W analizowanych składnikach kosztowych nie uwzględniono kosztów dotyczących branży budowlanej, z uwagi na istotny problem w ich oszacowaniu bez konkretnych wskazań lokalizacyjnych. Składniki kosztów eksploatacyjnych przyjęto mając za podstawę przeciętne ceny mediów wykorzystywanych w procesach wzbogacania, ceny podstawowych materiałów eksploatacyjnych oraz koszty utrzymania załogi. W oszacowanych kosztach eksploatacyjnych nie uwzględniono opłat eksploatacyjnych wnoszonych na rzecz właściciela depozytu, opłat środowiskowych itp.

Z opisanych względów wyniki przeprowadzonej analizy kosztów przedsięwzięcia i możliwych zysków stanowić mogą dla potencjalnego inwestora jedynie wskazówkę co do przybliżonej efektywności ekonomicznej budowy zakładu wykorzystującego określoną technologię wzbogacania depozytów mułów węglowych.

W 9 rozdziale tej części monografii zaprezentowano wyniki analizy potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych przed i po procesie wzbogacania. Oszacowania potencjału energetycznego dokonano wykorzystując autorski dwuwariantowy algorytm. Zaprezentowane wyniki badań ze wzbogacania mułów węglowych i analiza ich potencjału energetycznego wykazały, że w wyniku wzbogacania znaczna ilość tego potencjału jest stracona. Jest to wynik przechodzenia najdrobniejszych ziarn węglowych do odpadów. Najkorzystniejsze rezultaty, co wydaje się zrozumiałe ze względu na istotę procesu wzbogacania, uzyskano w przypadku metody flotacji. Strata potencjału energetycznego dla tego procesu wzbogacania wahała się w granicach 3–56% dla

poszczególnych depozytów. Natomiast wartość opałowa uzyskanego produktu przyjmowała wartości z przedziału 20 670–27 120 kJ/kg. Niestety, nie wszystkie muły węglowe, według przyjętego kryterium kwalifikacji efektów procesu wzbogacania, były podatne na tę metodę przy zastosowanych w badaniach odczynnikach flotacyjnych. Najwyższe straty potencjału energetycznego mułów węglowych zanotowano w przypadku wzbogacania w klasyfikatorze odśrodkowym ze wstępnym odmuleniem wzbogacanego materiału. Strata potencjału energetycznego wahała się w granicach 24–99% dla poszczególnych depozytów. Jak widać – są to bardzo szerokie granice, co świadczy również o niedoskonałości metody. Natomiast wartość opałowa uzyskanego produktu przyjmowała wartości z przedziału 25 394–27 843 kJ/kg przy zagęszczeniu nadawy 100 g/l, co wydaje się bardzo dobrym rezultatem. Podobne wyniki uzyskano przy wzbogacaniu mułów w separatorze zwojowym Reicherta ze wstępnym odmulaniem materiału. Strata potencjału energetycznego dla tego procesu wzbogacania wahała się w granicach 34–97% dla poszczególnych depozytów. Natomiast wartość opałowa uzyskanego produktu przyjmowała wartości z przedziału 19 899–28 212 kJ/kg przy zagęszczeniu nadawy 300 g/l. Najniższe wartości opałowe produktów wzbogacania uzyskiwano w przypadku wzbogacania w hydrocyklonie klasyfikującym. Mimo istotnych strat potencjału energetycznego mułów, który wahał się w granicach 12–97% dla poszczególnych depozytów, wartość opałowa otrzymanego produktu przyjmowała wartości niewiele większe w porównaniu do wartości opałowych mułów surowych.

Przeprowadzone badania upoważniają do stwierdzenia, że istnieje możliwość wzbogacania mułów zdeponowanych w depozytach. Należy liczyć się jednak ze znacznymi stratami potencjału energetycznego tych materiałów. Pamiętać również należy, że każda z metod wzbogacania wymaga rozmycia mułów, a więc dostarczenia znacznych ilości wody, na co wskazują zagęszczenia mieszaniny wodno-węglowej, niezbędne dla efektywności procesu. Z przeprowadzonej analizy wynika, że przemysłowe wykorzystanie mułów węglowych będzie w pełni efektywne w przypadku zastosowania metody pozbawionej konieczności dodatkowych zabiegów wzbogacających materiał.

11. Koncepcja kompleksowego programu gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych

Celem tej części monografii jest przedstawienie propozycji założeń kompleksowego programu gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych. Realizacja tego celu wymagała rozważenia szeregu zagadnień z których najistotniejsze to:

- uwarunkowania prawne w odniesieniu do depozytów mułów węglowych,
- system oceny oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko,
- kierunki gospodarczego wykorzystania odpadów powstałych po procesach wzbogacania depozytów mułów węglowych.

Przeprowadzona w ramach projektu inwentaryzacja *in-situ* wykazała, że w środowisku znajduje się ponad 16,5 mln Mg depozytów mułów węglowych, które wprost lub poprzez zastosowanie odpowiednich technologii wzbogacania mogą stanowić cenny surowiec dla energetyki. Z uwagi na swoje właściwości depozyty mułów węglowych powinny zostać zaliczone do złóż wtórnych (antropogenicznych) węgla kamiennego. Po takim zaklasyfikowaniu mułów węglowych zaistnieje możliwość włączenia ich do bilansu zasobów energetycznych lub do bilansu gospodarki surowcami mineralnymi. Warunkiem koniecznym jest jednak przeklasyfikowanie depozytów mułów węglowych ze statusu odpadów do statusu paliwa energetycznego. Z tego też względu w 12 rozdziale monografii zaprezentowano obowiązujące na poziomie Unii Europejskiej i Polski uwarunkowania prawne w odniesieniu do depozytów mułów węglowych. Podstawowym unijnym aktem prawnym regulującym zagadnienia związane z depozytami mułów węglowych jest *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/21/WWE z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego oraz zmieniająca Dyrektywę 2004/35/WE (Dz.Urz. UE L 102/15 z 11.04.2006 r.)*, pięć decyzji wykonawczych Komisji Europejskiej do tej dyrektywy oraz jedna rezolucja Parlamentu Europejskiego.

Na poziomie krajowym odpowiednikiem wspomnianej dyrektywy i decyzji jest *ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1136)* wraz z czterema rozporządzeniami wykonawczymi. Problematyka mułów węglowych regulowana jest również w szeregu innych ustawach i rozporządzeniach wykonawczych, do których zaliczyć należy m.in. ustawę o odpadach, ustawę o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie, ustawę Prawo geologiczne i górnicze. Na szczególną uwagę zasługują zapisy ujęte w ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21, 888, 1238). W ustawie tej po raz pierwszy w polskim prawodawstwie pojawiły się

pojęcia takie jak „uznanie przedmiotu lub substancji za produkt uboczny” i „utrata statusu odpadów”, które powinny posłużyć przedsiębiorcom, w gestii których znajdują się depozyty mułów węglowych do ich przeklasyfikowania i określenia możliwych kierunków gospodarczego wykorzystania.

Nieczynne depozyty mułów węglowych stanowią obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych. Dla obiektów takich, zgodnie z zapisami ujętymi w ustawie o odpadach wydobywczych, powinna zostać sporządzona tzw. ocena ryzyka środowiskowego. Wychodząc naprzeciw ustawowym zapisom, w rozdziale 13 niniejszej monografii przedstawiono autorską metodykę oraz jednolite kryteria oceny depozytów mułów węglowych pod kątem ryzyka wynikającego z ich funkcjonowania oraz wpływu na poszczególne elementy środowiska. Na podstawie tej metodyki dokonano następnie oceny zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych z punktu widzenia spełnienia wymogów formalno-prawnych i potencjalnego oddziaływania na środowisko (rozdział 14).

Przedstawione w poprzednich rozdziałach monografii technologie wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych na paliwo dla energetyki zawodowej powodują powstawanie substancji odpadowych. Mając to na uwadze, w rozdziale 15 zaprezentowano potencjalne kierunki ich gospodarczego wykorzystania wraz z wytycznymi technologicznymi. Przeprowadzone badania oraz rozeznanie literaturowe wykazały możliwość wykorzystania generowanych substancji odpadowych jako materiału mineralnego przy produkcji kruszyw sztucznych z osadów ściekowych i szkła odpadowego lub jako wypełniacza przy produkcji mieszanek związanych hydraulicznie.

12. Uwarunkowania prawne w odniesieniu do depozytów mułów węglowych

Depozyty mułów węglowych z uwagi na swoje właściwości powinny zostać zaliczone do złóż wtórnych (antropogenicznych) węgla kamiennego. Po takim zaklasyfikowaniu zaistnieje możliwość włączenia ich do bilansu paliwowego kraju. Warunkiem koniecznym jest jednak przeklasyfikowanie depozytów mułów węglowych ze statusu odpadów przerobczych do statusu paliwa energetycznego oraz opracowanie kompleksowego programu ich gospodarczego wykorzystania. Z tego też względu w niniejszym rozdziale zaprezentowano obowiązujące na poziomie Unii Europejskiej i Polski uwarunkowania prawne w odniesieniu do depozytów mułów węglowych.

Unia Europejska w dziedzinie gospodarki odpadami 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 oraz zmieniająca Dyrektywę 2004/35/WE (Dz.Urz. UE L 102/15 z 11.04.2006 r.). Dyrektywa ta została transponowana do prawodawstwa polskiego ustawą z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1136).

12.1. Akty prawne Unii Europejskiej

Podstawowe regulacje prawne dotyczące zagadnień związanych z gospodarowaniem odpadami wydobywczymi zawierają *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/21/WE z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego oraz zmieniająca Dyrektywę 2004/35/WE (Dz.Urz. UE L 102/15 z 11.04.2006 r.)*, 5 decyzji Komisji Europejskiej oraz 1 rezolucja Parlamentu Europejskiego:

- *Decyzja Komisji z dnia 30 kwietnia 2009 r. uzupełniająca definicję odpadów objętych w związku z wykonaniem przepisów art. 22 ust. 1 lit. f) dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 110 z 1.05.2009 r.)*,
- *Decyzja Komisji z dnia 30 kwietnia 2009 r. uzupełniająca wymogi techniczne w odniesieniu do charakterystyki odpadów ustanowionej dyrektywą 2006/21/WE Parla-*

- mentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 110 z 1.05.2009 r.),*
- *Decyzja Komisji z dnia 20 kwietnia 2009 r. w sprawie definicji klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów zgodnie z załącznikiem III do dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 102 z 22.04.2009 r.),*
 - *Decyzja Komisji z dnia 20 kwietnia 2009 r. w sprawie technicznych wskazówek w celu ustanowienia gwarancji finansowej zgodnie z dyrektywą 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 101 z 21.04.2009r.),*
 - *Decyzja Komisji z dnia 29 kwietnia 2009 r. w sprawie harmonizacji, regularnego przekazywania informacji oraz kwestionariusza, o których mowa w art. 22 ust. 1 lit a) oraz art. 18 dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 110 z 1.05.2009 r.),*
 - *Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 5 maja 2010 r. w sprawie całkowitego zakazu wykorzystania technologii wydobywczych z zastosowaniem cyjanku w Unii Europejskiej (Dz.Urz. UE C 81E z 15.03.2011 r.).*

**Dyrektywa 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r.
w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego
oraz zmieniająca dyrektywę 2004/35/WE (Dz.Urz. UE L 102/15 z 11.04.2006 r.)**

Dyrektywa ta dotyczy gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego, a jednocześnie zmienia dyrektywę 2004/35/WE regulującą odpowiedzialność za środowisko w odniesieniu do zapobiegania i zaradzania szkodom wyrządzonym środowisku naturalnemu. Dyrektywa określa środki, procedury i wskazówki mające na celu zapobieganie lub zmniejszanie wszelkich niekorzystnych skutków dla środowiska, w szczególności wody, powietrza, gleby, fauny i flory oraz krajobrazu a także wszelkich wynikających z tego zagrożeń dla zdrowia ludzkiego, spowodowanych gospodarowaniem odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego. Zakresem regulacji dyrektywy objęte są odpady pochodzące z poszukiwania, wydobywania, przeróbki (muły węglowe) i magazynowania surowców mineralnych oraz z działalności odkrywkowej. Natomiast wyłącza się z zakresu jej regulacji: odpady powstałe w wyniku poszukiwania, wydobywania i przeróbki surowców mineralnych oraz z działalności odkrywkowej, które nie pochodzą jednak bezpośrednio z takich prac, odpady pochodzące z morskogo poszukiwania, wydobywania i przeróbki surowców mineralnych oraz wtłaczanie wody i powtórne wtłaczanie wypompowanych wód podziemnych. Państwa członkowskie zapewniają sporządzenie przez operatora planu gospodarowania odpadami wydobywczymi. Dyrektywa reguluje warunki, którym powinien odpowiadać plan oraz zasady jego sporządzania i weryfikacji przy założeniu, że podlega on przeglądowi lub zmianie co pięć lat. Z niniejszej dyrektywy wynika też, że obiekty do unieszkodliwiania odpadów wydobywczych działają na podstawie specjalnych zezwoleń.

Dyrektywa określa też zasady użytkowania i umieszczania odpadów wydobywczych w wyrobiskach poeksploatacyjnych, jak też zasady budowy i zarządzania obiektami unieszkodliwiania odpadów wydobywczych oraz procedury zamknięcia i obowiązujące po zamknięciu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych. Dyrektywa reguluje kwestie transgraniczne związane z działalnością obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, wskazując na obowiązek poinformowania o niekorzystnych skutkach dla środowiska innego państwa członkowskiego.

Dyrektywa nakłada również na państwa członkowskie obowiązek przedkładania co trzy lata Komisji Europejskiej sprawozdań w sprawie wykonania niniejszej dyrektywy, obowiązek wprowadzenia sankcji z tytułu naruszenia przepisów prawa krajowego przyjętych zgodnie z niniejszą dyrektywą oraz sporządzenia (do dnia 1 maja 2012 r.) i okresowego aktualizowania spisu zamkniętych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (włącznie z obiektami opuszczonymi), które wywierają poważny negatywny wpływ na środowisko lub mogą stać się w średnio- lub krótkoterminowej perspektywie poważnym zagrożeniem dla zdrowia ludzkiego lub środowiska.

Do wymienionej dyrektywy dołączono 3 załączniki (I, II i III):

- w załączniku I sprecyzowano elementy polityki zapobiegania poważnym wypadkom, które stwarza obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych oraz niezbędne informacje o obiekcie, które powinny być przekazywane zainteresowanej społeczności,
- w załączniku II określono elementy charakterystyki odpadów wydobywczych, które mają być składowane w obiekcie unieszkodliwiania odpadów wydobywczych,
- w załączniku III zawarto kryteria określania klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych. Obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych zostaje sklasyfikowany jako obiekt unieszkodliwiania odpadów kategorii A, jeżeli:
 - brak działania lub niewłaściwe działanie, np.: zapadnięcie się hałdy lub pęknięcie tamy, które mogłoby spowodować poważny wypadek, na podstawie oceny ryzyka uwzględniającej czynniki, takie jak obecny lub przyszły rozmiar, lokalizacja i wpływ obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych na środowisko,
 - zawiera odpady sklasyfikowane jako niebezpieczne zgodnie z dyrektywą 91/689/ EWG powyżej pewnego progu,
 - zawiera substancje lub preparaty sklasyfikowane jako niebezpieczne zgodnie z dyrektywą 67/548/EWG lub 1999/45/WE powyżej pewnego progu.

12.2. Polskie akty prawne

W Polsce problematyka odpadów wydobywczych w tym odpadów przeróbczych (odpady przeróbcze to odpady wydobywcze w formie stałej lub szlamu, które pozostają po przeróbce kopaliny, przeprowadzonej w drodze procesów mechanicznych, fizycznych bio-

logicznych termicznych lub chemicznych, a także z połączenia tych procesów), do których zaliczane są depozyty mułów węglowych regulowana jest przez następujące ustawy i rozporządzenia wykonawcze:

- ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1136,
- ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21,888, 1238),
- ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz.U. z 2007 r., Nr 75, poz. 493 z późn. zm.) oraz rozporządzenia wykonawcze do tej ustawy,
- ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Tekst jednolity Dz.U. z 2013 r. poz. 627,628, 842),
- ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. z 2012 r., poz. 145, 951, 1513; z 2013 r. 21, 165),
- ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2008 r., Nr 25, poz. 150 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1205),
- ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2011r., Nr 163, poz. 981 z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 lipca 2011 r. w sprawie kryteriów zaliczania odpadów wydobywczych do odpadów obojętnych (Dz.U. z 2011 r., Nr 175, poz. 1048),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2011 r., Nr 92, poz. 535),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie szczegółowych kryteriów klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2011 r., Nr 86, poz. 477),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2013 r. w sprawie charakterystyki odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2013 r., poz. 759),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 grudnia 2011 r. w sprawie podziemnych składowisk odpadów (Dz.U. z 2011 r., Nr 298, poz. 1771),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie wzorów druków informacji dotyczącej opłaty za wydobytą kopalinę, podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji oraz podziemne składowanie odpadów (Dz.U. z 2011 r., Nr 282, poz. 1658),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. z 2011 r., Nr 86, poz. 476),
- rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących oddziaływać na środowisko (Dz.U. z 2010 r., Nr 213, poz. 1397),

- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie rodzajów instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia (Dz.U. z 2010 r., Nr 130, poz. 880),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego – załącznik I (Dz.U. z 2009 r., Nr 27, poz. 169),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz.U. z 2013 r., poz. 523),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r., Nr 165, poz. 1359),
- obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 13 sierpnia 2013 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2014 (M.P. z 2013 r., Nr 0, poz. 729),
- obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 7 sierpnia 2013 r. w sprawie stawek opłat na rok 2014 z zakresu przepisów Prawa geologicznego i górniczego (Dz.U. z 2013 r., poz. 721).

Ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1136)

Ustawa o odpadach wydobywczych jest transpozycją do krajowego porządku prawnego dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego oraz zmieniającej dyrektywę 2004/35/WE. W ustawie określono zasady gospodarowania odpadami wydobywczymi w tym przeróbczymi oraz niezanieczyszczoną glebą, zasady prowadzenia obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych oraz procedury związane z uzyskiwaniem zezwoleń i pozwoleń na gospodarkę odpadami wydobywczymi i zapobieganiem poważnym wypadkom w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych kategorii A.

Przepisy ustawy mają zastosowanie wyłącznie do gospodarowania odpadami wydobywczymi na powierzchni ziemi, w sprawach dotyczących podziemnego składowania odpadów wydobywczych stosuje się przepisy ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2011 r., Nr 163, poz. 981 z późn. zm.).

Natomiast do odpadów wydobywczych będących jednocześnie odpadami promieniotwórczymi mają zastosowanie przepisy ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz.U. z 2012 r. poz. 264 i 908)

W sprawach dotyczących postępowania z odpadami wydobywczymi w zakresie nieuregulowanym we wspomnianej ustawie stosuje się przepisy ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21, 888, 1238).

Przepisów ustawy nie stosuje się w przypadku:

- odpadów powstałych w wyniku poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania kopalni ze złóż oraz ich magazynowania i przeróbki, które nie są bezpośrednio związane z tymi działaniami,

- odpadów powstałych w wyniku poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania kopalin ze złóż oraz ich przeróbki z obszarów morskich Rzeczypospolitej Polskiej,
- wtlaczania wód do górotworu w rozumieniu ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze,
- mas ziemnych lub skalnych przemieszczanych w związku z wydobywaniem kopalin ze złóż jeżeli koncesja na wydobywanie kopalin ze złóż lub plan ruchu zakładu górniczego zatwierdzone decyzjami, o których mowa w ustawie z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze, lub miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego dla terenu górniczego określają warunki i sposób ich zagospodarowania,
- nadkładu stanowiącego masy ziemne lub skalne usuwane z nad złóża w celu umożliwienia wydobycia kopaliny użytecznej, zwałowanego na obszarze górniczym, o ile nie stanowi odpadu w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach a termin i sposób jego zagospodarowania zostały określone zgodnie z przepisami ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze dotyczącymi ruchu zakładu górniczego.

Ustawa skierowana jest do wszelkich podmiotów prowadzących działalność polegającą na odkrywkowym, podziemnym i otworowym wydobywaniu kopalin ze złóż w celach gospodarczych, w tym na ich przeróbce. Posiadacz odpadów wydobywczych przed rozpoczęciem działalności związanej z wytwarzaniem lub gospodarowaniem odpadami wydobywczymi jest obowiązany do przedłożenia programu gospodarowania odpadami wydobywczymi właściwemu organowi w celu zatwierdzenia go na drodze decyzji administracyjnej. Posiadacz odpadów prowadzący obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych winien sporządzić ponadto ocenę ryzyka takiego obiektu. Prowadzenie obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych wymaga uzyskania zezwolenia, które wydaje właściwy miejscowo marszałek województwa na czas oznaczony, nie dłuższy niż 10 lat. Odpady wydobywcze składowane w obiekcie unieszkodliwiania odpadów wydobywczych mogą być z niego pozyskane po uzyskaniu zgody na wydobywanie odpadów, o której mowa w art. 144 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21, 888, 1238).

W razie wystąpienia na terenie obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych zdarzenia mogącego mieć niekorzystny wpływ na środowisko, prowadzący obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych ma obowiązek niezwłocznie zawiadomić o tym fakcie właściwego komendanta wojewódzkiego Państwowej Straży Pożarnej oraz właściwego wojewódzkiego inspektora ochrony środowiska.

Ustawa o odpadach wydobywczych, która weszła w życie z dniem 15 sierpnia 2008 r., w stosunku do obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych wprowadza m.in.:

a) Podział obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych na:

- obiekty kategorii A, jeżeli:
 - brak działania lub niewłaściwe działanie mogłoby spowodować poważny wypadek,
 - składowane są w nim odpady niebezpieczne,

- składowane w nim odpady wydobywcze zawierają substancje lub preparaty niebezpieczne,
 - pozostałe obiekty.
- b) Obowiązek sporządzania oceny ryzyka obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, zawierającej m.in. dane dotyczące:
- kategorii obiektu wraz z uzasadnieniem,
 - wpływu na środowisko (ze szczególnym uwzględnieniem wpływu na stan wód podziemnych i powierzchniowych, powietrza, gleby oraz krajobrazu),
 - stężenia cyjanku dysocjującego (rozkładającego się) w słabym kwasie oraz możliwości jego redukcji za pomocą najlepszych dostępnych technik.
- c) Obowiązek eksploatacji obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych w sposób zapewniający zachowanie wymagań sanitarnych, bezpieczeństwa i higieny pracy, przeciwpożarowych, a także zasad ochrony środowiska – zapobieganie pogorszeniu stanu gleby, wód powierzchniowych i podziemnych w wyniku oddziaływania wód odciekowych z obiektu (również po jego zamknięciu). W przypadku lokalizacji obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych obowiązek uwzględniania zakazów i ograniczeń wynikających w szczególności z następujących ustaw:
- o ochronie gruntów rolnych i leśnych,
 - Prawo ochrony środowiska,
 - Prawo wodne,
 - o ochronie przyrody,
 - o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych.
- d) Obowiązek monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (zarówno w trakcie eksploatacji, jak również po zamknięciu) obejmującego w szczególności:
- badanie wielkości opadu atmosferycznego dokonane w stacji meteorologicznej reprezentatywnej dla lokalizacji obiektu,
 - badanie substancji i parametrów wskaźnikowych w wodach powierzchniowych, odciekowych i podziemnych z listy określonej w przepisach dotyczących kwalifikacji wód,
 - pomiar poziomu wód podziemnych w otworach obserwacyjnych,
 - kontrolę osiadania obiektu na podstawie ustalonych reperów.
- e) Obowiązek sporządzania, prowadzenia i aktualizacji spisu zamkniętych oraz opuszczonych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, zlokalizowanych na terenie województwa, które wywierają negatywny wpływ na środowisko lub mogą się stać w średnio- lub krótkoterminowej perspektywie poważnym zagrożeniem dla zdrowia i życia ludzi lub zagrożeniem dla środowiska (przez właściwego wojewódzkiego inspektora ochrony środowiska).
- f) Zmianę kwalifikacji dotychczasowych składowisk odpadów/obiektów na obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych w przypadkach:

- składowisk odpadów przyjmujących do składowania wyłącznie odpady wydobywcze (z dniem wejścia w życie ustawy),
- funkcjonujących lub zamkniętych innych obiektów, na których przed dniem wejścia w życie ustawy były składowane wyłącznie odpady wydobywcze.

Do wymienionej ustawy dołączono dwa załączniki:

- w załączniku nr 1 sprecyzowano elementy systemu zarządzania bezpieczeństwem wdrażającego politykę zapobiegania poważnym wypadkom, które stwarza obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (ze szczególnym uwzględnieniem obiektów kategorii A),
- w załączniku nr 2 zawarto wykaz koniecznych informacji opracowywanych przez komendanta wojewódzkiego Państwowej Straży Pożarnej, a dotyczących obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, które powinny być przekazywane zainteresowanej społeczności.

Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie
(Dz.U. z 2007 r., Nr 75, poz. 493 z późn. zm.)

Obowiązująca od dnia 30 kwietnia 2007 r. ustawa dokonuje w zakresie swojej regulacji wdrożenia dyrektywy 2004/35/WE w sprawie odpowiedzialności za środowisko w odniesieniu do zapobiegania i zarządzania szkodami wyrządzonym środowisku naturalnemu, zmienionej dyrektywą 2006/21/WE z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego. Dyrektywa 2006/21/WE poszerzyła w załączniku III zmienianej dyrektywy 2004/35/WE zakres szkód wyrządzonych środowisku naturalnemu w wyniku działalności zawodowej o punkt 13 obejmujący:

„13. Gospodarowanie odpadami wydobywczymi zgodnie z dyrektywą 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego”.

Przepisy ustawy stosuje się do bezpośredniego zagrożenia szkodą w środowisku lub do szkody w środowisku:

- spowodowanych przez działalność podmiotu korzystającego ze środowiska stwarzającą ryzyko szkody w środowisku,
- spowodowanych przez jakąkolwiek inną działalność podmiotu korzystającego ze środowiska, jeżeli dotyczą gatunków chronionych siedlisk przyrodniczych oraz wystąpiły z winy podmiotu korzystającego ze środowiska.

Do działalności stwarzającej ryzyko szkody w środowisku zalicza się m.in.:

- z zakresu ustawy – Prawo ochrony środowiska, eksploatację instalacji wymagającej uzyskania pozwolenia zintegrowanego,
- z zakresu ustawy o odpadach, działalność w zakresie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów wymagającą uzyskanie zezwolenia.

W przypadku wystąpienia szkody w środowisku podmiot korzystający ze środowiska jest obowiązany do:

- podjęcia działań w celu ograniczenia szkody w środowisku, zapobieżenia kolejnym szkodom i negatywnym skutkom dla zdrowia ludzi lub dalszemu osłabieniu funkcji elementów przyrodniczych, w tym natychmiastowego skontrolowania, powstrzymania, usunięcia lub ograniczenia w inny sposób zanieczyszczeń lub innych szkodliwych czynników,
- podjęcia działań naprawczych.

Na obszarze, na którym występuje bezpośrednie zagrożenie szkodą w środowisku, organ ochrony środowiska może, w drodze decyzji, nałożyć na podmiot korzystający ze środowiska prowadzący działalność stwarzającą ryzyko szkody w środowisku, która jest przyczyną bezpośredniego zagrożenia szkodą w środowisku lub szkody w środowisku, obowiązek prowadzenia pomiarów zawartości substancji w glebie, ziemi lub wodzie lub monitoringu przyrodniczego różnorodności biologicznej i krajobrazowej.

Do bezpośredniego zagrożenia szkodą w środowisku lub do szkody w środowisku, które zaistniały przed dniem 30 kwietnia 2007 r. lub wynikały z działalności zakończonej przed dniem 30 kwietnia 2007 r., stosuje się przepisy dotychczasowe.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 lipca 2011 r. w sprawie kryteriów zaliczania odpadów wydobywczych do odpadów obojętnych (Dz.U. z 2011 r., Nr 175, poz. 1048)

Przedmiotowe rozporządzenie określa szczegółowe kryteria zaliczania odpadów wydobywczych, w tym przerobczych do odpadów obojętnych, uwzględniając ich właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne. Zgodnie z tym rozporządzeniem do odpadów obojętnych zalicza się odpady wydobywcze:

- które nie ulegają znacznemu rozpadowi mechanicznemu lub rozpuszczeniu, lub innej znaczącej zmianie powodującej negatywny wpływ na środowisko lub zdrowie i życie ludzi,
- w których maksymalna zawartość siarki siarczkowej w odpadach wydobywczych wynosi:
 - 0,1% lub
 - 1%, jeżeli wskaźnik potencjału neutralizacji, rozumiany jako stosunek potencjału neutralizacji do potencjału kwasowości, jest większy niż 3,
- które są niepalne oraz nie stwarzają zagrożenia samozapłonem,
- w których zawartość, w tym w drobnych cząstkach (poniżej 0,002 mm), substancji potencjalnie niebezpiecznych dla środowiska lub zdrowia i życia ludzi, w szczególności związków następujących pierwiastków: arsenu (As), kadmu (Cd), kobaltu (Co), chromu (Cr), miedzi (Cu), rtęci (Hg), molibdenu (Mo), niklu (Ni), ołowiu (Pb), wanadu (V) oraz cynku (Zn), jest tak niska, że stanowi nieznaczące zagrożenie dla środowiska lub zdrowia i życia ludzi,
- które w znacznym stopniu pozbawione są substancji stosowanych w procesie wydobycia lub przeróbki stanowiących zagrożenie dla środowiska lub zdrowia i życia ludzi.

Badania właściwości odpadów wydobywczych pod kątem spełnienia kryteriów, o których mowa w ust. 1, są przeprowadzane przez laboratoria, o których mowa w art. 147a ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150, z późn. zm.). Jeżeli udokumentowane wyniki wcześniej przeprowadzonych badań przez laboratoria, o których mowa w § 1 ust. 6, potwierdzają spełnienie kryteriów określonych w § 1 ust. 1, odpady wydobywcze zalicza się do odpadów obojętnych bez przeprowadzania ponownych badań.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2011 r., Nr 92, poz. 535)

Przedmiotowe rozporządzenie określa zakres, czas, sposób oraz warunki prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, a także wzór sprawozdania o wynikach monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, częstotliwość jego sporządzania oraz termin jego składania.

Monitoring obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych obejmuje:

- fazę eksploatacji obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych – od dnia uzyskania zezwolenia na prowadzenie obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych do dnia zaprzestania przyjmowania odpadów wydobywczych do składowania w obiekcie unieszkodliwiania odpadów wydobywczych,
- fazę po zamknięciu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych – okres 30 lat, licząc od dnia zaprzestania przyjmowania odpadów wydobywczych do składowania w obiekcie unieszkodliwiania odpadów wydobywczych.

Sprawozdanie o wynikach monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, sporządza się raz w roku i składa właściwemu wojewódzkiemu inspektorowi ochrony środowiska w terminie do końca pierwszego kwartału za poprzedni rok kalendarzowy.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie szczegółowych kryteriów klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2011 r., Nr 86, poz. 477)

Przedmiotowe rozporządzenie określa szczegółowe kryteria klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, decydujące o zaliczeniu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych do kategorii A. Określa również czynniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu ryzyka utraty życia oraz zagrożenia dla zdrowia ludzi. W załączniku do wymienionego rozporządzenia podano metodykę klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych jako obiektu kategorii A dla stawów osadowych. Klasyfikacja ta obejmuje następujące działania:

- przeprowadzenie spisu substancji i mieszanin, zastosowanych w procesie przeróbki, a następnie odprowadzonych wraz ze szlamem do stawu osadowego,
- oszacowanie rocznych ilości każdej substancji i mieszaniny, zastosowanych w procesie przeróbki dla każdego roku planowanej eksploatacji obiektu,

- ustalenie w przypadku każdej substancji i mieszaniny, czy stanowią substancję niebezpieczną bądź mieszaninę niebezpieczną,
- obliczenie dla każdego roku planowanej eksploatacji średniego rocznego przyrostu magazynowanej wody (ΔQ_i) w stawie osadowym w warunkach stanu ustalonego, zgodnie ze wzorem:

$$\Delta Q_i = (\Delta M_i/D) \cdot P \quad (12.1)$$

- gdzie: ΔQ_i – średni roczny przyrost magazynowanej wody w stawie osadowym (m^3/rok) w roku „i”,
- ΔM_i – średnia roczna masa odpadów przeróbczych odprowadzonych do stawu osadowego (Mg s. m./rok) w roku „i”,
- Δ – średnia gęstość suchego ładunku masowego składowanych odpadów przeróbczych (Mg/m^3),
- P – średnia porowatość osadów przeróbczych (m^3/m^3) definiowana jako stosunek objętości porów do całkowitej objętości osadów przeróbczych.

**Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2013 r.
w sprawie charakterystyki odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2013 r., poz. 759)**

Przedmiotowe rozporządzenie określa sposób gromadzenia i weryfikacji informacji, na podstawie których sporządza się charakterystykę odpadów wydobywczych, w tym przeróbczych oraz szczegółowy zakres charakterystyki odpadów wydobywczych. Informacje, na podstawie których sporządza się charakterystykę odpadów wydobywczych, gromadzi się, wykorzystując w pierwszej kolejności istniejące wyniki badań oraz dokumenty, w tym obowiązujące decyzje administracyjne, wyniki badań geologicznych, posiadane dane dotyczące porównywalnych miejsc wydobywania, wykazy odpadów wydobywczych obojętnych, programy certyfikacji oraz europejskie lub krajowe normy dotyczące podobnych materiałów.

Zakres charakterystyki odpadów wydobywczych obejmuje informacje na temat:

- działań poszukiwawczych, wydobywczych i przeróbczych,
- typu i opisu zastosowanej metody wydobywania kopaliny ze złóż oraz innych zastosowanych procesów,
- charakteru planowanego produktu końcowego,
- warunków geologicznych złóż kopaliny przeznaczonych do eksploatacji,
- potencjalnych odpadów wydobywczych powstałych na skutek poszukiwania, wydobywania i przeróbki kopaliny ze złóż, w tym:
 - rodzaju skał otaczających, ich składu chemicznego i mineralnego oraz przeobrażeń hydrotermalnych skał okruszczonych i skały pływnej,
 - typu złoża, w tym obecności stref z mineralizacją bądź mineralizacji rozproszonej w skale,

- rodzaju mineralizacji, jej składu chemicznego i mineralnego oraz właściwości fizycznych (gęstość, porowatość, zróżnicowanie wielkości składników, zawartość wody), w odniesieniu do wyeksploatowanych minerałów, skały płonnej, nowo powstałych minerałów hydrotermalnych,
- wielkości i geometrii złóż,
- aspektów chemicznych i mineralogicznych procesów wietrzenia i procesów prowadzących do zwiększania koncentracji minerałów użytecznych.
- rodzajów odpadów wydobywczych występujących podczas działalności poszukiwawczej, wydobywczej i przeróbczej, w tym nadkładu, skały płonnej i odpadów przeróbczych, który obejmuje informacje dotyczące:
 - pochodzenia odpadów wydobywczych w miejscu wydobycia oraz procesów prowadzących do powstawania odpadów wydobywczych, takich jak: poszukiwanie, wydobywanie, mielenie lub wzbogacanie,
 - ilości odpadów wydobywczych,
 - opisu systemu transportu odpadów wydobywczych,
 - opisu substancji chemicznych, które będą stosowane podczas przeróbki,
 - określenia rodzaju odpadów wydobywczych,
 - klasyfikacji planowanego obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, ostatecznej formy ekspozycji odpadów wydobywczych oraz metody składowania odpadów wydobywczych w obiekcie unieszkodliwiania odpadów wydobywczych.
- geotechnicznych właściwości odpadów wydobywczych: uziarnienie, wskaźnik plastyczności, gęstość, wilgotność, zagęszczalność, wytrzymałość na ścinanie, kąt tarcia wewnętrznego, współczynnik filtracji, wskaźnik porowatości, ściśliwość oraz konsolidacja.
- geochemicznych właściwości odpadów wydobywczych, w tym:
 - charakterystykę mineralogiczno-chemiczną odpadów wydobywczych oraz wszelkich dodatków lub pozostałości w odpadach wydobywczych,
 - przewidywane zmiany składu chemicznego odcieku w czasie dla każdego rodzaju odpadów wydobywczych, z uwzględnieniem planowanego postępowania z nimi, w szczególności: ocenę wymywalności metali, soli i anionów zawierających tlen w czasie przy pomocy: testu wymywalności w zależności od odczynu (pH), testu perkolacyjnego, badania uwalniania w czasie lub innych odpowiednich badań.

W przypadku, gdy informacje zgromadzone są niewystarczające do sporządzenia charakterystyki odpadów wydobywczych, sporządza się plan pobierania próbek odpadów wydobywczych, zgodnie z normą przenoszącą normę EN 14899. Plan ten sporządza się z uwzględnieniem odpowiednich dostępnych informacji, w tym dotyczących: celu zbierania danych, programu badań i wymogów dotyczących pobierania próbek, sposobu i miejsca pobierania próbek, w tym pobierania próbek z rdzeni wiertniczych, frontu eksploatacyjnego, przenośnika taśmowego, hałdy, stawu osadowego, lub innego odpowiedniego sposobu pobierania próbek, procedur i zaleceń dotyczących liczby próbek, ich wielkości, masy, opisu oraz sposobu postępowania z nimi.

12.3. Uznanie przedmiotu lub substancji za produkt uboczny oraz utrata statusu odpadów w świetle ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach

W ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21, 888, 1238) pojawiły się nowe pojęcia: „uznanie przedmiotu lub substancji za produkt uboczny” (art. 10–13) i „utrata statusu odpadów” (art. 14–15), które mogą znaleźć zastosowanie w przypadku depozytów mułów węglowych.

Poniżej zacytowano zapisy zawarte w tej ustawie odnoszące się do pojęcia: „uznanie przedmiotu lub substancji za produkt uboczny” i „utrata statusu odpadów”.

Rozdział 4

Uznanie przedmiotu lub substancji za produkt uboczny

Art. 10.

Przedmiot lub substancja, powstające w wyniku procesu produkcyjnego, którego podstawowym celem nie jest ich produkcja, mogą być uznane za produkt uboczny, niebędący odpadem, jeżeli są łącznie spełnione następujące warunki:

- 1) dalsze wykorzystywanie przedmiotu lub substancji jest **pewne**,
- 2) przedmiot lub substancja mogą być wykorzystywane bezpośrednio **bez dalszego przetwarzania**, innego niż normalna praktyka przemysłowa,
- 3) dany przedmiot lub substancja są produkowane jako **integralna część procesu produkcyjnego**,
- 4) dana substancja lub przedmiot spełniają **wszystkie istotne wymagania**, w tym prawne, w zakresie produktu, ochrony środowiska oraz życia i zdrowia ludzi, dla określonego wykorzystania tych substancji lub przedmiotów i wykorzystanie takie nie doprowadzi do ogólnych negatywnych oddziaływań na środowisko, życie lub zdrowie ludzi.

Art. 11.

1. Wytwórca przedmiotu lub substancji, o których mowa w art. 10, jest obowiązany do przedłożenia marszałkowi województwa właściwemu ze względu na miejsce ich wytwarzania **zgłoszenia** uznania przedmiotu lub substancji za produkt uboczny.
2. Zgłoszenie uznania przedmiotu lub substancji za produkt uboczny zawiera:
 - 1) imię i nazwisko lub nazwę podmiotu oraz adres jego zamieszkania lub siedziby,
 - 2) numer identyfikacji podatkowej (NIP) i numer REGON, o ile został nadany,
 - 3) określenie miejsca wytwarzania przedmiotu lub substancji przewidzianych do uznania za produkt uboczny,
 - 4) wskazanie przedmiotu lub substancji przewidzianych do uznania za produkt uboczny oraz ich masy,
 - 5) opis procesu produkcyjnego, w którym powstaje przedmiot lub substancja i procesu, w którym zostaną one wykorzystane.

3. Do zgłoszenia uznania przedmiotu lub substancji za produkt uboczny dołącza się **dowody** potwierdzające spełnienie warunków, o których mowa w art. 10, oraz **szczegółowe wymagania**, o ile zostały określone. Dowodami mogą być w szczególności **umowy** potwierdzające wykorzystanie przedmiotu lub substancji do określonych celów lub potwierdzające właściwości przedmiotu lub substancji wyniki badań, wykonane przez laboratoria, o których mowa w art. 147a ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska.
4. Uznanie przedmiotu lub substancji za produkt uboczny następuje, jeżeli marszałek województwa w terminie 3 miesięcy od dnia otrzymania zgłoszenia uznania przedmiotu lub substancji za produkt uboczny nie wyrazi sprzeciwu, w drodze decyzji.
5. Przepisów ust. 1–4 nie stosuje się do materiałów paszowych określonych w przepisach Unii Europejskiej wydanych na podstawie art. 24 rozporządzenia 767/2009 z dnia 13 lipca 2009 r. w sprawie wprowadzania na rynek i stosowania pasz, zmieniającego rozporządzenie (WE) nr 1831/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady i uchylającego dyrektywę Rady 79/373/EWG, dyrektywę Komisji 80/511/EWG, dyrektywy Rady 82/471/EWG, 83/228/EWG, 93/74/EWG, 93/113/WE i 96/25/WE oraz decyzję Komisji 2004/217/WE (Dz.Urz. UE L 229 z 01.09.2009, str. 1, z późn. zm.).
6. Minister właściwy do spraw środowiska może określić, w drodze rozporządzenia, szczególne wymagania uznania przedmiotu lub substancji za produkt uboczny, kierując się względami ochrony środowiska, życia lub zdrowia ludzi.

Art. 12.

1. Marszałek województwa przekazuje ministrowi właściwemu do spraw środowiska, w terminie do dnia 31 marca następnego roku, zbiorczą informację za dany rok o liczbie otrzymanych zgłoszeń uznania przedmiotu lub substancji za produkt uboczny, wyrażonych sprzeciwów oraz o przypadkach uznania przedmiotu lub substancji za produkt uboczny oraz ich masy.
2. Minister właściwy do spraw środowiska określi, w drodze rozporządzenia, wzór zbiorczej informacji, o której mowa w ust. 1, kierując się potrzebą ujednoczenia zawartych w niej danych.

Art. 13.

1. Zakazuje się łącznego magazynowania produktów ubocznych i odpadów, a także magazynowania produktów ubocznych w miejscach przeznaczonych do magazynowania odpadów lub składowania odpadów.
2. Substancje lub przedmioty, które przestały spełniać warunki i wymagania, o których mowa w art. 10 oraz w przepisach wydanych na podstawie art. 11 ust. 6, są odpadami.

Rozdział 5
Utrata statusu odpadów
Art. 14.

1. Określone rodzaje odpadów przestają być odpadami, jeżeli na skutek poddania ich odzyskowi, w tym recyklingowi,
 - 1) łącznie spełniają następujące warunki:
 - a. przedmiot lub substancja **są powszechnie stosowane do konkretnych celów,**
 - b. **istnieje rynek** takich przedmiotów lub substancji, **lub popyt** na nie,
 - c. dany przedmiot lub substancja **spełniają wymagania techniczne dla zastosowania do konkretnych celów** oraz wymagania określone w przepisach i w normach mających zastosowanie do produktu,
 - d. zastosowanie przedmiotu lub substancji **nie prowadzi do negatywnych skutków dla życia, zdrowia ludzi lub środowiska,**
 - 2) wymagania określone przez przepisy Unii Europejskiej.
2. Przedmiot lub substancja, które przestały spełniać warunki, o których mowa w ust. 1, lub w przepisach wydanych na podstawie ust. 2, są odpadami.

Art. 15.

Zakazuje się łącznego magazynowania odpadów i przedmiotu lub substancji, które utraciły status odpadów, a także magazynowania przedmiotu lub substancji, które utraciły status odpadów w miejscach przeznaczonych do magazynowania odpadów lub składowania odpadów.

**12.4. Możliwości przeklasyfikowania depozytów mułów węglowych
ze statusu odpadu do statusu produktu**

12.4.1. Definicja odpadów

Zgodnie z ustawą z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21, 888, 1238), **odpady oznaczają każdą substancję lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza pozbyć się lub do ich pozbycia się jest obowiązany.**

W Encyklopedii Surowców Mineralnych (Bolewski 1992) znajduje się następująca definicja odpadów: Odpady – produkty nieużyteczne przy aktualnym stanie techniki i technologii do których można zaliczyć:

1. Urobek górniczy skał płonnych obecnych w złożu (przerosty), jego spągu lub stropie, uzyskany w toku wykonywanych robót udostępniających itp. poza złożem, także urobek zbyt drobny dla określonych technologii (górn.),
2. Produkty oddzielone w toku procesów przeróbki mechanicznej o nieznannej technologii wykorzystywania (przeróbka mechaniczna),

3. Produkty powstające w toku przetwarzania surowców lub półproduktów o nieznannej przydatności technologicznej”.

W taki sposób definiowane odpady są gromadzone na składowiskach (zwałach) i w stawach osadowych naturalnych lub sztucznych, np. muły węglowe, odpady poflotacyjne. W Encyklopedii Surowców Mineralnych (Bolewski 1992) zamieszczono również następujący komentarz do zacytowanej definicji: „Postęp technologii powoduje, że coraz więcej dawnych odpadów zyskuje wartość surowców mineralnych, a ich składowiska są uważane za **złoża antropogeniczne**. Odpady zyskujące wartość są traktowane jako **wtórne surowce mineralne**. Z tego powodu odchodzi się od deprecjonującego określenia **odpad** na rzecz terminu **potencjalny surowiec mineralny**. (...) Ich wykorzystywanie przynosi korzyść gospodarczą, także ekologiczną, gdyż zmniejsza wydobycie kopalin ze złóż, a niekiedy jest także korzystne z punktu widzenia gospodarki energią i paliwami. Jakikolwiek deprecjonowanie odpadów użytecznych jest nieuzasadnione i niewłaściwe”.

12.4.2. Klasyfikacja mułów węglowych według katalogu odpadów

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z 2001 r., Nr 112, poz. 1206) muły węglowe jako odpady klasyfikuje się do:

grupy 01	Opadów powstających przy poszukiwaniu, wydobywaniu, fizycznej i chemicznej przeróbce rud oraz innych kopalin
podgrupy 01 04	Opadów z fizycznej i chemicznej przeróbki kopalin innych niż rudy metali

Analiza licznych badań parametrów fizykochemicznych mułów węglowych powstających z bieżącej produkcji oraz zdeponowanych w depozytach wykazała, że nie zawierają one substancji uznanych za niebezpieczne. Wynika to z faktu, że:

- węgiel zalegający w pokładach na Górnym Śląsku nie zawiera substancji niebezpiecznych,
- substancje niebezpieczne nie powstają w procesach fizycznej i chemicznej przeróbki węgla,
- w procesach flotacyjnego wzbogacania węgla nie są stosowane substancje niebezpieczne.

Wobec tego, odpady w postaci mułów węglowych są odpadami innymi niż niebezpieczne i można zaliczyć je do następujących rodzajów (Gawlik 2005):

01 04 12	Odpady powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin inne niż wymienione w 01 04 07* i 01 04 11 (uwaga: pozycja 01 04 11 dotyczy odpadów powstających przy wzbogacaniu soli kamiennej i potasowej, a więc nie dotyczy odpadów węglowych)
01 04 81	Odpady z flotacyjnego wzbogacania węgla inne niż wymienione w 01 04 80*

* Oznaczenie odpadów niebezpiecznych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z 2001 r., Nr 112, poz. 1206)

12.4.3. Problem kwalifikacji mułów węglowych

Stosowana technologia w zakładach wzbogacania (zakładach przeróbki) węgla kamiennego umożliwia pracę w systemie bezodpadowym, czyli z punktu widzenia zasad racjonalnego wykorzystania surowców mineralnych w zakładach przerobczych węgla kamiennego nie wytwarza się odpadów. Pogląd ten powszechnie głoszą specjaliści zajmujący się gospodarką surowcami mineralnymi. Wszystkie wytwarzane w zakładach wzbogacania (zakładach przeróbki) produkty znajdują swoje zastosowanie w różnych gałęziach gospodarki. Dotyczy to także wytwarzanych mułów węglowych, które są lub mogą być produktem handlowym znajdującym różne zastosowania. Zastosowania te zależą m. in. od ich składu mineralogicznego (Lorenz, Ozga-Blaschke 2005; Gawlik 2005).

W zależności od podjętych przez wytwórcę decyzji dotyczących sposobów postępowania z mułami węglowymi są one kwalifikowane jako:

- **produkt handlowy, który kopalnia sprzedaje jako oddzielny sortyment węglowy.** Naliczana i wnoszona jest w tym przypadku opłata eksploatacyjna od wielkości sprzedaży.
- **półprodukt, który kopalnia dodaje do miałów, tworząc mieszanki energetyczne.** Wysoki udział mułów w mieszance energetycznej powoduje pogorszenie jej jakości w porównaniu z miałami. Mieszanka taka znajduje jednak na rynku nabywców. Parametry jakościowe mułów węglowych nadal zawierają się w zakresie określonym w normie PN-82/G-97003. Ilość mułów węglowych wprowadzona do mieszanki energetycznej stanowi podstawę naliczenia i wniesienia przez kopalnię opłaty eksploatacyjnej.
- **niskojakościowy surowiec energetyczny** (niska wartość energetyczna, wysoka zawartość popiołu). Jeśli na rynku nie znajdują one nabywcy, stają się pozostałością z wydobywania i przeróbki węgla, a **kopalnie traktują je jako odpad.** Podlegają one zasadom gospodarowania odpadami. Są one przeważnie składowane na powierzchni (w depozytach) lub są lokowane wraz z innymi odpadami górniczymi i elektrownianymi w wyrobiskach górniczych. Za ich składowanie uiszczana jest opłata. Jeśli jednak znajdują one na rynku nabywcę stają się **paliwem energetycznym, czyli produktem handlowym.** Wtedy naliczana i wnoszona jest opłata eksploatacyjna (Gawlik 2005).

Decyzję o możliwości zbytu mułów węglowych jako pełnowartościowego produktu, komponowaniu mieszanek energetycznych zawierających muły węglowe lub o składowaniu mułów węglowych podejmuje kierownictwo zakładu górniczego w procesie bieżącego zarządzania produkcją (Lorenz, Ozga-Blaschke 2005; Gawlik 2005).

Muły węglowe, podobnie jak inne gatunki i sortymenty węgla podlegają normalizacji, zgodnie z następującymi normami:

- PN-82/G-97001 (Węgiel kamienny. Sortymenty) – wyróżnia grupę sortymentów mułowych, do których zalicza się muły (M) i pyły (P). Stanowią one klasę ziarnową o wymiarach ziaren 1–0 mm, przy czym dla celów energetycznych nie normalizuje się największego wymiaru ziarna tego sortymentu.

- PN-82/G-97003 (Węgiel kamienny do celów energetycznych.) – określa klasy węgla kamiennego dla celów energetycznych; rozróżnia pięć gatunków węgla w obrocie handlowym, z których gatunki III i IV odnoszą się do sortymentów drobnych miałowych, mułowych i przerostów.

Według normy PN-82/G-97003 najniższa wartość opałowa dla tzw. gatunku IV może osiągać 10 MJ/kg, natomiast najwyższa zawartość popiołu dochodzi do 45%. Norma ta obowiązuje od początku lat osiemdziesiątych XX wieku i odzwierciedla warunki handlu węglem w tamtych latach. Wtedy zapotrzebowanie na muły było ograniczone ze względów zarówno technologicznych (technologie spalania fluidalnego dopiero się rozwijały w świecie) oraz ekonomicznych (wysoka podaż węgla wyższych sortymentów) (Lorenz, Ozga-Blaschke 2005).

Obecny stan nauki i techniki pozwala na efektywne wykorzystywanie w energetyce mułów jako pełnowartościowego surowca energetycznego. Dawny „odpad” zyskuje dzisiaj wartość surowca. Jeżeli parametry jakościowe mułów pochodzących z bieżącej produkcji lub mułów zdeponowanych w depozytach odpowiadają wymaganiom jakościowym określonym przez producenta kotłów fluidalnych oraz spełniają parametry technologiczne spalania, to można stwierdzić, że posiadają one wartość użytkową. O wartości użytkowej decyduje potencjalny odbiorca produktów. Natomiast norma PN-82/G-97003 podaje informacje o jakości mułów, tj.: uziarnienie, wartość opałowa, zawartość popiołu i zawartość wilgoci. Informacje te są niezbędne przy zawieraniu umów na dostawy takiego produktu, egzekwowaniu wymagań jakościowych oraz w ustaleniu ceny (Lorenz, Ozga-Blaschke 2005).

Oprócz wykorzystania mułów węglowych w energetyce odpady te mogą być gospodarczo wykorzystane w procesach odzysku prowadzonych poza instalacjami określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. z 2006 r. Nr 49, poz. 356). Każdy z wymienionych kierunków potencjalnego zastosowania wymienionych produktów odpadowych wymaga wykonania określonych badań fizykomechanicznych. Badania te w sposób jednoznaczny pozwalają na akceptację lub eliminację danego kierunku gospodarczego wykorzystania (Blaschke W. 2011).

12.4.4. Gospodarowanie mułami węglowymi zdeponowanymi w depozytach

Brak na rynku odbiorców mułów węglowych o niskich (wartość energetyczna poniżej 10 MJ/kg, zawartość popiołu powyżej 45%) parametrach jakościowych powoduje, że są one lokowane w depozytach. Kopalnie nie mogą ograniczyć ich powstawania, ponieważ są one nieuniknionym produktem prowadzonego procesu technologicznego. Traktuje się je więc jako pozostałości procesu technologicznego. W tej sytuacji stają się one odpadami i podlegają zasadom zawartym w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2008 r., Nr 25, poz. 150 z późn. zm.) oraz ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21,888, 1238).

W wyniku gospodarowania mułem węglowym z depozytu może dojść do eksploatacji tego mułu i w dalszej kolejności do jego wykorzystania w kotłach fluidalnych. Z punktu widzenia prawa wykorzystanie tego mułu może być potraktowane jako wykorzystanie odpadów lub jako wykorzystanie produktu – paliwa węglowego.

Podstawowe definicje dotyczące gospodarowania odpadami zawarte są w art. 3 ust. 1 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach. I tak przez:

- gospodarowanie odpadami rozumie się zbieranie, transport, przetwarzanie odpadów, łącznie z nadzorem nad tego rodzaju działaniami, jak również późniejsze postępowanie z miejscami unieszkodliwiania odpadów oraz działania wykonywane w charakterze sprzedawcy odpadów lub pośrednika w obrocie odpadami,
- zbieranie odpadów rozumie się gromadzenie odpadów przed ich transportem do miejsc przetwarzania, w tym wstępne sortowanie nieprowadzące do zasadniczej zmiany charakteru i składu odpadów i niepowodujące zmiany klasyfikacji odpadów oraz tymczasowe magazynowanie odpadów,
- przetwarzanie odpadów rozumie się procesy odzysku lub unieszkodliwiania, w tym przygotowanie poprzedzające odzysk lub unieszkodliwianie,
- odzysk odpadów rozumie się jakikolwiek proces, którego głównym wynikiem jest to, aby odpady służyły użytecznemu zastosowaniu przez zastąpienie innych materiałów, które w przeciwnym przypadku zostałyby użyte do spełnienia danej funkcji, lub w wyniku którego odpady są przygotowywane do spełnienia takiej funkcji w danym zakładzie lub ogólnie w gospodarce,
- recykling odpadów rozumie się odzysk, w ramach którego odpady są ponownie przetwarzane na produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach; obejmuje to ponowne przetwarzanie materiału organicznego (recykling organiczny), ale nie obejmuje odzysku energii i ponownego przetwarzania na materiały, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do celów wypełniania wyrobisk,
- unieszkodliwianie odpadów rozumie się proces niebędący odzyskiem, nawet jeżeli wtórnym skutkiem takiego procesu jest odzysk substancji lub energii.

Załącznik nr 1 do ustawy przedstawia niewyczerpujący wykaz 13 procesów odzysku. Spośród nich do mułów węglowych można zastosować jeden z następujących procesów:

- R1 – wykorzystanie głównie jako paliwa lub innego środka wytwarzania energii,
- R3 – recykling lub odzysk substancji organicznych, które nie są stosowane jako rozpuszczalniki (w tym kompostowanie i inne biologiczne procesy przekształcania).

Prawna interpretacja tych procesów odzysku jest następująca (Michalak 2003). W przypadku realizacji procesu R1 – wykorzystanie (mułu węglowego) jako paliwa lub innego środka wytwarzania energii powoduje, że w procesie spalania wykorzystywane są odpady. Spalanie dające energię jest odzyskiem energetycznym, ale spalane są odpady. Podmiot, który jest posiadaczem odpadów i prowadzi ich odzysk poprzez wykorzystanie jako paliwa,

spala odpady. Jeśli natomiast realizowany jest proces R3 (recykling), to sytuacja jest zupełnie inna. Z uwagi na fakt, że celem recyklingu ma być uzyskanie substancji lub materiału o przeznaczeniu pierwotnym lub innym, więc o tym, czy dany proces jest recyklingiem czy nie, decydują jego efekty, czyli uzyskany produkt. Ocena tego produktu powinna być przeprowadzona poprzez analizę możliwości wykorzystania go dla oznaczonego celu. Jeżeli w wyniku prowadzonego procesu powstaje produkt, który może być wykorzystany, bez żadnych dodatkowych procesów (polegających np. na ulepszeniu, oczyszczeniu, zastosowaniu dodatkowych urządzeń umożliwiających jego wykorzystanie) to jest to proces recyklingu (Górski 2003). Jeśli paliwo uzyskane w procesie recyklingu będzie przeznaczone do urządzeń spalających posiadających określone parametry, wówczas używanie go w takich właśnie urządzeniach pozwoli uznać to paliwo za produkt nowy, o ustalonych cechach, proces jego uzyskania będzie więc procesem recyklingu (Gawlik 2005).

12.4.5. Wykorzystanie depozytów mułów węglowych przez elektrownie

Proces eksploatacji depozytu jest procesem gospodarowania odpadami. W wyniku tego procesu powstaje produkt, który jest stosowany w kotłach fluidalnych elektrowni. W zależności od klasyfikacji procesu odzysku odpadów, sytuacja elektrowni spalającej muł węglowy pochodzący z depozytu będzie inna (Gawlik 2005).

Zakup przez elektrownię mułów węglowych z depozytu jako odpadów

Jeśli elektrownia zakupi odpad w postaci mułu węglowego i następnie wykorzysta go w piecach fluidalnych, to zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. z 2002 r. Nr 37, poz. 339 z późn. zm.) jest to proces wykorzystania odpadu jako paliwa. Odpady w postaci mułu węglowego są odpadami innymi niż niebezpieczne, a proces ich spalania nazywany jest termicznym wykorzystaniem odpadów innych niż niebezpieczne. Gdyby elektrownia kupowała muły z depozytów, określone kodem 01 04 12 i nie miałyby one statusu produktu energetycznego, to proces ich spalania stanowiłby termiczne przekształcenie odpadów innych niż niebezpieczne, ze wszystkimi konsekwencjami wynikającymi z norm emisji. Elektrowni nie wolno, przy takiej interpretacji zapisów tego rozporządzenia, spalać odpadów z flotacyjnego wzbogacania węgla, mimo że mogą one posiadać parametry jakościowe kwalifikujące je pod względem technologicznym do kategorii paliwa energetycznego (Gawlik 2005).

Zakup przez elektrownię mułów węglowych z depozytu jako produktu energetycznego

Proces eksploatacji depozytu można potraktować jako proces recyklingu, w wyniku którego powstaje produkt energetyczny posiadający parametry właściwe do spalania w kotle fluidalnym. W związku z tym wydobyty z depozytu w procesie eksploatacji muł węglowy jest produktem, a nie odpadem, a jego spalanie jest spalaniem paliwa, a nie odpadu. Cytując (Michalak 2003): „W procesie recyklingu mamy do czynienia z przekształceniem odpadów, bezpośrednio w tym procesie, w nowy pełno-użyteczny produkt, który dopiero później jest

odpowiednio wykorzystywany. Ten produkt nie jest już odpadem, wobec czego podmiot go wykorzystujący nie podlega przepisom ustawy o odpadach”.

W celu uznania, że proces wydobywania mułu węglowego z depozytu jest recyklingiem, należy udowodnić, że produkt tego procesu ma cechy produktu spełniającego wskazane funkcje użytkowe. Muł węglowy pochodzący z depozytu można nazwać „produktem energetycznym”, czyli paliwem, jeżeli zachodzi jedna z trzech okoliczności:

- muł węglowy otrzymany w procesie eksploatacji depozytu spełnia polskie normy PN-82/G-97001 (Węgiel kamienny. Sortymenty) i PN-82/G-97003 (Węgiel kamienny do celów energetycznych). W praktyce tylko pewna ilość mułów węglowych, które można uzyskać w procesie eksploatacji depozytu ma parametry spełniające te normy,
- muł węglowy otrzymany w procesie eksploatacji depozytu ma parametry takie same lub porównywalne z mułami węglowymi z bieżącej produkcji kopalni. Muły węglowe, pochodzące z bieżącej produkcji, które są produktem (są sprzedawane jako produkt energetyczny) lub półproduktem (stosowane są do produkcji mieszanek energetycznych) bardzo często nie spełniają norm jakościowych wg polskich norm. Pomimo tego mają wartość użytkową i mogą służyć określonym celom i są traktowane przez kopalnie jak węgiel handlowy. Jeśli muł węglowy z depozytu odpowiada jakością produktom kopalni, to należy uznać, że jego walory użytkowe są takie jak tych produktów,
- muł węglowy otrzymany w procesie eksploatacji depozytu ma parametry odpowiadające wymaganiom technologii spalania w konkretnym urządzeniu, tj. w kotle. Poszukiwanie przez użytkowników kotła paliwa o parametrach, na jakie ten kocioł został zaprojektowany, z zamiarem jego zakupu w celu użytkowania jako paliwa stanowi przesłankę do zakwalifikowania tego mułu jako produktu energetycznego posiadającego specyficzne własności użytkowe.

Jeżeli muł węglowy uzyskiwany w wyniku eksploatacji depozytu spełnia jeden z podanych warunków, to występują przesłanki do zmiany jego kwalifikacji z odpadu na produkt energetyczny. Należy w tym celu wystąpić z wnioskiem do właściwego organu o przeklasyfikowanie go ze statusu „odpadu” do statusu „energetycznych produktów handlowych” poprzez uchylene w stosunku do tego mułu obowiązku stosowania ustawy o odpadach. O przeklasyfikowanie „odpadów” na „produkt energetyczny” może wystąpić jedynie posiadacz odpadów, a więc kopalnia lub podmiot, któremu kopalnia zleciła (zleci) gospodarowanie odpadami.

Pozytywna decyzja właściwego organu w tym zakresie spowoduje, że muły przestaną być traktowane jak odpady i w przypadku ich unieszkodliwienia w kotłach fluidalnych proces spalania będzie spalaniem produktów energetycznych, a nie spalaniem odpadów, a więc nie będą miały zastosowania przepisy dotyczące termicznego przekształcania odpadów innych niż niebezpieczne.

Przedstawienie badań jakości mułów wraz z odpowiednią argumentacją może być podstawą dla właściwego organu do wydania decyzji o przeklasyfikowania mułu z „odpadu” na „produkt energetyczny”, tj. wydania atestu, mówiącego że dany muł węglowy jest pro-

duktem energetycznym. Jeżeli elektrownia będzie kupowała muły węglowe z „atestem” stwierdzającym, że jest to produkt energetyczny, w stosunku do którego nie ma obowiązku stosowania ustawy o odpadach, to użytkowanie tych mułów w kotłach fluidalnych jest użytkowaniem produktu energetycznego (paliwa), a nie termicznym przekształcaniem odpadów (Gawlik 2005). Struktura parametrów jakościowych paliwa (tj. muły węglowe) wykorzystywanego w kotłach fluidalnych np. typu OF_Z-230, typu OF_Z-425, typu OP-230, typu OP-430, przedstawia się następująca: wartość opałowa od 7000 kJ/kg, zawartość popiołu do 40%, zawartość siarki do 1,3% oraz zawartość wilgoci do 35%.

13. Inne kierunki gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych

Realizacja polityki ograniczenia wytwarzania odpadów wydobywczych (w tym mułów węglowych) w górnictwie węglowym skłania do poszukiwania nowych kierunków ich gospodarczego wykorzystania. Aby odpowiedzieć na pytanie o możliwych kierunkach gospodarczego wykorzystania odpadów wydobywczych, a w tym depozytów mułowych, z punktu prawnego przeprowadza się:

- ocenę możliwości wykorzystania odpadów wydobywczych w procesach odzysku prowadzonych poza instalacjami,
- ocenę możliwości wykorzystania odpadów wydobywczych w procesach odzysku do produkcji kruszywa mineralnego.

13.1. Ocena możliwości wykorzystania depozytów mułów węglowych w procesach odzysku prowadzonych poza instalacjami

Ocena możliwości wykorzystania depozytów mułów węglowych z wykorzystaniem procesów odzysku prowadzonych poza instalacjami wymaga dokonania badań ich właściwości zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. z 2006 r. Nr 49, poz. 356). Rozporządzenie to określa m.in. rodzaje odpadów oraz warunki ich odzysku w procesie odzysku R14 – Inne działania polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub części. Zgodnie z art. 222 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21, 888, 1238) określone w dotychczasowych przepisach procesy odzysku R14 i R15 stają się odpowiednio procesami odzysku R3, R5, R11 i R12, określonymi w załączniku nr 1 do tej ustawy.

Dla odpadów o kodzie 01 04 12 powstających przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, do których zalicza się m.in. odpadowe muły węglowe możliwe są podane poniżej kierunki aplikacji.

1. Wypełnienie terenów niekorzystnie przekształconych (zapadliska, wyeksploatowane wyrobiska odkrywkowe) pod warunkiem, że:
 - planowane działania są lub będą określone w trybie przepisów o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, w trybie przepisów prawa budowlanego, albo w trybie

przepisów decyzji określającej zakres, sposób i termin zakończenia rekultywacji zgodnie z przepisami ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2008 r., Nr 25, poz. 150 z późn. zm.) lub ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1205),

- wypełnienie odpadami prowadzi się do rzędnych przyległych terenów nieprzekształconych z zastosowaniem, że warstwę powierzchniową o grubości 1 do 1,5 m należy formować w sposób zapewniający jej funkcję glebotwórczą lub w sposób odpowiadający docelowemu przeznaczeniu terenu. W przypadku stosowania zagospodarowania metodami bezglebowymi z przeznaczeniem terenu na użytki zielone tereny rekreacyjne, wypełnienie terenu odpadami m.in. o kodzie 01 04 12 można stosować do poziomu otaczającej powierzchni.
2. Utwardzanie powierzchni terenu do których posiadacz ma tytuł prawny. Utwardzanie powierzchni nie może zakłócać stanu wody w gruncie zgodnie z art. 29 ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. z 2012 r., poz. 145, 951, 1513; z 2013 r. 21, 165).
 3. Wykorzystanie w podziemnych technikach górniczych:
 - jako składnika podsadzki hydraulicznej i samozestalającej,
 - do doszczelniania zrobów powstających przy prowadzonej eksploatacji z zawałem stropu, podsadzki hydraulicznej, podsadzki suchej i innych,
 - do profilaktyki przeciwpożarowej i budowy korków izolacyjnych,
 - do likwidacji zbędnych wyrobisk oraz szybów,
 - do wzmocnienia i stabilizacji wyrobisk górniczych.
- Wyspecyfikowane działania można prowadzić z uwzględnieniem właściwości odpadów oraz warunków lokalnych tak, aby nie doprowadzić do pogorszenia jakości wód podziemnych.
4. Wykorzystanie do zabezpieczenia przed erozją wodną i wietrzną skarp i powierzchni korony zamkniętego składowiska lub jego części w ilości wynikającej ze sposobu zamknięcia. Maksymalna warstwa odpadów użytych do kształtowania skarp i korony składowiska powinna być mniejsza niż 25 cm.
 5. Budowa wałów, nasypów drogowych i kolejowych, podbudów dróg i autostrad nieprzepuszczalnych wykładzin czasz depozytów ziemnych, budowli hydrotechnicznych oraz innych budowli i obiektów budowlanych, w tym fundamentów pod warunkiem, że działanie to zostało ujęte w wydanej decyzji na podstawie przepisów o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym lub prawa budowlanego.
 6. Likwidacja zagrożeń pożarowych na czynnych i zamkniętych obiektach zagospodarowania skał płonnych pochodzących z górnictwa węgla kamiennego pod warunkiem, że działanie to zostało zgłoszone w Państwowej Straży Pożarnej.
 7. Do rekultywacji biologicznej zamkniętego składowiska lub jego części, przy czym grubość warstwy zastosowanych odpadów jest uzależniona od planowanych odsiewów i zatrawień.

Ocenę właściwości depozytów mułów węglowych w cytowanych kierunkach ich odzysku w procesie R 14 (R3) wymaga zestawienia aktów prawnych związanych z tym procesem oraz badań z materiałów odniesienia określających przydatność depozytów mułów

węglowych do wymienionych zastosowań. Warunki dla poszczególnych zastosowań określa się na podstawie aktów prawnych.

1. Wypełnienie terenów niekorzystnie przekształconych działalnością górnictwem wymaga spełnienia zapisów określonych w następujących aktach prawnych:
 - rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r., Nr 165, poz. 1359),
 - rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego – załącznik I (Dz.U. z 2009 r., Nr 27, poz. 169),
 - rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29).
2. Utwardzenie powierzchni terenów wymaga spełnienia zapisów określonych w następujących aktach prawnych i normach:
 - rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r., Nr 165, poz. 1359),
 - rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29),
 - PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.,
 - PN-EN 13242:2008 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym.
3. Wykorzystanie w podziemnych technikach górnictwem wymaga spełnienia zapisów określonych w następujących aktach prawnych i normach:
 - rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego – załącznik I (Dz.U. z 2009 r., Nr 27, poz. 169),
 - PN-93/G-11010 Górnictwo. Materiały do podsadzki,
 - PN-G/11011:1988 Górnictwo. Materiały do podsadzki zestalanej i doszczelniania zrobów.
4. Wykorzystanie do zabezpieczenia przed erozją wodną i wietrzną skarp i powierzchni korony składowiska w ilości wynikającej ze sposobu zamknięcia wymaga spełnienia zapisów określonych w następujących aktach prawnych i normach:

- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r., Nr 165, poz. 1359),
 - rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego - załącznik I (Dz.U. z 2009 r., Nr 27, poz. 169),
 - rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra - 226 i toru Th - 228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29),
 - PN-EN 13242:2008 Kruszywa do związanych i niezwiązanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym.
5. Budowa wałów, nasypów drogowych i kolejowych, podbudów dróg i autostrad nieprzepuszczalnych wykładzin czasz depozytów ziemnych, budowli hydrotechnicznych oraz innych budowli i obiektów budowlanych wymaga spełnienia zapisów określonych w następujących aktach prawnych i normach:
- rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29),
 - PN-S-6102:1997 Drogi Samochodowe. Podbudowa kruszyw stabilizowanych mechanicznie,
 - PN-S-2205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania,
 - PN-EN 13883-1:2003 Kamień do robot hydrotechnicznych. Cz. 1. Wymagania,
 - PN-N 12620:2004 Kruszywa do betonu,
 - PN-EN 13242:2008+A1:2010 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym.
6. Likwidacja zagrożeń pożarowych na czynnych i zamkniętych obiektach zagospodarowania skał płonnych, pochodzących z górnictwa węgla kamiennego wymaga spełnienia zapisów określonych w następujących aktach prawnych:
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r., Nr 165, poz. 1359),
 - rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego – załącznik I (Dz.U. z 2009 r., Nr 27, poz. 169),

- rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29).
- 7. Wykorzystanie do rekultywacji biologicznej zamkniętego obiektu lub jego części wymaga spełnienia zapisów określonych w następujących aktach prawnych i normach:
 - rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r., Nr 165, poz. 1359),
 - rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego – załącznik I (Dz.U. z 2009 r., Nr 27, poz. 169),
 - rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29),
 - PN-EN 13242:2008 Kruszywa do związanych i niezwiązanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym.

13.2. Ocena możliwości wykorzystania depozytów mulów węglowych w procesach produkcji kruszyw mineralnych

Przeprowadzenie oceny możliwości wykorzystania odpadów przerobczych (w tym depozytów mulów węglowych) w procesach produkcji kruszyw mineralnych wymaga rozpoznania ich właściwości fizykomechanicznych i fizykochemicznych oraz porównania otrzymanych wyników z wymaganiami dla kruszyw. Wymagania dla otrzymywanych z odpadów kruszyw mineralnych zawarte są w następujących normach:

- PN-EN 13242:2008 + A1:2010 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym,
- PN-EN 12620:2004 Kruszywa do betonu,
- PN-EN 13043:2004 Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu,
- PN-EN 13450:2004 Kruszywa na podsypkę kolejową,
- PN-EN 13383-1:2003 Kamień do robót hydrotechnicznych. Cz. 1,
- PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania,

- PN-S-06102:1997 Drogi samochodowe. Podbudowa z kruszyw stabilizowanych mechanicznie,
- PN-B-11112:1996 Kruszywa mineralne. Kruszywa łamane do nawierzchni drogowych,
- PN-B-23003:1996 Kruszywa mineralne. Łupkoporyt ze zwałów,
- rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29).

Dokonanie oceny właściwości depozytów mułów węglowych dla określenia ich przydatności w wymienionych zastosowaniach wymaga wykonania szeregu badań fizykochemicznych i fizykomechanicznych oraz badań radiometrycznych. Do wykonywanych badań fizykomechanicznych należą: skład ziarnowy, wilgotność i nasiąkliwość, wodoprzepuszczalność, mrozoodporność, gęstość właściwa i zagęszczalność, ścieralność, nośność, kapilarność oraz kąt tarcia wewnętrznego.

W zakresie oznaczeń właściwości fizykochemicznych wykonywane są badania: zanieczyszczeń obcych, podstawowych składników chemicznych, zawartości węgla, siarki, azotu, fosforu i potasu, metali ciężkich, a także podstawowych składników i metali ciężkich w wyciągu wodnym oraz stężeń naturalnych radionuklidów.

Wykonane badania zarówno właściwości fizykomechanicznych i fizykochemicznych odpadów wydobywczych (w tym depozytów mułów węglowych), z uwzględnieniem cytowanych powyżej wymogów prawnych, są podstawą do przeprowadzenia analizy ich gospodarczego wykorzystania dla poszczególnych kierunków zastosowań. Dostępne opracowania naukowe (PR 2009) wskazują ograniczony zakres wykorzystania depozytów mułowych do opisanych powyżej kierunków zastosowań z uwagi na znaczący, niepożądany udział substancji węglowej.

14. System oceny oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko

Depozyty mułów węglowych zgodnie z ustawą z dnia 16 listopada 2012 r. o zmianie ustawy o odpadach wydobywczych oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2012 r. Nr 0, poz. 1513 z późn. zm.) stanowią obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych.

Zgodnie z art. 10 wymienionej ustawy każdy posiadacz odpadów prowadzący obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych powinien sporządzić ocenę ryzyka dla tego obiektu, która stanowić będzie główny element programu gospodarowania odpadami wydobywczymi przedkładanego do zatwierdzenia marszałkowi województwa.

Wychodząc naprzeciw ustawowym zapisom, opracowano autorską metodykę oraz jednolite kryteria oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych na poszczególne elementy środowiska.

Autorska metodyka i kryteria oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych będące modyfikacją systemu stosowanego w Stanach Zjednoczonych (EPA 2004) uwzględniają wymogi wynikające z następujących aktów prawnych:

- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/21/WE z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego – załącznik III – Kryteria określania klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych,
- ustawa z dnia 16 listopada 2012 r. o zmianie ustawy o odpadach wydobywczych oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2012 r. Nr 0, poz. 1513 z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz.U. z 2009 r. Nr 39, poz.320 z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. z 2011 r. Nr 238, poz.1588),
- ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz.U. Nr 75, poz.493) oraz rozporządzenia wykonawcze do tej ustawy,
- rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. Nr 92, poz. 535).

14.1. Ocena ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych – aspekt prawny

W celu oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych przyjęto następujące kryteria (GIG 2004; Duszczyk 2005):

- stan formalno-prawny: decyzja lokalizacyjna, pozwolenie budowlane, pozwolenie na użytkowanie, decyzja zatwierdzająca instrukcję eksploatacji, książka obiektu budowlanego oraz inne decyzje administracyjne (dotyczące np.: zamknięcia obiektu, rekultywacji terenu, usunięcia szkody w środowisku, pozwolenia zintegrowanego lub zezwolenia na prowadzenie działalności w zakresie unieszkodliwiania odpadów),
- spełnianie wymagań określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz.U. z 2009 r. Nr 39, poz. 320 z późn. zm.) w zakresie: lokalizacyjnym, budowy, eksploatacji i wyposażenia,
- spełnianie wymagań określonych rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. Nr 92, poz. 535) w szczególności w zakresie:
 - badania wielkości opadu atmosferycznego dokonanego w stacji meteorologicznej reprezentatywnej dla lokalizacji obiektu,
 - badania substancji i parametrów wskaźnikowych w wodach powierzchniowych, odciekowych i podziemnych z listy określonej w przepisach dotyczących kwalifikacji wód,
 - pomiaru poziomu wód podziemnych w otworach obserwacyjnych,
 - kontroli osiadania obiektu na podstawie ustalonych reperów.

W tabeli 14.1 zestawiono proponowane ogólne i szczegółowe autorskie kryteria oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych (EPA 2004; GIG 2004; Duszczyk 2005).

14.2. Ocena ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych – aspekt środowiskowy

Dla dokonania oceny oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko należy przeanalizować następujące dane:

- geologiczne i hydrogeologiczne warunki lokalne,
- wyposażenie techniczno-budowlane: uszczelnienie podłoża i gospodarka wodami odciekowymi,
- wymagania (normy) dotyczące składowania odpadów: w aspekcie ochrony atmosfery oraz ochrony krajobrazu,
- kontrola i rejestracja odpadów przy dostawie i składowaniu,
- prowadzenie monitoringu,
- wymagania dotyczące nadzoru przed dostępem osób niepowołanych.

Tabela 14.1

Autorskie kryteria oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych – aspekt prawny

Table 14.1

Copyright risk assessment impact of coal slurry deposits – legal aspect

Stan formalno-prawny obiektu		Tak/Nie
Decyzja lokalizacyjna		
Pozwolenie na budowę		
Pozwolenie na użytkowanie		
Decyzja zatwierdzająca instrukcję eksploatacji		
Inne dokumenty (będące w posiadaniu właściciela obiektu)		
Kryterium ogólne	Kryterium szczegółowe	Tak/Nie
Lokalizacja	nie występuje w żadnym z wymienionych miejsc:	
	w strefach zasilania głównych i użytkowych zbiorników wód podziemnych (GZWP, UZWP)	
	na obszarach otulin parków narodowych, rezerwatów przyrody, lasów ochronnych	
	w dolinach rzek, w pobliżu zbiorników wód śródłądowych, na terenach źródłiskowych, bagiennych i podmokłych, w obszarach mis jeziornych i ich strefach krawędziowych, na obszarach bezpośredniego bądź potencjalnego zagrożenia powodzią w rozumieniu przepisów prawa wodnego	
	w strefach osuwisk i zapadlisk terenu, w tym powstałych w wyniku zjawisk krasowych, oraz zagrożonych lawinami	
	na terenach o nachyleniu powyżej 10°	
	na terenach zaangażowanych glacitektonicznie lub tektonicznie, poprzecinanych uskokami, spękanych lub uszczelinowanych	
	na terenach wychodni skał zwięzłych porowatych, skrasowiałych i skawernowanych	
	na glebach klas bonitacji I–II	
	na terenach, na których mogą wystąpić deformacje ich powierzchni na skutek szkód górniczych	
	na innych obszarach określonych w odrębnych przepisach np. Natura 2000, obszarach ochrony uzdrowiskowej	
	na obszarach górniczych utworzonych dla kopalni leczniczych	
zachowana minimalna odległość depozytu od budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej		
badania hydrogeologiczne i geologiczne terenu		

Tabela 14.1. cd.

Table 14.1. cont.

Kryterium ogólne	Kryterium szczegółowe	Tak/Nie
Budowa	naturalna bariera geologiczna: – miąższość nie mniejsza niż 5 m, – współczynnik filtracji $k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s, – miąższość nie mniejsza niż 1 m, – współczynnik filtracji $k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s, jeśli nie są spełnione powyższe warunki to sztuczna bariera geologiczna o minimalnej miąższości 0,5 m, zapewniająca przepuszczalność nie większą niż określona powyżej	
	bariera geologiczna o rozciągłości poziomej przekraczającej obszar depozytu	
	izolacja syntetyczna	
	najwyższy piezometryczny poziom wód podziemnych co najmniej 1 m poniżej poziomu wykopu dna depozytu	
	system drenażu odcieków, wykonany z warstwy materiałów o współczynniku filtracji $k > 1 \cdot 10^{-4}$ m/s i miąższości rzeczywistej nie mniejszej niż 0,5 m	
	drenaż główny odprowadzający odcieki do kolektora	
	zewnątrzne rowy drenażowe – nie dotyczy jeżeli wynika to z wcześniej przeprowadzonych badań hydrologicznych i geologicznych obszaru depozytu i jego otoczenia	
Eksploatacja	przeciwdziałanie rozwiewaniu (pyleniu) odpadów	
	ograniczenie powierzchni składowanych odpadów ekspozycyjnych na oddziaływanie warunków atmosferycznych	
	gromadzenie i oczyszczanie odcieków	
	stateczność geotechniczna składowanych odpadów	
Wyposażenie	ogrodzenie obiektu, uniemożliwiające dostęp osób nieuprawnionych oraz nielegalne składowanie odpadów	
	pas zieleni (o szerokości min. 10 m)	
	system umożliwiający pomiar masy odpadów przyjmowanych na depozyt	
Monitoring prowadzony zgodnie z zakresem wg instrukcji eksploatacji lub rozporządzenia	badanie wielkości opadu atmosferycznego	
	badanie wód podziemnych – minimum 3 otwory badawcze (piezometry)	
	badanie wód powierzchniowych	
	badanie odcieków	
	kontrola struktury i składu masy odpadów	
	kontrola osiadania powierzchni depozytu	
kontrola stanu termicznego		

Jednym z najważniejszych elementów, które należy uwzględnić przystępując do oceny oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko, jest możliwość przedostawania się ewentualnych substancji niebezpiecznych z danego obiektu (miejsca składowania odpadów wydobywczych) do okolicznych wód podziemnych, wód powierzchniowych, powietrza oraz gleb. Szczegółowa analiza możliwości uwalniania się substancji niebezpiecznych do otoczenia stanowi podstawowy wskaźnik oceny stopnia narażenia receptorów na oddziaływanie odpadów. Istnieją dwie możliwości określenia tendencji uwalniania się z odpadów substancji niebezpiecznych (EFOTG):

- pomiary bezpośrednie migracji zachodzącej w wyniku obecnego składowania odpadów,
- oszacowanie prawdopodobieństwa migracji dla obecnie lub w przeszłości składowanych odpadów.

Bezpośrednie pomiary obejmują analizy wyników następujących rodzajów próbek: wód podziemnych, powierzchniowych, odcieków, powietrza i gleby w ustawowym zakresie. Natomiast do oszacowania prawdopodobieństwa migracji substancji niebezpiecznych ze zdeponowanych w depozycie odpadów można wykorzystać różnorodne dane, w tym charakteryzujące historyczną i aktualną sytuację na danym obiekcie. Prawdopodobieństwo uwalniania substancji niebezpiecznych może zostać oszacowane na przykład przy wykorzystaniu danych związanych z:

- charakterystyką terenu (budową geologiczną i ukształtowaniem terenu),
- sposobem umieszczania odpadów w depozycie,
- stanem i rodzajem źródła odpadów,
- warunkami klimatycznymi.

Mając na uwadze te założenia, zaproponowano następujące, uwzględnione w przeprowadzonej ocenie kryteria zanieczyszczeń (Rama 2004; Javed 2003)

- wód podziemnych:
 - odległość warstwy wodonośnej,
 - współczynnik przepuszczalności gruntu,
 - wielkość opadów,
 - lokalne warunki geologiczne,
 - kierunek przepływu;
- wód powierzchniowych:
 - odległość obiektu od cieków wód powierzchniowych,
 - potencjalny spływ zależny od przepuszczalności podłoża,
 - zagrożenie powodziowe,
 - interakcja z wodami gruntowymi,
 - typ ciek (zbiornika) wodnego (struktura, zasolenie),
 - współczynnik przepływu;
- powietrza i gleby:
 - czas trwania emisji,
 - ilość odpadów składowanych w depozycie (powierzchnia składowania lub obiektu),
 - typ i rodzaj źródła,

- wilgotność składowanych odpadów oraz otaczających obiekt gleb,
- warunki terenowe i krajobrazowe,
- warunki klimatyczne,
- postać odpadu.

Dla dokonania przedmiotowych ocen niezbędne jest opracowanie charakterystyk depozytów mułów węglowych zawierających wymienione elementy. Ocena ryzyka każdego depozytu mułów węglowych w aspekcie stwarzanego zagrożenia dla środowiska wymaga określenia:

- stopnia zagrożenia, jaki przedstawiają składowane muły węglowe:
 - poważne zagrożenie: w przypadku, gdyby muły węglowe zawierały substancje niebezpieczne z procesów przeróbki – wówczas kwalifikowane są one jako odpady wydobywcze niebezpieczne,
 - średnie zagrożenie: muły węglowe kwalifikowane są jako odpady wydobywcze inne niż niebezpieczne i obojętne,
 - niewielkie zagrożenie: muły węglowe kwalifikowane są jako odpady wydobywcze obojętne;
- charakterystyki mułów węglowych w zakresie:
 - zawartości substancji niebezpiecznych,
 - ilości odpadów (szacunkowa lub rzeczywista),
 - stanu fizycznego (szlam, osad, postać stała zbrylona),
 - innych cech uzupełniających ocenę;
- prawdopodobnych kierunków emisji zanieczyszczeń z depozytu do:
 - wód podziemnych,
 - wód powierzchniowych,
 - gleby,
 - powietrza,
 - obiektów i obszarów chronionych;
- prawdopodobieństwa uwolnienia się z mułów węglowych substancji w nich zawartych na każdej drodze rozprzestrzeniania – oceniane odrębnie na podstawie:
 - geologicznej i hydraulicznej przepływowości wód podziemnych,
 - odległości od zbiornika i topografii terenu,
 - rodzajów cząstek unoszących się w powietrzu,
 - istnienia i rozprzestrzeniania się gazów w glebie;
- zagrożeń związanych z receptorami:
 - wpływ na ludzi bądź zwierzęta domowe,
 - wpływ na zasoby wody pitnej,
 - wykorzystanie ziemi przez ludzi;
- możliwych zagrożeń wystąpienia poważnego wypadku – zdarzenia w miejscu prowadzenia działalności związanej z gospodarowaniem odpadami wydobywczymi w depozycie mułów węglowych, prowadzące do natychmiastowego lub występującego po pewnym czasie poważnego zagrożenia dla zdrowia ludzi lub środowiska, w miejscu prowadzenia działalności lub poza nim.

14.3. Propozycja punktowego systemu oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych

W celu umożliwienia dokonywania jednolitej oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych pod kątem rzeczywistego lub potencjalnego wpływu na środowisko, pozwalającej także na porównywanie tych obiektów, opracowano autorską propozycję systemu punktowego przy uwzględnieniu równoważności:

- przyjętych kryteriów wpływu obiektu na takie elementy środowiska, jak:
 - wody podziemne,
 - wody powierzchniowe,
 - glebę lub ziemię,
 - powietrze,
 - obiekty i obszary chronione;
- zagrożeń dla zdrowia ludzi w wyniku:
 - konsumpcji wody z ujęć wodnych zasilanych przez wody podziemne zanieczyszczone przez odcieki z depozytu,
 - konsumpcji wody z ujęć wodnych oraz z wód powierzchniowych zanieczyszczonych przez odcieki i pyły z depozytu,
 - konsumpcji produktów upraw z terenów zanieczyszczonych przez odcieki, pyły i gazy z depozytu,
 - zamieszkiwania w strefie oddziaływania depozytu na powietrze (zanieczyszczone przez pyły i gazy).

Celem dokonania oceny parametrycznej opracowano wzory na obliczanie współczynników potencjalnego zagrożenia wód podziemnych i powierzchniowych.

- **Współczynnik potencjalnego zagrożenia wód podziemnych Z_{podz} [pkt]:**

$$Z_{\text{podz}} = \{ \text{stężenie zanieczyszczeń w odciekach } [r_6] \cdot \text{ilość opadów } [r_3] \cdot \text{powierzchnia depozytu } [r_1] \} + \{ \text{odległość dna obiektu od wód podziemnych } [r_4] \cdot \text{współczynnik filtracji } [r_2] \}$$

$$Z_{\text{podz}} = \{r_6 \cdot r_3 \cdot r_1\} + \{r_4 \cdot r_2\} \quad (14.1)$$

- **Współczynnik potencjalnego zagrożenia wód powierzchniowych, Z_{pow} [pkt]:**

$$Z_{\text{pow}} = \{ \text{stężenie zanieczyszczeń w odciekach } [r_6] \cdot \text{ilość opadów } [r_3] \cdot \text{powierzchnia depozytu } [r_1] \} + \{ \text{odległość depozytu od wód powierzchniowych } [r_5] \cdot \text{odwrotność współczynnika filtracji } [r_2] \}$$

$$Z_{\text{pow}} = \{r_6 \cdot r_3 \cdot r_1\} + \{r_5 \cdot 1/r_2\} \quad (14.2)$$

Dla określenia wielkości potencjalnego ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych na wody podziemne i powierzchniowe zaproponowano następujące wartości parametrów punktowych (tab. 14.2–14.7) (EPA 2004).

Tabela 14.2

Zestawienie wartości parametru punktowego r_1 – powierzchnia depozytu w [ha]

Table 14.2

Summary of r_1 parameter – area of the coal slurry deposits [ha]

Lp.	Powierzchnia depozytu [ha]	Wartość parametru punktowego [r_1]
1.	0,2	0,05
2.	0,3	0,07
3.	0,5	0,09
4.	0,6	0,10
5.	0,7	0,12
6.	0,8	0,15
7.	0,9	0,18
8.	1,0	0,19
9.	2,0	0,20
10.	3,0	0,40
11.	4,0	0,60
12.	5,0	0,85
13.	6,0	1,20
14.	7,0	1,30
15.	8,0	1,40
16.	9,0	1,45
17.	10,0	1,50
18.	20,0	1,70
19.	30,0	1,80
20.	40,0	1,85
21.	50,0	1,94
22.	60,0	1,96
23.	70,0	1,97
24.	80,0	1,98
25.	90,0	1,99
26.	100,0	2,00

Źródło: opracowanie autorskie

Tabela 14.3Zestawienie wartości parametru punktowego r_2 – współczynnik filtracji gruntu [m/s]**Table 14.3**Summary of r_2 parameter – filtration coefficient of soil [m/s]

Lp.	Współczynnik filtracji gruntu [m/s]	Wartość parametru punktowego [r_2]
1.	$1 \cdot 10^{-10}$	0,05
2.	$1 \cdot 10^{-9}$	0,10
3.	$1 \cdot 10^{-8}$	0,20
4.	$1 \cdot 10^{-7}$	3,00
5.	$1 \cdot 10^{-6}$	4,00
6.	$1 \cdot 10^{-5}$	5,00
7.	$1 \cdot 10^{-4}$	6,10
8.	$1 \cdot 10^{-3}$	7,40
9.	$1 \cdot 10^{-2}$	9,00
10.	$1 \cdot 10^{-1}$	10,00

Źródło: opracowanie autorskie

Tabela 14.4Zestawienie wartości parametru punktowego r_3 – ilość opadów [m]**Table 14.4**Summary of r_3 parameter – amount rainfall [m]

Lp.	Ilość opadów [m]	Wartość parametru punktowego [r_3]
1.	0,1	0,20
2.	0,2	0,25
3.	0,3	0,40
4.	0,4	0,75
5.	0,5	1,00
6.	0,6	1,25
7.	0,7	1,45
8.	0,8	1,60
9.	0,9	1,75
10.	1,0	2,00
11.	1,1	2,25
12.	1,2	2,45
13.	1,3	2,60
14.	1,4	2,75
15.	1,5	3,00

Źródło: opracowanie autorskie

Tabela 14.5Zestawienie wartości parametru punktowego r_4 – odległość dna obiektu od wód podziemnych [m]**Table 14.5**Summary of r_4 parameter – distance of the deposit bottom from the underground water [m]

Lp.	Odległość dna obiektu od wód podziemnych [m]	Wartość parametru punktowego [r_4]
1.	$\leq 0,5$	5,00
2.	0,5	4,50
3.	1,0	1,50
4.	1,5	1,00
5.	2,0	0,75
6.	2,5	0,50
7.	3,0	0,45
8.	3,5	0,30
9.	4,0	0,25
10.	4,5	0,20
11.	5,0	0,15
12.	5,5	0,10
13.	$\geq 6,0$	0,05

Źródło: opracowanie autorskie

Tabela 14.6Zestawienie wartości parametru punktowego r_5 – odległość obiektu od wód powierzchniowych [m]**Table 14.6**Summary of r_5 parameter point values – distance of the deposit bottom from the groundwater [m]

Lp.	Odległość obiektu od wód powierzchniowych [m]	Wartość parametru punktowego [r_5]
1	2	3
1.	$\leq 3,5$	5,00
2.	4,0	4,90
3.	5,0	4,75
4.	6,0	4,55
5.	7,0	4,45
6.	8,0	4,25
7.	9,0	4,15
8.	10,0	3,90
9.	20,0	3,00
10.	30,0	2,50

Tabela 14.6. cd.**Table 14.6. cont.**

1	2	3
11.	40,0	2,10
12.	50,0	1,80
13.	60,0	1,50
14.	70,0	1,40
15.	80,0	1,25
16.	90,0	1,00
17.	100,0	0,90
18.	200,0	0,45
19.	300,0	0,25
20.	400,0	0,20
21.	500,0	0,15
22.	600,0	0,10
23.	≥ 700,0	0,05

Źródło: opracowanie autorskie

Tabela 14.7

Zestawienie wartości parametru punktowego r_6 – stężenie zanieczyszczeń w odciekach z depozytu

Table 14.7

Summary of r_6 parameter – concentration of pollutants in the effluent from the deposit

Lp.	Stężenie zanieczyszczeń w odciekach z depozytu	Wartość parametru punktowego [r_6]
1.	Poniżej wartości dopuszczalnych dla I–II klasy jakości wód powierzchniowych i podziemnych	0,5–0,1
2.	Poniżej wartości dopuszczalnych dla III klasy jakości wód powierzchniowych i podziemnych	1,1–2,0
3.	Poniżej wartości dopuszczalnych dla IV–V klasy jakości wód powierzchniowych i podziemnych	2,1–4,0
4.	Poniżej wartości dopuszczalnych dla ścieków wprowadzanych do wód i do ziemi	4,1–10,0

Źródło: opracowanie autorskie

Na podstawie przyjętych założeń i wartości parametrów punktowych przedstawionych w tabelach 14.2–14.7 zaproponowano cztery grupy ryzyka, określające potencjalne oddziaływanie depozytów mułów węglowych na środowisko. Dla każdej grupy ryzyka przyporządkowano przedziały punktowe – tabela 14.8.

Tabela 14.8

Grupy ryzyka środowiskowego wraz z przedziałami punktowymi

Table 14.8

Group of total environmental risk assessment with points range

Lp.	Grupa ryzyka	Ocena łączna – Σ punktów	Ryzyko oddziaływania środowiskowego
1.	I	0	brak ryzyka oddziaływania środowiskowego
2.	II	≤ 50	niskie ryzyko oddziaływania środowiskowego
3.	III	$> 50 \leq 100$	znaczne ryzyko oddziaływania środowiskowego
4.	IV	$> 100 \leq 150$	wysokie ryzyko oddziaływania środowiskowego

O zaliczeniu do jednej z czterech grup ryzyka stanowi łączna suma punktów określających rzeczywiste lub potencjalne oddziaływanie depozytu mułów węglowych na analizowane elementy środowiska, jak: wody podziemne, wody powierzchniowe, glebę lub ziemię, powietrze oraz obiekty i obszary chronione.

15. Ocena potencjalnego oddziaływania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych na środowisko

Na podstawie zaprezentowanej w rozdziale 14 autorskiej metodyki i kryteriów oceny potencjalnego oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko w tabelach 15.1–15.5 przedstawiono ocenę zinwentaryzowanych depozytów z punktu widzenia spełnienia warunków formalno-prawnych. Natomiast w tabeli 15.6 zaprezentowano zbiorczą ocenę ryzyka oddziaływania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych na środowisko.

Na podstawie zaprezentowanej w tabelach 15.1–15.5 oceny zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych można stwierdzić że:

- część z depozytów nie spełnia wymogów formalno-prawnych szczególnie w zakresie pozwolenia na budowę, posiadania decyzji lokalizacyjnej i decyzji zatwierdzającej instrukcję eksploatacji (tab. 15.1),
- większość depozytów spełnia określone w stosownych rozporządzeniach kryteria lokalizacyjne; kilka z depozytów zlokalizowanych jest na terenie szkód górniczych, kilka w bezpośrednim sąsiedztwie budynków mieszkalnych; dla części depozytów stwierdzono brak badań geologicznych i hydrogeologicznych terenu, na którym są posadowione (tab. 15.2),
- większość depozytów spełnia określone w stosownych rozporządzeniach kryteria związane z budową, tzn. posiadanie naturalnej bądź sztucznej bariery, zastosowanie izolacji syntetycznej oraz systemu drenażowego (tab. 15.3),
- niewielka część depozytów spełnia określone w stosownych rozporządzeniach kryteria związane z eksploatacją i wyposażeniem; dotyczy to przede wszystkim: gromadzenia i oczyszczania odcieków, zabezpieczenia przed dostępem osób trzecich oraz posiadania pasa zieleni izolacyjnej (tab. 15.4),
- tylko niektóre depozyty spełniają określone w stosownych rozporządzeniach kryteria związane z monitoringiem; zasadniczo stwierdzono brak badań dotyczących wielkości opadów atmosferycznych, stanu zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych, składu wód odciekowych oraz kontroli osiadania powierzchni obiektu i jego stanu termicznego (tab. 15.5).

Pomimo stwierdzonych niezgodności w zakresie: wymogów formalno-prawnych, lokalizacji, budowy, eksploatacji i wyposażenia oraz monitoringu, zgodnie z zbiorczą oceną zaprezentowaną w tabeli 15.6 wszystkie zinwentaryzowane depozyty mułów węglowych w niskim stopniu oddziałują na poszczególne komponenty środowiskowe, tzn. wody podziemne, wody powierzchniowe, glebę, powietrze oraz obiekty i obszary chronione.

Tabela 15.1

Ocena zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych – kryterium dotyczące oceny stanu formalno-prawnego

Table 15.1

Assessment of the inventoried deposits – criterion concerning assessment of formal and legal state

Lp.	Obiekt – depozyt mułów węglowych	Kryterium – stan formalno-prawny				Ocena spełnienia kryterium
		decyzja lokalizacyjna	pozwolenie na budowę	pozwolenie na użytkowanie	decyzja zatwierdzająca instrukcję eksploatacji	
1	2	3	4	5	6	7
1.	K 18	P	NP	P	P	S
2.	K 4/1-19	P	NP	P	NP	SP
3.	K 11/1-3	P	NP	P	P	S
4.	K 12/1-5	NP	NP	P	P	SP
5.	K 1/1-2	P	NP	P	NP	SP
6.	K 17	P	NP	P	P	S
7.	K 2/1-2	P	NP	P	NP	SP
8.	K 3/1-2	P	NP	P	P	S
9.	K 6	P	P	P	P	S
10.	K 7	NP	NP	P	NP	N
11.	K 5/1-4	NP	NP	P	P	SP
12.	K 9/ 1-2	NP	NP	P	NP	N
13.	K 10	P	NP	P	P	S
14.	K 8	P	NP	P	P	S
15.	K 13	NP	P	NP	P	SP
16.	K 14	NP	P	NP	P	SP
17.	K 15	P	NP	P	P	S
18.	K 16	P	NP	P	P	S
19.	K 19/1-3	NP	P	NP	NP	N
20.	K 20	P	NP	P	NP	SP
21.	K 21	P	NP	P	P	S
22.	K 22/2	NP	P	P	P	S
23.	K 23	NP	P	P	NP	SP
24.	K 24	P	NP	P	P	S

Objaśnienia skrótów: P – depozyt posiada decyzję, pozwolenie itp.; NP – depozyt nie posiada decyzji, pozwolenia itp.; S – depozyt spełnia warunki kryterium, SP – depozyt spełnia warunki kryterium w sposób niewystarczający; N – depozyt nie spełnia warunków kryterium

Tabela 15.2

Ocena zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych – kryterium dotyczące oceny spełnienia wymagań określonych w rozporządzeniach – lokalizacja depozytu

Table 15.2

Assessment of the inventoried deposits – criterion concerning assessment of fulfilment of requirements specified in the regulations – location of a deposit

Lp.	Objekt – depozyt mułów węglowych	Kryterium - lokalizacja obiektu														Ocena spełnienia kryterium
		obiekt jest zlokalizowany w jednym z wymienionych miejsc														
		strefy wód podziemnych	otuliny parków narodowych	rezerваты przyrody, lasy ochronne	strefy wód powierzchniowych i obszary zagrożone powodzią	strefy osuwisk	tereny o nachyleniu > 10°	tereny glaciektoneczne lub tektoniczne	tereny wychodni skal	gleby klas I-II	tereny szkód górniczych	obszary ochrony uzdrowiskowej	obszary górnicze dla kopalni leżących	zachowana minimalna odległość od budynków	badania geologiczne i hydrogeologiczne	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.	K 18	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak	S
2.	K 4/1-19	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	S
3.	K 11/ 1-3	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Tak	Nie	S
4.	K 12/1-5	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	S
5.	K 1/1-2	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	S
6.	K 17	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Tak	Tak	S
7.	K 2/1-2	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	S
8.	K 3/1-2	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	S
9.	K 6	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	S
10.	K7	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	S
11.	K 5/1-4	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Tak	Tak	S
12.	K 9/ 1-2	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Tak	Tak	S
13.	K 10	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Tak	Tak	S
14.	K 8	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Tak	Tak	S
15.	K 13	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak	S
16.	K 14	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak	S
17.	K 15	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	SP
18.	K 16	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	SP
19.	K 19/ 1-3	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	SP
20.	K 20	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak	S
21.	K 21	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak	S
22.	K 22/2	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	SP
23.	K 23	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	SP
24.	K 24	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	SP

Objaśnienia skrótów: Tak – depozyt jest zlokalizowany w jednym z wymienionych miejsc, Nie – depozyt nie jest zlokalizowany w wymienionym miejscu; S – depozyt spełnia warunki kryterium, SP – depozyt spełnia warunki kryterium w sposób niewystarczający; N – depozyt nie spełnia warunków kryterium

Tabela 15.3

Ocena zinventaryzowanych depozytów mułowych – kryterium dotyczące oceny spełnienia wymagań określonych w rozporządzeniach – budowa depozytu

Table 15.3

Assessment of the inventoried deposits – criterion concerning assessment of fulfilment of requirements specified in the regulations – construction of a deposit

Lp.	Objekt – depozyt mułowych węglowych	Kryterium – budowa depozytu										Ocena spełnienia kryterium
		3 naturalna bariera miąższość ≥ 1 m $k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s	4 sztuczna bariera miąższość $\geq 0,5$ m $k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s	5 rozwiniętość bariery geologicznej przekraczająca obiekt	6 izolacja symptyczna	7 poziom wód podziemnych ≥ 1 m poniżej dna depozytu	8 system drenaży (kolektor)	9 zewnętrzne rowy drenażowe	10			
1.	K 18	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
2.	K 4/1-19	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
3.	K 11/1-3	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
4.	K 12/1-5	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
5.	K 1/1-2	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
6.	K 17	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
7.	K 2/1-2	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
8.	K 3/1-2	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
9.	K 6	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
10.	K 7	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
11.	K 5/1-4	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	SP
12.	K 9/1-2	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
13.	K 10	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
14.	K 8	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
15.	K 13	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
16.	K 14	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
17.	K 15	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
18.	K 16	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
19.	K 19/1-3	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
20.	K 20	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
21.	K 21	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
22.	K 22/2	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
23.	K 23	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	SP
24.	K 24	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S

Objaśnienia skrótów: Tak – depozyt posiada wymienione zabezpieczenie; Nie – depozyt nie posiada wymienionych zabezpieczeń; S – depozyt spełnia warunki kryterium, SP – depozyt spełnia warunki kryterium w sposób niewystarczający; N – depozyt nie spełnia warunków kryterium

Tabela 15.4

Ocena zinventaryzowanych depozytów mułów węglowych – kryterium dotyczące oceny spełnienia wymagań określonych rozporządzeniach – eksploatacja i wyposażenie depozytu

Table 15.4

Assessment of the inventoried deposits – criterion concerning assessment of fulfilment of requirements specified in the regulations – operation and equipment of a deposit

Lp.	Objekt – depozyt mułów węglowych	Kryterium – eksploatacja i wyposażenie depozytu										Ocena spełnienia kryterium	
		3	4	5	6	7	8	9	10				
		przeciwdziałanie rozwiwianiu (pyleniu) odpadów	ograniczenie powierzchni składowanych odpadów	gromadzenie i oczyszczanie odcieków	stateczność geotechniczna	zabezpieczenie obiektu przed dostępem osób trzecich	pas zieleni min. 10 m	system pomiaru masy odpadów					
1	2												
1.	K 18	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	S
2.	K 4/1-19	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	S
3.	K 11/1-3	Tak	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	SP
4.	K 12/1-5	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	SP
5.	K 11/1-2	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	S
6.	K 17	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	S
7.	K 2/1-2	Tak	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	SP
8.	K 3/1-2	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	SP
9.	K 6	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	SP
10.	K7	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	S
11.	K 5/1-4	Tak	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	SP
12.	K 9/1-2	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	S
13.	K 10	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	S
14.	K 8	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	SP
15.	K 13	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	SP
16.	K 14	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	S
17.	K 15	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	S
18.	K 16	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	SP
19.	K 19/1-3	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	S
20.	K 20	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	S
21.	K 21	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	S
22.	K 22/2	Tak	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	SP
23.	K 23	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	SP
24.	K 24	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	S

Objaśnienia skrótów: Tak – depozyt posiada wymienione zabezpieczenie; Nie – depozyt nie posiada wymienionych zabezpieczeń; N – depozyt nie spełnia warunków kryterium; SP – depozyt spełnia warunki kryterium

Tabela 15.5

Ocena zinventaryzowanych depozytów mułów węglowych – kryterium dotyczące oceny spełnienia wymagań określonych w rozporządzeniach – monitoring depozytu

Table 15.5

Assessment of the inventoried deposits – criterion concerning assessment of fulfilment of requirements specified in the regulations – monitoring of a deposit

Lp.	Objekt – depozyt mułów węglowych	Kryterium – monitoring depozytu										Ocena spełnienia kryterium
		badanie wielkości opadu	badanie wód podziemnych	badanie wód powierzchniowych	badanie wód odciekowych	kontrola struktury i składu odpadów	kontrola osiadania powierzchni depozytu	kontrola stanu termicznego depozytu				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.	K 18	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
2.	K 4/1-19	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
3.	K 11/ 1-3	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
4.	K 12/1-5	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
5.	K 1/1-2	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
6.	K 17	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	
7.	K 2/1-2	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
8.	K 3/1-2	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
9.	K 6	Nie	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	
10.	K 7	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
11.	K 5/1-4	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
12.	K 9/ 1-2	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
13.	K 10	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
14.	K 8	Nie	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	
15.	K 13	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
16.	K 14	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
17.	K 15	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
18.	K 16	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
19.	K 19/ 1-3	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
20.	K 20	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
21.	K 21	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
22.	K 22/2	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
23.	K 23	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	
24.	K 24	Nie	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	

Objaśnienia skrótów: Tak – depozyt posiada wymienione zabezpieczenie; Nie – depozyt nie posiada wymienionych zabezpieczeń; S – depozyt spełnia warunki kryterium, SP – depozyt spełnia warunki kryterium w sposób niewystarczający; N – depozyt nie spełnia warunków kryterium

Tabela 15.6.

Zbioreza ocena ryzyka oddziaływania zinventaryzowanych depozytów mułów węglowych na środowisko

Table 15.6.

Cumulative assessment of the inventoried deposits in terms of the potential impact on the environment

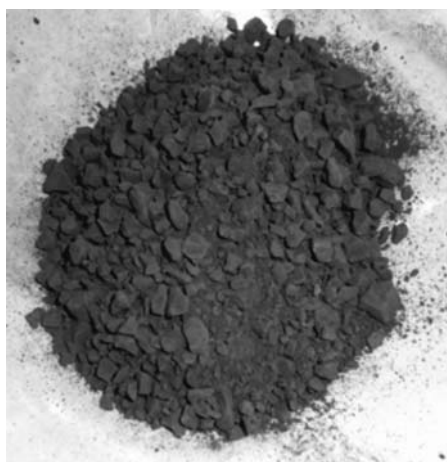
Lp.	Objekt – depozyt mułów węglowych	Ocena punktowa						Wartość sumaryczna	Ryzyko oddziaływania środowiskowego
		wody podziemne	wody powierzchniowe	gleba	powietrze	objekty i obszary chronione			
1.	K 18	8	7	5	0	2	22		
2.	K 4/1-19	6	8	7	0	4	25		
3.	K 11/1-3	8	8	9	0	5	30		
4.	K 12/1-5	3	8	3	0	18	32		
5.	K 1/1-2	4	8	4	0	9	25		
6.	K 17	9	6	5	0	6	26		
7.	K 2/1-2	5	6	5	0	4	20		
8.	K 3/1-2	3	6	4	0	15	28		
9.	K 6	2	9	3	0	5	19		
10.	K 7	8	9	3	0	14	34		
11.	K 5/1-4	9	9	2	0	18	38		
12.	K 9/1-2	9	4	7	0	14	34		
13.	K 10	6	4	7	0	15	32		
14.	K 8	7	4	4	0	14	29		
15.	K 13	7	6	5	0	17	35		
16.	K 14	5	6	3	0	14	28		
17.	K 15	6	6	8	0	15	35		
18.	K 16	5	9	4	0	3	21		
19.	K 19/1-3	4	9	2	0	4	19		
20.	K 20	8	8	4	0	7	27		
21.	K 21	7	8	5	0	13	33		
22.	K 22/2	6	8	3	0	2	19		
23.	K 23	6	8	3	0	8	25		
24.	K 24	6	8	6	0	8	28	Grupa II niskie ryzyko oddziaływania środowiskowego ≤50 pkt.	

16. Kierunki gospodarczego wykorzystania odpadów powstałych po procesach wzbogacania depozytów mułów węglowych

Przedstawione w rozdziale 7 monografii technologie wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych na paliwo dla energetyki zawodowej powodują powstawanie substancji odpadowych. Z tego też względu konieczne jest określenie potencjalnych kierunków ich gospodarczego wykorzystania wraz z wytycznymi technologicznymi. W tym celu na wstępie przeanalizowano właściwości generowanych odpadów, poddając je ocenie makroskopowej. Ocena ta wykazała, że jest to materiał ilasty o bardzo drobnej frakcji z nielicznymi agregatami o średnicy do 4 mm, barwy ciemnoszarej. Widok przykładowych próbek odpadów poddanych ocenie został przedstawiony na rysunkach 16.1 i 16.2.

Przeprowadzone badania oraz rozeznanie literaturowe (PR 2009) wykazały możliwość wykorzystania generowanych substancji odpadowych jako:

- materiału mineralnego przy produkcji kruszyw sztucznych z osadów ściekowych i szkła odpadowego,
- wypełniacza przy produkcji mieszanek związanych hydraulicznie.



Rys. 16.1. Odpad po wzbogacaniu mułów węglowych z widocznymi zlepionymi agregatami

Źródło: PR 2009

Fig. 16.1. Refuse after coal slurry beneficiation with visible aggregates stuck together



Rys. 16.2. Odpad po wzbogaceniu mulów węglowych – ilasty barwy ciemnoszarej
Źródło: PR 2009

Fig. 16.2. Refuse after coal slurry beneficiation – dark-grey clay

16.1. Wykorzystanie odpadu po wzbogacaniu mulów węglowych jako materiału mineralnego przy produkcji kruszyw sztucznych z osadów ściekowych i szkła odpadowego

16.1.1. Założenia technologiczne produkcji kruszyw sztucznych

Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego (IMBiGS 2010) opracował sposób termicznego przetwarzania (utyliczacji) osadów ściekowych, polegający na obróbce termicznej mieszaniny wykonanej z osadów ściekowych, pyłów mineralnych z zawartością krzemionki i odpadowego szkła. W odpadzie po wzbogacaniu depozytów mulów węglowych występuje krzemionka w ilościach około 75%. Dodatkowo są one nośnikiem energii i mogą stanowić dodatek i/lub zamiennik pyłów mineralnych szczególnie, iż skład ziarnowy odpadu sprzyja efektywnemu przebiegowi reakcji w fazie stałej, która prowadzi do utworzenia w procesie termicznego unieszkodliwiania kruszywa sztucznego, o właściwościach kruszywa lekkiego. Kruszywo lekkie uzyskane w procesie syntezy termicznej jest bezpieczne dla środowiska i charakteryzuje się właściwościami zbliżonymi do właściwości keramzytu. Na wstępie określono parametry technologiczne procesu przemiany termicznej gwarantujące uzyskanie produktu o właściwościach umożliwiających zastosowanie go jako kruszywo budowlane. Należą do nich:

- rodzaj topnika,

- stosunek wagowy: odpad mineralny/szkło/odpad organiczny,
- uziarnienie surowców sypkich zwykle poniżej 0,250 mm,
- temperatura i czas spiekania.

Określono również dla jakich parametrów procesu a głównie, w jakim zakresie temperatur istnieje możliwość uzyskania lekkich kruszyw sztucznych z odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych przy zastosowaniu metody syntezy termicznej w fazie stałej, a więc przekształcenie odpadu w wyrób budowlany. Skład mieszaniny odpadów poddawanych obróbce termicznej oraz temperatura spiekania determinują właściwości powstających kruszyw. Obecność pierwiastka C w odpadach po wzbogacaniu mułów węglowych, który w procesie termicznym ulega spaleni, stwarza podstawy do wykorzystania tej cechy odpadu do wytwarzania lekkich kruszyw sztucznych. Według założeń technologicznych zawartość odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych w mieszaninie do spiekania powinna wynosić 10–50%, ponieważ taka ilość odpadu palnego gwarantuje otrzymanie spieków o gęstości nasypowej w stanie luźnym nie większej niż 1,30 Mg/m³. Odpady po wzbogacaniu mułów węglowych, które zastosowano w tym procesie, charakteryzują się znacznym udziałem frakcji najdrobniejszych (przeciętnie 80% <0,1 mm).

Metoda otrzymywania sztucznych kruszyw z udziałem odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych polega na:

- wstępnym ustaleniu proporcji mieszaniny surowców (odpad mineralny, szkło, osad ściekowy i odpad po wzbogacaniu mułów węglowych). Założono 3 rodzaje składu mieszaniny:
 - pierwsza – gdzie składnikiem mineralnym jest wyłącznie odpad po wzbogacaniu mułów węglowych,
 - druga – gdzie zastosowano mieszaninę odpadu po wzbogacaniu mułów węglowych i odpadu mineralnego w proporcji 1:1,
 - trzecia – gdzie zastosowano mieszaninę odpadu po wzbogacaniu mułów węglowych i odpadu mineralnego w proporcji 1:2,
- ujednorodnieniu mieszanin składników w mieszarce,
- granulowaniu mieszaniny celem uzyskania granul,
- spiekaniu granulatu w piecu komorowym. Zgodnie z dotychczasowymi doświadczeniami w zakresie procesu spiekania przewidziano badanie procesu w trzech temperaturach spiekania 1000, 1100 i 1200°C oraz przy czasie rozgrzewania pieca 2,5 godziny i czasie spiekania 1 godziny.

W procesie wypalania przewidziano jednakowe czasy nagrzewania i czasy wypalania. Zmiennym czynnikiem była temperatura wypalania. Surowcami użytymi do badań były:

- odpad mineralny o zawartości krzemionki 98,7%,
- osad ściekowy uwodniony o zawartości suchej masy 20%,
- odpad szklany,
- odpad po wzbogacaniu mułów węglowych pochodzących z depozytu oznaczonego symbolem K11.

Przygotowano trzy mieszaniny zawierające:

— Mieszanina I – skład:

- odpad po wzbogacaniu mułów węglowych – 50%,
- osad ściekowy – 45%,
- topnik, pył szklany – 5%;

— Mieszanina II – skład:

- odpad po wzbogacaniu mułów węglowych – 25%,
- osady ściekowe (zawierające 80% wody) – 45%,
- odpad mineralny – 25%,
- topnik, pył szklany – 5%;

— Mieszanina III – skład:

- odpad po wzbogacaniu mułów węglowych – 17%,
- osady ściekowe (zawierające 80% wody) – 45%,
- odpad mineralny – 33%,
- topnik, pył szklany – 5%.

Założono, że rezultatem procesu syntezy termicznej powinny być stabilne, jednorodne spieki o cechach kruszywa lekkiego. Zakres badań ograniczono do parametrów, które pozwoliły na sprawdzenie, w jakim zakresie temperatur możliwe będzie otrzymanie, z wykorzystaniem odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych, jakościowo nowego produktu – jednorodnych spieków o strukturze kruszyw lekkich.

Parametrami określającymi prawidłowość i kompletność reakcji syntezy termicznej otrzymywania sztucznych kruszyw lekkich są właściwości chemiczne i fizyczne uzyskanych spieków, między innymi:

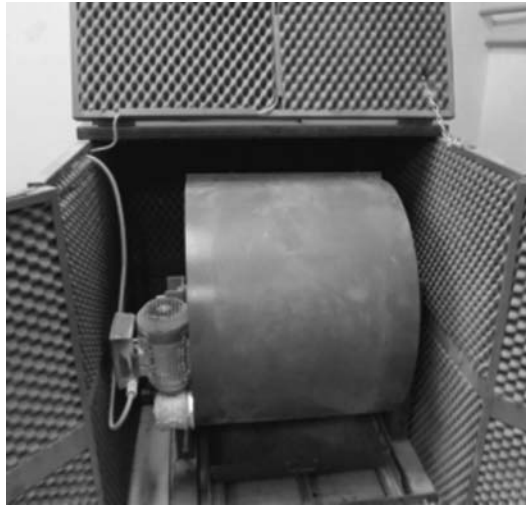
- zawartość podstawowych metali ciężkich w wyciągach wodnych z otrzymanego kruszywa. Badanie to jest wskaźnikiem, czy tlenki metali, które powstają w przemianach termicznych z węglanów, obecnych w odpadach po wzbogacaniu mułów węglowych w pełni wbudowały się w strukturę krystaliczną kruszywa,
- badanie nasiąkliwości spieków, które jest wskaźnikiem ich porowatości będącej skutkiem wypalenia się składników organicznych.

Ocenę procesu syntezy termicznej mieszanin zawierających odpady po wzbogacaniu mułów węglowych dokonano przeprowadzając:

- analizę organoleptyczną twardości i barwy,
- badanie wymywalności substancji niebezpiecznych,
- badanie gęstości nasypowej,
- badanie nasiąkliwości,
- badanie właściwości mechanicznych.

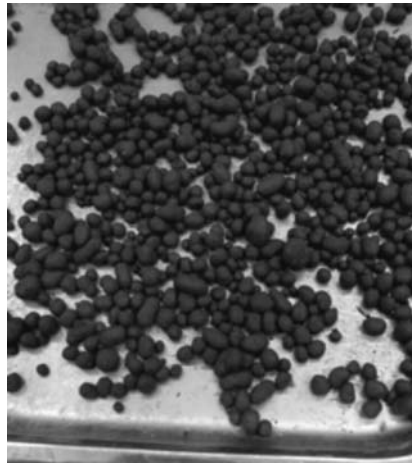
16.1.2. Prace doświadczalne w zakresie otrzymywania kruszyw sztucznych

Prace doświadczalne polegały na odważeniu składników do produkcji kruszyw sztucznych, a następnie wymieszaniu w granulatorze bębnowym (rys. 16.3) i wytworzeniu granul (rys. 16.4). Końcowym etapem procesu było wypalenie granul w piecu komorowym.



Rys. 16.3. Granulator bębnowy przeznaczony do produkcji granul do wypalania
Źródło: PR 2009

Fig. 16.3. Drum granulator for designed to burn the granules



Rys. 16.4. Widok granul po procesie granulowania
Źródło: PR 2009

Fig. 16.4. Granules after granulation process

Wstępnej oceny procesu syntezy termicznej kruszywa dokonywano organoleptycznie. Wizualnie oceniano jednorodność, spistość i jakość powierzchni otrzymywanych granuliek. Wyniki badania organoleptycznego poszczególnych mieszanin przedstawiono w tabelach 16.1, 16.2 i 16.3.

Tabela 16.1

Rezultaty reakcji termicznej dla mieszaniny I

Table 16.1

Results of thermal reaction for mixture/compound I

Lp.	Temp. syntezy termicznej [°C]	Czas rozgrzewania pieca [h]	Czas syntezy termicznej [h]	Ocena spieku	Wnioski
1.	1 000	2,5	1	Spiek miękki, niespójny rozsypujący się przy lekkim nacisku, zabarwienie ciemne, niejednolite	Reakcja syntezy niekompletna. Pozostałości nie wypalonego węgla wewnątrz spieku
2.	1 100	2,5	1	Spiek miękki, porowaty, niespójny rozsypujący się przy lekkim nacisku, zabarwienie jasne	Reakcja syntezy kompletna, warstwa zewnętrzna wypalona, wewnątrz ślady węgla
3.	1 200	2,5	1	Spiek średnio twardy, porowaty ale niespójny przy mocnym nacisku rozsypujący się, zabarwienie najjaśniejsze w tej serii pomiarowej, barwa zewnętrzna jednolita, wewnętrzna ciemna	Reakcja syntezy kompletna, warstwa zewnętrzna wypalona, wewnątrz ślady węgla

Jak wynika z przedstawionych rezultatów dla założonego składu mieszaniny I w temperaturach 1000–1100°C, proces reakcji nie był wystarczająco kompletny, aby uzyskać produkt o właściwościach kruszywa. W temperaturze 1200°C reakcja była kompletna, natomiast produkt charakteryzował się bardzo niskimi właściwościami wytrzymałościowymi. Dalsze badania nad poprawą jakości przy całkowitym zastosowaniu odpadu po wzbogacaniu mułów węglowych jako zamiennika odpadu mineralnego uznano za niecelowe.

Badania dla mieszaniny II (odpadu po wzbogacaniu mułów węglowych i odpadu mineralnego zawierającego krzemionkę) wskazują na właściwy kierunek zmian. Otrzymane kruszywo ma zdecydowanie lepszą strukturę i stwierdzone organoleptycznie właściwości wytrzymałościowe. Podobnie jak w poprzednim przypadku poprawę barwy spieków i istotną poprawę ich twardości zaobserwowano dla temperatury 1100°C. Założone warunki procesu termicznego tj. temperatura 1100°C, czas rozgrzania pieca 2,5 godz. można więc przyjąć za optymalne. Konieczna jest jednak ich weryfikacja w skali technicznej.

Tabela 16.2

Rezultaty reakcji termicznej dla mieszaniny II

Table 16.2

Results of thermal reaction for mixture/compound II

Lp.	Temp. syntezy termicznej [°C]	Czas rozgrzewania pieca [h]	Czas syntezy termicznej [h]	Ocena spieku	Wnioski
1.	1000	2,5	1	Spiek twardy niespójny, ale rozsypujący się, zabarwienie jasne	Reakcja syntezy niekompletna. Pozostałości nie wypalonego węgla wewnątrz spieku
2.	1100	2,5	1	Spiek twardy, porowaty, po rozkruszeniu barwa wewnątrz ciemniejsza	Reakcja syntezy kompletna, warstwa zewnętrzna wypalona, wewnątrz ślady węgla
3.	1200	2,5	1	Spiek bardzo twardy, porowaty, zabarwienie najjaśniejsze w tej serii pomiarowej, barwa zewnętrzna jednolita, wewnętrzna ciemna	Reakcja syntezy kompletna, warstwa zewnętrzna wypalona, wewnątrz ślady węgla

Tabela 16.3

Rezultaty reakcji termicznej dla mieszaniny III

Table 16.3

Results of thermal reaction for mixture/compound III

Lp.	Temp. syntezy termicznej [°C]	Czas rozgrzewania pieca [h]	Czas syntezy termicznej [h]	Ocena spieku	Wnioski
1	1 000	2,5	1	Spiek twardy, ale rozsypujący się, zabarwienie nieco jaśniejsze	Reakcja syntezy niekompletna. Pozostałości nie wypalonego węgla wewnątrz spieku
2	1 100	2,5	1	Spiek twardy, porowaty, po rozkruszeniu barwa wewnątrz ciemniejsza, wytrzymałość zadawalająca	Reakcja syntezy kompletna, warstwa zewnętrzna wypalona, wewnątrz ślady węgla
3	1 200	2,5	1	Spiek bardzo twardy, porowaty, zabarwienie najjaśniejsze w tej serii pomiarowej, barwa zewnętrzna jednolita, wewnętrzna ciemna	Reakcja syntezy kompletna, warstwa zewnętrzna wypalona, wewnątrz ślady węgla

W przypadku mieszaniny III nie stwierdzono większych różnic w produkcji jak i w przebiegu całego procesu w porównaniu do mieszaniny II. Spieki wykonane w temperaturze 1100°C miały odpowiednią twardość, ale w dalszym ciągu zawierały niewypalony węgiel, co może niekorzystnie wpłynąć na wytrzymałość mechaniczną takiego kruszywa. Natomiast spieki uzyskane w 1200°C były bardzo twarde, zewnętrznie jednolicie zabarwione. Można więc przyjąć, że optymalna temperatura dla technologii otrzymywania kruszyw lekkich z odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych i osadów ściekowych powinna się mieścić w zakresie 1100–1200°C przy czasie rozgrzania pieca 2,5 h. Można założyć, iż dodatek w ilości około 25% odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych jest optymalny dla produkcji kruszyw sztucznych z osadów ściekowych, szkła odpadowego i odpadu mineralnego zawierającego krzemionkę. Na rysunku 16.5 zaprezentowano otrzymane kruszywo sztuczne.



Rys. 16.5. Kruszywa sztuczne lekkie otrzymane z zastosowaniem odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych, spiekane w temperaturze 1100°C

Źródło: PR 2009

Fig. 16.5. Artificial light aggregates produced with application of refuse after coal slurry beneficiation, sintered in the temperature of 1100°C

16.1.3. Wyniki badania wymywalności substancji niebezpiecznych z otrzymanych kruszyw sztucznych

Odpady po wzbogacaniu mułów węglowych w stanie nieprzetworzonym nie są odpadem niebezpiecznym, natomiast ich obróbka termiczna może spowodować przekształcenie się obecnych w nich skał wapiennych w postać tlenkową. Tlenki te są silnie alkaliczne i jeśli nie zostaną wbudowane w strukturę krystaliczną krzemianu, mogą spowodować pojawienie się substancji szkodliwych i niebezpiecznych w wyciągach wodnych z kruszywa. Badanie wyciągów wodnych umożliwi więc ocenę czy wszystkie tlenki metali zostały wbudowane w strukturę krystaliczną kruszywa krzemianowego. Ocenę wymywalności substancji

niebezpiecznych wykonano dla próbek kruszywa spieczonych w 1100°C dla mieszaniny II i III. Ilość próbek i ich wielkość wynikała z warunków określonych w odpowiednich normach PN-EN. Otrzymane rezultaty przedstawiono w tabeli 16.4.

Tabela 16.4

Wyniki wymywalności wybranych metali z otrzymanych kruszyw sztucznych

Table 16.4

Leachability results of selected metals from the obtained artificial aggregates

Lp.	Rodzaj mieszaniny odpadów	Rodzaj badania	Metoda badania	Wyniki badań [mg/l]	NDW ¹⁾ [mg/l]
1.	Mieszanina II	Oznaczanie zawartości substancji niebezpiecznych w wyciągach wodnych według PN-EN 1744-3	PN-EN 1233:2000	Cr < 0,05	0,5
			PN-EN ISO 8288:2002	Cd < 0,02	0,2
				Cu < 0,05	0,5
				Ni < 0,10	0,5
Pb < 0,20	0,5				
Zn < 0,09	2,0				
2.	Mieszanina III	Oznaczanie zawartości substancji niebezpiecznych w wyciągach wodnych według PN-EN 1744-3	PN 82/C 04570.05	Ba = 0,666	2,0
			PN-EN 1233:2000	Cr < 0,05	0,5
			PN-EN ISO 8288:2002	Cd < 0,02	0,2
				Cu < 0,05	0,5
				Ni < 0,10	0,5
Pb < 0,20	0,5				
Zn < 0,09	2,0				
PN 82/C 04570.05	Ba = 0,563	2,0			

NDW¹⁾ – najwyższa dopuszczalna wartość substancji szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. z 2009 r. Nr 27, poz. 169)

Analizując wyniki badań wymywalności substancji niebezpiecznych z otrzymanego sztucznego kruszywa, stwierdzono brak wymywania metali ciężkich powyżej najwyższych dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń. Oznacza to, że poprzez realizację operacji syntezy termicznej kruszywa lekkiego z mieszanin zawierających odpady po wzbogacaniu mułów węglowych otrzymuje się produkt w pełni bezpieczny dla środowiska naturalnego.

16.1.4. Wyniki badania nasiąkliwości otrzymanych kruszyw sztucznych

Zbadano również nasiąkliwość otrzymywanych spieków według metody określonej w PN-EN 1097-6:2002. Otrzymane rezultaty przedstawia tabela 16.5.

Tabela 16.5

Wyniki badania nasiąkliwości otrzymanych kruszyw sztucznych

Table 16.5

Results of absorptivity test of the obtained artificial aggregates

Lp.	Skład mieszaniny odpadów	Czas rozgrzewania pieca [h]	Temperatura wytwarzania kruszywa [°C]	Nasiąkliwość [%]
1.	Mieszanina II	2,5	1 100	11,51
2.	Mieszanina III	2,5	1 200	16,48

Produkt końcowy – spiek, w którym wszystkie związki nieorganiczne z odpadów są wbudowane w sieć krystaliczną krzemianu ma strukturę porowatą, wynikającą z wypalenia części organicznych z osadów ściekowych i odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych. Wielkość i ilość tych porów, która wpływa na nasiąkliwość otrzymywanego kruszywa sztucznego jest uzależniona nie tylko od ilości wymienionych odpadów w mieszaninie do spiekania, ale także od sposobu ich ujednorodnienia z pozostałymi odpadami.

16.1.5. Wyniki badania właściwości mechanicznych otrzymanych kruszyw sztucznych

Przeprowadzenie badań własności mechanicznych próbek zawężono do wykonania badania wytrzymałości na miazdzenie oraz mrozoodporności. Otrzymane rezultaty badań otrzymanych kruszyw sztucznych przedstawia tabela 16.6.

Tabela 16.6

Wyniki badań mechanicznych i fizycznych właściwości otrzymanych kruszyw sztucznych

Table 16.6

Research results of mechanical and physical properties of the obtained artificial aggregates

Lp.	Skład mieszaniny odpadów	Temperatura wytwarzania kruszywa [°C]	Rodzaj badania	Metoda	Wynik pomiaru
1.	Mieszanina II	1 100	Oznaczenie wytrzymałości na miazdzenie	PN-EN 13055-1:2003 załącznik A	3,0 N/mm ²
2.	Mieszanina III	1 200			3,5 N/mm ²
3.	Mieszanina II	1 100	Mrozoodporność	PN-EN 13055-1:2003 załącznik C	0,5%
4.	Mieszanina III	1 200			0,6%
5.	Mieszanina II	1 100	Gęstość	PN-EN 13055-1:2003 załącznik C	1,89 Mg/m ³
6.	Mieszanina III	1 200			1,88 Mg/m ³

16.1.6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania miały na celu sprawdzenie możliwości otrzymywania sztucznych kruszyw lekkich z zastosowaniem jako surowca energooszczędnego i budulca struktury kruszywa odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych. W badaniach dokonano oszacowania, w jakim zakresie temperatur możliwe jest uzyskanie stabilnych spieków – normowego kruszywa lekkiego.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wynik osiągnięty przy wstępnych próbach laboratoryjnych jest zgodny z założeniami. Kruszywo wyprodukowane z udziałem 25% odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych, 25% odpadów mineralnych oraz osadów ściekowych i odpadów szkła (nieprzydatnego dla hutnictwa szkła) posiada parametry zbliżone do „normowych” keramzytów, natomiast jego wytrzymałość wynosząca około 3,5 MPa jest trzykrotnie wyższa od wytrzymałości aktualnie produkowanych krajowych kruszyw lekkich (keramzyt z Mszczonowa lub Gniewu) natomiast mrozoodporność jest analogiczna jak dla wymienionych kruszyw lekkich.

Dodatek odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych poprawia wytrzymałość mechaniczną wytwarzanego kruszywa lekkiego. Zoptymalizowania wymaga sposób przemysłowej produkcji granulatu i wypalania granulatu. Stosowany obecnie czas rozgrzewania może powodować nadmierne koszty, dlatego celem optymalizacji technologii konieczne jest prowadzenie dalszych prób w skali ćwierćtechnicznej z wykorzystaniem urządzeń pozwalających na prowadzenie ciągłej produkcji kruszywa sztucznego (np. w piecach obrotowych).

Instalacja przemysłowa umożliwi także ocenę wstępnego bilansu energetycznego dla procesu syntezy termicznej kruszyw krzemianowych z zastosowaniem odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych. Pomimo zawartości związków metali ciężkich w osadach ściekowych użytych do termicznej syntezy z odpadami po wzbogacaniu mułów węglowych, nowy produkt – kruszywo lekkie – jest bezpieczny dla środowiska, co jest warunkiem koniecznym dla uzyskania znaku CE (Conformité Européenne) będącego deklaracją producenta, że produkt spełnia wymagania dyrektyw tzw. nowego podejścia Unii Europejskiej, niezależnie od tego, jaki będzie zakres stosowania tego kruszywa.

16.2. Wykorzystanie odpadu po wzbogacaniu mułów węglowych jako wypełniacza przy produkcji mieszanek związanych hydraulicznie

16.2.1. Założenia technologiczne produkcji mieszanek związanych hydraulicznie

Mieszanki związane hydraulicznie są materiałem budowlanym stosowanym w konstrukcjach dróg wszędzie tam, gdzie właściwości fizyko mechaniczne materiału rodzime-

go wymagają poprawy poprzez zastosowanie metod stabilizacji. Mieszanki składają się z trzech podstawowych składników: kruszywa o ciągłym uziarnieniu, spoiwa oraz wody. Wymagania w zakresie składu ziarnowego są zawarte w wymaganiach technicznych (WT-5 2010 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych) stanowiących załącznik Nr 4 do zarządzenia Nr 102 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 listopada 2010 r. w sprawie stosowania wymagań technicznych na drogach krajowych.

Wymagana w kruszywie zawartość frakcji drobnych poniżej 0,063 mm wynosi w zależności od górnej granicy frakcji mieszanki od 11 do 15% (dla wartości granicznej $D = 31,5\text{mm}$ – 11% a dla wartości granicznej $D = 8\text{mm}$ – 15%). Ponieważ odpad po wzbogacaniu mułów węglowych zawiera kilka procent części organicznych (w tym węgla), co nie jest dodatkiem pożądanym, konieczne jest natomiast określenie granicznej procentowej zawartości odpadu w masie kruszywa. W zależności od właściwości mieszanek, w tym głównie wytrzymałości na ściskanie i mrozoodporność, mogą one być zastosowane w warstwie ulepszonego podłoża, w podbudowie pomocniczej i podbudowie zasadniczej. Wstępnym kryterium doboru ilości odpadu jest dopuszczalna zawartość siarki (<2%), siarczanów (<0,2%) oraz substancji niebezpiecznych. Pozostałe kryteria możliwości zastosowania odpadów po wzbogaceniu mułów węglowych dotyczą gotowego wyrobu.

Planowanym do zastosowania spoiwem będzie cement. Jest to materiał drogi, ale dający gwarancje na uzyskanie wyrobu o wymaganej odporności na warunki środowiskowe. Jednocześnie cement może być użyty w mniejszych ilościach niż inne popularne na rynku spoiwa produkowane głównie na bazie materiałów odpadowych. Materiał skalny stanowiący bazę mieszanki zostanie pozyskany również z odpadów. Przewiduje się, że będzie to odpad produkcyjny z zakładu produkcji kruszyw. Celem przeprowadzonych prac badawczych było określenie, ile procent frakcji drobnej w całej masie kruszywa można zastąpić odpadem po wzbogaceniu mułów węglowych w zależności od przeznaczenia mieszanki stabilizowanej hydraulicznie.

16.2.2. Prace doświadczalne w zakresie otrzymywania mieszanek związanych hydraulicznie

Skład mieszaniny trzech składników decyduje o właściwościach mieszanki a w konsekwencji o jej przeznaczeniu. Mieszanki związane hydraulicznie powinny być zaprojektowane analogicznie jak w przypadku mieszanek betonowych. W zależności od przeznaczenia mieszanki powinny charakteryzować się następującymi parametrami:

- podbudowa zasadnicza – klasa wytrzymałości C3/4, 5/6 lub 8/10 w zależności od kategorii drogi oraz dodatkowo mrozoodporność $\geq 0,7$,
- podbudowa pomocnicza – klasa wytrzymałości – C1,5/2, 3/4 lub 5/6 w zależności od kategorii drogi oraz dodatkowo mrozoodporność $\geq 0,6$,
- ulepszone podłoże – klasa C1,5/2 dla wszystkich kategorii drogi.

W ramach przeprowadzonych prac badawczych:

1. Zaprojektowano trzy mieszanki o przewidywanej wytrzymałości:

— Mieszanka I

- kruszywo odpadowe (frakcja 0 – 16 mm) – 74%,
- odpad po wzbogacaniu mułów węglowych – 4%,
- cement – 12%,
- woda – 10%;

— Mieszanka II

- kruszywo odpadowe (frakcja 0 – 16 mm) – 70%,
- odpad po wzbogacaniu mułów węglowych – 8%,
- cement – 10%,
- woda – 12%;

— Mieszanka III

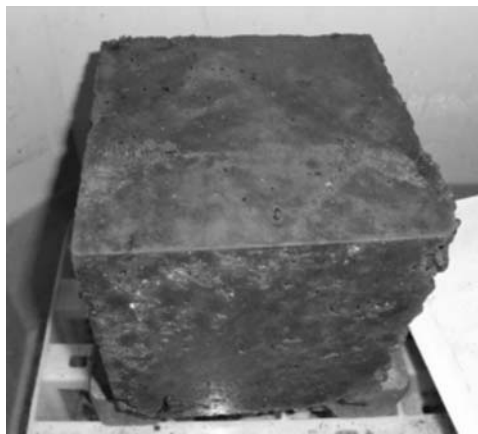
- kruszywo odpadowe (frakcja 0 – 16 mm) – 72%,
- odpad po wzbogacaniu mułów węglowych – 10%,
- cement – 6%,
- woda – 12%.

2. Wykonano mieszanki według powyższych receptur metodami analogicznymi jak w przypadku produkcji mieszanek betonowych.

3. Wykonano próbki sześciennie.

4. Wykonano badania wytrzymałości i odporności na przemarzanie.

Wstępne kryteria wyboru surowca do badań polegały na zastosowaniu takich surowców odpadowych, które spełniają wymagania zawarte w dokumencie WT-5 w zakresie właściwości fizykomechanicznych. W zakresie surowców gruboziarnistych wytypowano materiał pozyskiwany z odpadów z górnictwa skalnego, stanowiący odpad złożowy frakcji 0–8 mm.



Rys. 16.6. Próbką sześcienna w trakcie pielęgnacji w komorze klimatycznej
Źródło: PR 2009

Fig. 16.6. Cubic sample during maintenance in the climatic chamber

Natomiast jako frakcję pylastą zastosowano odpady powstałe po procesie wzbogacania mułów węglowych.

Dla każdej mieszanki zostały wykonane według normy trzy próbki. Formowanie i zagęszczanie próbek odbywało się za pomocą stołu wibracyjnego wg normy PN-EN 13286-50:2007. Uformowane próbki zabezpieczono przed wysychaniem i pozostawiono na 2 dni. Po dwóch dniach próbki sześciennie rozformowano i przeniesiono do komory wilgotnościowej, w której przebywały 14 dni w warunkach o wysokiej 95–100% wilgotności.

Następnie na kolejne 14 dni próbki zostały zanurzone w wodzie, aby doprowadzić do ich pełnego nasycenia wodą. Okres pielęgnacyjny próbek wyniósł zgodnie z normą 28 dni. Po tym czasie próbki zostały poddane badaniom. Dodatkowo zostały wykonane próbki w celu przeprowadzenia badania mrozoodporności. Widok próbki wykonanej z dodatkiem odpadów po wzbogacaniu mułów węglowych przedstawiono na rysunku 16.6.

16.2.3. Wyniki badania właściwości mechanicznych otrzymanych mieszanek

Po okresie pielęgnacji część próbek poddano badaniu wytrzymałości, część cyklem zamrażania i rozmrażania, a następnie ponownemu badaniu wytrzymałości. Wytrzymałość na ściskanie określonej mieszanki oznaczono zgodnie z normą PN-EN 13286-41:2005 po 28 dniach pielęgnacji. Natomiast wskaźnik mrozoodporności określonej mieszanki obliczono jako stosunek wytrzymałości na ściskanie R_c^{z-o} próbki po 28 dniach pielęgnacji i po 14 cyklach zamrażania i odmrażania do wytrzymałości na ściskanie R_c próbki po 28 dniach pielęgnacji. Wyniki badań zamieszczono w tabeli 16.7.

Tabela 16.7

Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie

Table 16.7

Results of compressive strength test

Lp.	Mieszanka	Projektowana wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie R_c^{z-o} [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie R_c [MPa]	Wskaźnik mrozoodporności [%]
1.	I	10,0	7,1	6,2	0,87
2.	II	6,0	4,8	3,1	0,64
3.	III	2,0	0,8	0,5	0,62

R_c^{z-o} – oznacza charakterystyczną wytrzymałość na ściskanie próbek po wymaganym okresie pielęgnacji (28 dni) i 14 cyklach zamrażania i odmrażania,

R_c – oznacza charakterystyczną wytrzymałość na ściskanie próbek po wymaganym okresie pielęgnacji (28 dni).

Analiza wyników wytrzymałości na ściskanie wskazuje, że żadna z mieszanin nie umożliwiła osiągnięcia zaprojektowanej wytrzymałości. Spowodowane to mogło być wysoką wodożądnością odpadu po wzbogacaniu mułów węglowych, co wiązało się z koniecznością dodania większej ilości wody na etapie produkcji. W przypadku ograniczenia ilości wody, poprzez zastosowanie odpowiednich materiałów (nawilżających) możliwe jest osiągnięcie projektowanej wytrzymałości.

Zaobserwowano również, że wskaźnik mrozoodporności dla mieszanki I o wyższej wytrzymałości jest wyższy niż dla pozostałych mieszanek II i III. Było to związane z zastosowaniem w mieszance I najmniejszej ilości odpadu (4%) po wzbogacaniu mułów węglowych.

16.2.4. Podsumowanie

Na podstawie wymagań zawartych w dokumencie WT-5 należy stwierdzić, że:

- mieszanka III nie może być zastosowana nawet w przypadku wbudowania w warstwy ulepszonego podłoża, gdyż nie spełnia wymagań minimalnej wytrzymałości,
- mieszanka II może być zastosowana w warstwie podbudowy pomocniczej dla dróg o natężeniu ruchu klasyfikowanych jako KR3-4 (spełniony jest zarówno warunek wytrzymałości na ściskanie, jak i odporności na warunki środowiskowe, tzn. przemarzanie),
- mieszanka I może być zostać wbudowana w warstwy podbudowy zasadniczej z ograniczeniami jak dla mieszaniny II.

17. Podsumowanie kompleksowego programu gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych

Celem tej części monografii (rozdziały 11–16) było opracowanie założeń kompleksowego programu gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych. Cel ten został osiągnięty poprzez analizę uwarunkowań prawnych w odniesieniu do depozytów mułów węglowych, opracowanie autorskiego systemu oceny oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko oraz wskazanie możliwych kierunków gospodarczego wykorzystania odpadów powstałych po procesach wzbogacania depozytów mułów węglowych.

Przeprowadzona w rozdziale 2 monografii inwentaryzacja *in-situ* wykazała, że w środowisku znajduje się ponad 16,5 mln Mg depozytów mułów węglowych, które wprost lub poprzez zastosowanie odpowiednich technologii wzbogacania mogą stanowić cenny surowiec dla energetyki. Z uwagi na swoje właściwości depozyty mułów węglowych powinny zostać zaliczone do złóż wtórnych (antropogenicznych) węgla kamiennego. Po takim zaklasyfikowaniu mułów węglowych zaistnieje możliwość włączenia ich do bilansu zasobów energetycznych. Warunkiem koniecznym jest jednak przeklasyfikowanie depozytów mułów węglowych ze statusu odpadów do statusu paliwa energetycznego. Z tego też względu w rozdziale 12 monografii przeprowadzono analizę obowiązujących na poziomie Unii Europejskiej i Polski uwarunkowań prawnych w odniesieniu do depozytów mułów węglowych. Analiza ta wykazała, że problematyka depozytów mułów węglowych regulowana jest wielu w ustawach i rozporządzeniach wykonawczych. Do najważniejszych z nich zaliczyć należy dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/21/WWE z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 102/15 z 11.04.2006 r.) wraz z powiązanymi decyzjami, ustawę z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1136) wraz z rozporządzeniami wykonawczymi oraz ustawę z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21, 888, 1238) wraz z stosownymi rozporządzeniami wykonawczymi. Na szczególną uwagę z punktu widzenia gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych zasługują zapisy ujęte w ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21, 888, 1238). W ustawie tej po raz pierwszy w polskim prawodawstwie pojawiły się pojęcia takie jak „uznanie przedmiotu lub substancji za produkt uboczny” i „utrata statusu odpadów”, które powinny posłużyć przedsiębiorcom, w gestii których znajdują się depozyty mułów węglowych do ich przeklasyfikowania i określenia możliwych kierunków gospodarczego wykorzystania.

W zależności od podjętych przez wytwórcę decyzji dotyczących sposobów postępowania z mułami węglowymi mogą być traktowane jako:

- produkt handlowy, który kopalnia sprzedaje jako oddzielny sortyment węglowy,
- półprodukt, który kopalnia dodaje do miałów, tworząc mieszanki energetyczne,
- odpad, który lokowany jest w depozytach ziemnych.

Decyzję o możliwości zbytu mułów węglowych jako pełnowartościowego produktu, komponowaniu mieszanek energetycznych zawierających muły węglowe lub o składowaniu mułów węglowych podejmuje kierownictwo zakładu górniczego w procesie bieżącego zarządzania produkcją.

W przypadku traktowania mułów węglowych jako odpadów istnieje możliwość ich gospodarczego wykorzystania jako:

- produktu energetycznego, posiadającego parametry właściwe do spalania w kotle fluidalnym,
- produktu wykorzystywanego w procesach odzysku prowadzonych poza instalacjami np. w podziemnych technikach górniczych, do zabezpieczenia przed erozją wodną i wietrzną, do rekultywacji biologicznej zamkniętego składowiska,
- produktu wykorzystywanego w procesach odzysku do produkcji kruszywa mineralnego.

Ocena możliwości wykorzystania depozytów mułów węglowych w wymienionych kierunkach wymaga każdorazowo rozpoznania ich właściwości fizykomechanicznych i fizykochemicznych oraz porównania otrzymanych wyników z wymaganiami określonymi w stosowanych rozporządzeniach, normach i wymaganiach technicznych.

Nieczynne depozyty mułów węglowych stanowią obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych. Dla obiektów takich, zgodnie z zapisami ujętymi w ustawie o odpadach wydobywczych, powinna zostać sporządzona tzw. ocena ryzyka środowiskowego.

Wychodząc naprzeciw ustawowemu zapisom, w rozdziale 14 monografii przedstawiono autorską metodykę oraz jednolite kryteria oceny ryzyka oddziaływania depozytów mułów węglowych na poszczególne elementy środowiska.

Na podstawie przeprowadzonej oceny oddziaływania na środowisko zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych stwierdzono, że:

- część z depozytów nie spełnia wymogów formalno-prawnych szczególnie w zakresie pozwolenia na budowę, posiadania decyzji lokalizacyjnej i decyzji zatwierdzającej instrukcję eksploatacji,
- większość depozytów spełnia określone w stosownych rozporządzeniach kryteria lokalizacyjne; kilka z depozytów zlokalizowanych jest na terenie szkód górniczych, kilka w bezpośrednim sąsiedztwie budynków mieszkalnych; dla części depozytów stwierdzono brak badań geologicznych i hydrogeologicznych terenu, na którym są posadowione,
- większość depozytów spełnia określone w stosownych rozporządzeniach kryteria związane z budową, tzn. posiadanie naturalnej bądź sztucznej bariery, zastosowanie izolacji syntetycznej oraz systemu drenażowego,

- niewielka część depozytów spełnia określone w stosownych rozporządzeniach kryteria związane z eksploatacją i wyposażeniem; dotyczy to przede wszystkim: gromadzenia i oczyszczania odcieków, zabezpieczenia przed dostępem osób trzecich oraz posiadania pasa zieleni izolacyjnej,
- tylko niektóre depozyty spełniają określone w stosownych rozporządzeniach kryteria związane z monitoringiem obiektu; zasadniczo stwierdzono brak badań dotyczących wielkości opadów atmosferycznych, stanu zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych, składu wód odciekowych oraz kontroli osiadania powierzchni obiektu i jego stanu termicznego.

Pomimo stwierdzonych niezgodności w zakresie: wymogów formalno-prawnych, lokalizacji, budowy, eksploatacji i wyposażenia oraz monitoringu uznano, że wszystkie zidentyfikowane depozyty mułów węglowych w niskim stopniu oddziałują na poszczególne komponenty środowiskowe, tzn. wody podziemne, wody powierzchniowe, glebę, powietrze oraz obiekty i obszary chronione.

Przedstawione w 7 rozdziale monografii technologie wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych na paliwo dla energetyki zawodowej powodują powstawanie substancji odpadowych. Z tego też względu w rozdziale 16 monografii zaprezentowano również potencjalne kierunki ich gospodarczego wykorzystania wraz z wytycznymi technologicznymi. Przeprowadzone badania wykazały, że istnieje możliwość wykorzystania generowanych substancji odpadowych jako materiału mineralnego przy produkcji kruszyw sztucznych z osadów ściekowych i szkła odpadowego lub jako wypełniacza przy produkcji mieszanek związanych hydraulicznie.

18. Wnioski końcowe z przeprowadzonych badań i analiz

Niniejsza monografia składa się z dwóch części badawczych dotyczących oceny przydatności depozytów mułów węglowych w ich energetycznym wykorzystaniu oraz programu gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych.

W zamierzeniu autora obie części stanowią mają kompleksowe badania zagadnień związanych z problematyką depozytów mułów węglowych. Szczegółowe podsumowania i wnioski wypływające z realizacji poszczególnych części badawczych przedstawiono w rozdziałach 10 i 17.

Celem monografii było przedstawienie na przykładzie 16 obiektów (depozytów), możliwości wykorzystania zdeponowanych w nich mułów węglowych w procesach energetycznych. Otrzymane wyniki badań jakościowych (analiza tlenkowa, analiza zawartości metali i składu chemicznego ekstraktów wodnych, skład granulometryczny i densymetryczny) potwierdziły przydatność depozytów mułów węglowych jako paliwa energetycznego. Przyjmując to stwierdzenie, wykonano następnie próby technologiczne ich wzbogacania (metodą flotacji, metodą wzbogacania strumieniowego z zastosowaniem separatora zwojowego Reicherta typu LD4, metodą wzbogacania z wykorzystaniem hydrocyklonu klasyfikującego i metodą wzbogacania w klasyfikatorze odśrodkowym) oraz przeprowadzono analizę ich potencjału energetycznego, traktując je jako niezbędne do podjęcia decyzji o uruchomieniu procesów inwestycyjnych.

Najlepsze wyniki wzbogacania mułów węglowych uzyskano stosując metodę flotacji. Zanotowane wychody frakcji koncentratów węglowych o wartości opałowej na poziomie około 25 MJ/kg i zawartości popiołu na poziomie 20% wyniosły średnio około 64%. W badaniach metodą flotacji zanotowano również najmniejsze straty potencjału energetycznego i stosunkowo wysoki poziom zawartości popiołu w produktach odpadowych w przedziale 65,8–82,9%, co umożliwi ich gospodarcze wykorzystanie w różnych gałęziach przemysłu.

Następnie w celu oceny możliwości wdrożenia na skalę przemysłową analizowanych metod wzbogacania depozytów mułów węglowych przedstawiono założenia i analizę siedemnastu różnych koncepcji układów technologicznych. Dla każdej koncepcji określono podstawowe wskaźniki ekonomiczne opracowane na podstawie oszacowanych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

Ponadto w monografii dokonano analizy uwarunkowań prawnych, oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko oraz kierunków gospodarczego wykorzystania odpadów powstałych po procesach ich wzbogacania.

Analiza obowiązujących uwarunkowań prawnych pozwoliła na postawienie tezy, że warunkiem koniecznym dla włączenia depozytów mułów węglowych do bilansu paliwowego kraju, jest ich przeklasyfikowanie ze statusu odpadów przeróbczych do statusu paliwa energetycznego.

Z kolei przeprowadzona na podstawie autorskiej metodyki i kryteriów ocena oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko wykazała, że pomimo stwierdzonych niezgodności w zakresie: wymogów formalno-prawnych, lokalizacji, budowy, eksploatacji i wyposażenia oraz monitoringu, wszystkie zidentyfikowane depozyty w niskim stopniu oddziałują na poszczególne komponenty środowiskowe.

Przedstawione w monografii technologie wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych na paliwo dla energetyki zawodowej powodują powstawanie substancji odpadowych. Przeprowadzone badania wykazały, że istnieje możliwość wykorzystania generowanych substancji odpadowych jako materiału mineralnego przy produkcji kruszywa sztucznych lub jako wypełniacza przy produkcji mieszanek związanych hydraulicznie.

Przeprowadzenie powyższych badań i analiz nie byłoby możliwe bez realizacji projektu rozwojowego N R09 0006 06/2009 pt. „Identyfikacja potencjału energetycznego depozytów mułów węglowych w bilansie paliwowym kraju oraz strategia rozwoju technologicznego w zakresie ich wykorzystania”, pozwalającego sfinansować niezbędne prace. Projekt ten obejmujący szersze zagadnienia niż badania i analizy przedstawione w niniejszej monografii, kierowany był merytorycznie przez autora prezentowanej monografii.

Reasumując, należy stwierdzić, że badania i analizy zaprezentowane w niniejszej monografii oraz wyniki realizacji projektu rozwojowego pozwoliły na przedstawienie kompleksowych rozwiązań technologicznych dotyczących możliwości gospodarczego wykorzystania zdeponowanych w środowisku mułów węglowych.

Potwierdziły one postawioną przez autora monografii tezę, że ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne depozyty mułów węglowych powinny zostać zaliczone do złóż wtórnych (antropogenicznych) węgla kamiennego i stać się potencjalnym surowcem mineralnym dla przemysłu energetycznego.

Zaprezentowane wyniki badań mogą stanowić zdaniem autora cenny materiał poznawczy dla podmiotów gospodarczych wytwarzających obecnie muły węglowe, władających terenami, na których zlokalizowane są depozyty mułów węglowych oraz potencjalnych inwestorów, przy podejmowaniu decyzji związanej np. z budową instalacji do odzysku zawartych w nich substancji energetycznych.

Literatura

- Ba i c I., 2010 – Skarby porzucone na hałdach, Miesięcznik Gigawat. info – Energia nr 10, s. 8–11.
- Ba i c I., 2012 – Metod of continuous production pellets based on coal slime from the. filter press. Materiały XVI International Conferences – Ecology and new building materials and products. VUSTAH Telcz, Czech Republic, s. 60–67.
- Ba i c I., 2012 – Depozyty mułów węglowych jako źródło paliwa energetycznego. Infrastruktura Nr 9/2012, s. 70–71.
- Ba i c I., 2013 – Analiza parametrów chemicznych, fizycznych i energetycznych depozytów mułów węglowych zinwentaryzowanych na terenie województwa śląskiego; Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 15, część II, Środkowo-Pomorski Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, ISSN 1506-218X, s. 1511–1524.
- Ba i c I., 2013 – Continuous production of pellets based on coal slime from the filter press-ecological aspect; Materiały Konferencyjne „WASTE RECYCLING XVII”, Kosice, Slovak Republic, s. 28–32.
- Ba i c I., 2013 – Depozyty mułów węglowych na terenie województwa śląskiego – parametry jakościowe. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie Nr 4(224), s. 3–12.
- Ba i c I., B l a s c h k e W., 2010 – Identyfikacja depozytów mułów węglowych i strategia rozwoju technologicznego w zakresie ich gospodarczego wykorzystania. Monografia Paliwa – Bezpieczeństwo – Środowisko. Wyd. ITG KOMAG, Gliwice, s. 111–123.
- Ba i c I., B l a s c h k e W., 2012 – Stawy osadowe wtórnymi złożami węgla kamiennego; Czasopismo Techniczne rok 132 Nr 150–153, Kraków, s. 11–13.
- Ba i c I., B l a s c h k e W., S o b k o W., 2010 – Identification of coal sludge deposits and technological development of strategy in the field of their economic usage, 14th Conference on Environment and Mineral Processing. Wyd. VŠB-TU, Ostrava, s. 101–106.
- Ba i c I., B l a s c h k e W., S o b k o W., 2013 – Identification of coal sludge deposit in the Silesian Province. Materiały XVII International Coal Preparation Congress, Istanbul, s. 127–130.
- Ba i c I., B l a s c h k e W., S z a f a r c z y k J., 2010 – Depozyty mułów węglowych źródłem paliwa energetycznego – informacja o projekcie rozwojowym. Przegląd Górniczy nr 1–2/2010, s. 73–77.
- Ba i c I., B l a s c h k e W., S z a f a r c z y k J., 2010 – Analiza możliwości wykorzystania depozytów mułów węglowych jako pełnowartościowego paliwa energetycznego. Workshop: Výzkum v oblasti odpadů jako háhrady primárních surovinových zdrojů. VŠB-TU Ostrava, s. 215–218.
- Ba i c I., D u s z y c Z., P a l u c h i e w i c z Z., 2009 – Metodyka i kryteria oceny obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych na przykładzie osadników mułów węglowych. Monografia: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska systemy przeróbce surowców mineralnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju, Wyd. ITG KOMAG, Gliwice, s. 73–88.

- Baic I., Duszyk Z., Paluchiewicz Z., 2009 – Extractive waste dumps – evaluation methodology and criteria” Conference Waste and Environment – VSB – Technical University Ostrava, Faculty of Mining and Geology, Institute of Environmental Engineering, Ostrava, s. 89–96.
- Baic I., Hycnar J., Fraś A., Przysaś R., Józefiak T., 2011 – Zastosowanie popiołów fluidalnych do granulowania mułów węglowych. Materiały Konferencyjne „Popioły z energetyki” Wyd. Polska Unia UPS, Zakopane, s. 69–78.
- Baic I., Hycnar J., Fraś A., Przysaś R., Józefiak T., 2012 – Zastosowanie popiołów fluidalnych do granulowania mułów węglowych; Powder & Bulk – Materiały Sypkie i Masowe, Nr 2, s. 51–53.
- Baic I., Hycnar J., Fraś A., Przysaś R., Szymkiewicz A., 2012 – Granulacja mułów węglowych pochodzących spod pras filtracyjnych w systemie produkcji ciągłej. Monografia Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Wyd. ITG KOMAG, Gliwice, s. 275–292.
- Baic I., Hycnar J., Fraś A., Przysaś R., Szymkiewicz A., 2012 – Granulation of coal slime from the filter presses in continuous production system; Mat. Konf. Progressive technologies of exploration, extraction and beneficiation of mineral deposits, and environment protection, Demianowska Dolina, s. 154–162.
- Baic I., Lutyński A., Lutyński M., 2012 – Analiza potencjału energetycznego depozytów mułów węglowych; Czasopismo Techniczne rok 132, Nr 150–153, Kraków, s. 59–63.
- Baic I., Lutyński A., Szafarczyk J., 2012 – Technologie odzysku paliwa węglowego ze stawów osadowych węgla kamiennego; Czasopismo Techniczne rok 132, Nr 150–153, Kraków, s. 14–18.
- Baic I., Sobko W., 2012 – Rejestr depozytów mułów węglowych; Czasopismo Techniczne rok 132, Nr 150–153, Kraków, s. 45–48.
- Baic I., Sobko W., 2012 – System oceny oddziaływania na środowisko depozytów mułów węglowych; Czasopismo Techniczne rok 132, Nr 150–153, Kraków, s. 48–53.
- Baic I., Sobko W., 2012 – Rewitalizacja terenów zdegradowanych po zakończeniu eksploatacji depozytów mułów węglowych; Czasopismo Techniczne rok 132, Nr 150–153, Kraków, s. 68–69.
- Baic I., Sobko W., Łukowska M., 2012 – Inwentaryzacja szacunkowa i in-situ depozytów mułów węglowych. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal t. 15, z. 3, s. 221–229.
- Baic I., Sobko W., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Suponik T., 2013 – Depozyty mułów węglowych – właściwości chemiczne; Materiały szkoleniowe (postery), VII Seminarium Naukowe „Aktualne problemy chemii analitycznej”, Instytut Chemii Uniwersytetu Śląskiego.
- Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., 2012 – Osadniki mułów węglowych – parametry chemiczne, fizyczne i energetyczne, XVI Konferencja „WASTE & RECYCLING”, VSB-TU Ostrava, s. 11–19.
- Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Suponik T., 2012 – Parametry chemiczne depozytów mułów węglowych. Baza danych DMW, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal t. 15, z. 3, s. 231–245.
- Battaglia A., 1963 – Odwadnianie produktów wzbogacania i obiegi wodno-mułowe płuczek. Wyd. I WGH Katowice, Wyd. II WGH Katowice, 277 s.

- Battaglia A., Blaschke J., 1968 – Technika wodno-mułowa zakładów przeróbki mechanicznej węgla. Seminarium SITG. Wyd. JMZPW, z. 373, Mysłowice-Kraków.
- Banaszewski T., Filipowicz A., 1999 – Możliwości wykorzystania nowoczesnych stołów koncentracyjnych do odzyskiwania węgla z mułu odpadowego. Przegląd Górniczy Nr 5, s. 18.
- Białas J., Majka-Myrcha B., Ryncarz A., Kabut A., 1996 – Wielkość produkcji mułów węglowych i ocena kosztów ich wzbogacania. II Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalni. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Górnictwo z. 231. Gliwice-Ustroń, s. 27–36.
- Białas M., Białas J., Lutyński A., Kasztan A., Narloch G., 2001 – Wydzielanie ziarn węglowych z zawiesin odpadowych. VII Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalni. Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management t. 17, z. spec., s. 9–15.
- Blaschke S., 1955 – Technologia i technika przeróbki mechanicznej kopalni użytecznych. Tom II, rozdz. 4, Wyd. WGH Katowice.
- Blaschke S., 1984 – Brykietowanie, grudkowanie. Przeróbka mechaniczna kopalni. Wydawnictwo Śląsk. Katowice.
- Blaschke W., Blaschke S.A., 2004 – Metodyka wyznaczania ceny mułów pochodzących z osadników kopalń węgla kamiennego. Czasopismo Techniczne t. 124, nr 102–107, s. 16–22.
- Blaschke W., 2005 – Określenie wartości mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Zeszyty Naukowe Wydz. Budownictwa i Inżynierii Środowiska. Politechnika Koszalińska, nr 22, s. 345–358.
- Blaschke W., 2011 – Opracowanie metody prognozowania parametrów jakościowych odpadów powstających w wyniku grawitacyjnego wzbogacania energetycznego węgla kamiennego, Praca statutowa Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie, oddz. Katowice.
- Blaschke W., Baic I., Sobko W., Lutyński A., Szpyrka J., 2011 – Analiza ilościowa, jakościowa i potencjału energetycznego depozytów mułów węglowych. Monografia Zrównoważona produkcja i konsumpcja surowców mineralnych. Wyd. IGSMiE PAN, s. 22–32.
- Blaschke W., Baic I., 2012 – Problematyka depozytów mułów węglowych w Polsce. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal t. 15, z. 3, s. 211–219.
- Blaschke W., Baic I., Sobko W., 2012 – Inwentaryzacja funkcjonujących i zamkniętych osadników mułów węglowych; Czasopismo Techniczne rok 132 Nr 150–153, Kraków, s. 29–31.
- Blaschke W., Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Sponik T., 2012 – Deposits of coal sludge – chemical properties. DATABASE (DMW). Mat. Konf. Progressive technologies of exploration, extraction and beneficiation of mineral deposits, and environment protection, Demianovska Dolina, s. 31–41.
- Blaschke W., Blaschke S., 1999 – Technika wzbogacania grawitacyjnego – wzbogacalniki strumieniowe. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków, 239 s.
- Blaschke W., Blaschke Z., 2005 – Preparation of coal slurries deposited in ground settling ponds. Acta Montanistica Slovakia. Vol. 10 special issue 1. Kosice, s. 17–21.
- Blaschke Z., 1972 – Warunki selektywnej flokulacji mułów węglowych. VIII Krakowska Konferencja NT Przeróbki Mechanicznej Kopalni. Kraków, s. 101–116.

- Błaszke Z., Sanak S., 1975 – Wydzielanie frakcji ilastej z mułu węglowego metodą flokulacji selektywnej. *Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo* z. 66, s. 19–30.
- Błaszke Z., 1976 – Beneficiation of Coal Fines by Selective Flocculation. *Proceedings of the 7th International Coal Preparation Congress Paper F2.t.2*. Sydney, Australia, s. 1–16.
- Błaszke Z., 1977 – Wzbogacanie szlamów węglowych metodą flokulacji selektywnej. *Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo* z. 83, s. 109–118.
- Błaszke Z., 1978 – Flokulacja selektywna szlamów węglowych. *Materiały XXVIII Sesji Naukowej AGH, Kraków*, s. 265–272.
- Błaszke Z., 1978 – Optymalne warunki flokulacji olejowej mułów węglowych z KWK Jaworzno. *XII Krakowska Konferencja NT Przeróbki Kopalni*. Kraków, s. 163–167.
- Błaszke Z., 1981 – Wzbogacanie mułów węgla energetycznego metodą aglomeracji olejowej. *XV Krakowska Konferencja NT Przeróbki Kopalni*. Kraków, s. 76–86.
- Błaszke Z., 1981 – Możliwości efektywnego wykorzystania mułów węglowych w energetyce. *II Konferencja Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej*. Wyd. AGH. Kraków, s. 280–299.
- Błaszke Z., 1982 – Wzbogacanie mułów węglowych metodą aglomeracji olejowej. *Budownictwo Węglowe. Projekty Problemy* nr 6, s. 22–25.
- Błaszke Z., 1987 – Wzbogacanie mułów różnych typów węgla kamiennych metodą aglomeracji olejowej. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, z. 19, Wrocław, s. 177–182.
- Błaszke Z., 1990 – Influence the Carbon Content, Kind of Gangue and of Diesel Oil on the Results of Coal Beneficiation by Oil Agglomeration. *Proceedings of the 11th International Coal Preparation Congress*. Tokyo, Japan, s. 257–260.
- Błaszke Z., 1994 – Oil Agglomeration and Selective Flocculation of Coal Slurries. *Proceedings of the 12th International Coal Preparation Congress*, Kraków, s. 483–492.
- Błaszke Z., Sanak-Rydlowska S., 1994 – Wydzielanie frakcji ilastej z mułu węglowego metodą flokulacji selektywnej. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 10, z. 2, s. 305–313.
- Błaszke Z., 1994 – Aglomeracja olejowa i flokulacja selektywna mułów węglowych. *Sympozja i Konferencje CPPGSMiE PAN*, t. 3, nr 11. Kraków–Zakopane, s. 139–153.
- Błaszke Z., 2000 – Ocena skuteczności wzbogacania i odsiarczania mułów węglowych we wzbogalnikach zwojowych. *Inżynieria Mineralna* nr 2, s. 33–36.
- Błaszke Z., 2002 – Wybrane technologie wzbogacania fizykochemicznego materiałów bardzo drobno uziarnionych. *Inżynieria Mineralna* nr S.1(7), s. 145–155.
- Błaszke Z., Błaszke S.A., 2011 – Ocena skuteczności wzbogacania i odsiarczania mułów węglowych we wzbogalnikach zwojowych. *Przegląd Górniczy* nr 7–8, s. 73–78.
- Błaszke Z., Błaszke W., 2000 – Evaluation of the efficiency for coal slime beneficiation and desulfurization in spirals. *Zbornik prednasok I Medzinarodna Konferencja Mineralurgia a environmentalne technologie*. BERG TU Kosice–Herlany, s. 4–9.
- Bolewski A., 1992 – *Encyklopedia Surowców Mineralnych, Tom H–O*, Wyd. CPPGSMiE PAN. Kraków.
- Brzezina R., Sablik J., 1991 – Zastosowanie flokulacji kolumnowej do wzbogacania mułów węglowych. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*. Wrocław, s. 57–65.

- Brzezina R., 1994 – Wzbogacanie mułu węglowego z KWK Jastrzębie w kolumnowej maszynie FLOKOB. XIV Seminarium Flotacja węgla. Wyd. GIG. Katowice–Jastrzębie, s. 19–27.
- Doniecki T., 2011 – Analiza porównawcza mułów węglowych z różnych regionów wydobywczych jako materiału do budowy barier izolacyjnych. Monografia Zrównoważona produkcja i konsumpcja surowców mineralnych. Wyd. IGSMiE PAN, s. 13–21.
- Drogoń W., 1992 – Sekcje flotowania mułu w zakładach wzbogacania i odsiarczania miałów węgla energetycznych. Wiadomości Górnicze 12, s. 270–274.
- Duszyc Z., 2005 – Metodyka i kryteria oceny składowisk odpadów; Praca statutowa IMBiGS o/zamiejscowy, Katowice.
- Dyla P., Małysa E., Siekierka S., 1997 – Wpływ zasolenia na wyniki flotacji mułów węglowych z kopalni Pniówek przy użyciu montanolu. Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management t. 13, z. 4, s. 541–547.
- Dziwok M., Grzesik M., 2004 – Zakład wzbogacania odpadów poflotacyjnych Spółki POLHO. Inżynieria Mineralna nr 2(13), s. 56–59.
- Fečko P., Drobik M., Stahavcova A., 1998 – Flotacja wtórna mułów węgla kamiennego ze stawu osadowego kopalni František OKD SA. IV Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalni. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Górnictwo z. 231. Gliwice–Szczyrk, s. 107–116.
- Filipowicz A., Banaszewski T., 1998 – Odsiarczanie odpadowego mułu węglowego na stole koncentracyjnym nowego typu. IV Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalni. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Górnictwo z. 231. Gliwice–Szczyrk, s. 117–130.
- Gawlik L., 2004 – Klasyfikacja mułów węglowych – interpretacja prawna. Czasopismo Techniczne t. 124, nr 102–107, s. 23–30.
- Gawlik L., 2005 – Prawne aspekty wykorzystania mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach. Zeszyty Naukowe Wydz. Budownictwa i Inżynierii Środowiska. Politechnika Koszalińska, nr 22, s. 377–386.
- Gaudin A.M., 1963 – Flotacja. Wydawnictwo Śląsk. Katowice, 559 s.
- Girczys J., 1996 – Odpadowe muły węglowe – monografia, Prace Naukowe GIG. Katowice.
- Girczys J., 1997 – Muły węglowe jako materiał uszczelniający do celów prewencji pożarowej i rekultywacji. IV Sympozjum Naukowe, Katowice.
- Girczys J., Caban-Pabian B., Pieńkowski W., 1999 – Substytucja gleby na bazie odpadów mułów węglowych i osadów ściekowych. Wiadomości Górnicze nr 9, s. 362–367.
- Górski M., 2003 – Spalanie odpadów i paliwa z odpadów w świetle obowiązujących przepisów polskiego prawa wewnętrznego. Paliwa z odpadów, tom IV, Praca zbiorowa pod redakcją Janusza W. Wandrasza i Krzysztofa Pinkonia. Materiały IV Konferencji Paliwa z odpadów. Wyd. Helion, s. 11–16.
- Grudziński Z., 2005 – Analiza porównawcza jakości mułów węgla kamiennego pochodzących z bieżącej produkcji i zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Materiały VII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej pt. „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska”. Politechnika Koszalińska, s. 671–679.
- Heim A., 2005 – Zagadnienia procesowo-aparaturowe aglomeracji. Materiały IX Ogólnopolskiej Konferencji „Kompleksowe i szczegółowe problem inżynierii środowiska” Politechnika Koszalińska, nr 22, s. 55–76.

- Hlavata M., Cablik V., 2012 – Application of fine tailings from coal preparation in the Ostrava-Karvina district. *Rocznik Ochrona Środowiska*. t. 14. s. 901–913.
- Hycnar J.J., 2002 – Zastosowanie wirówek do separacji minerałów. *Inżynieria Mineralna* nr S.1(7), s. 133–138.
- Hycnar J.J., 2006 – Paleniska fluidalne przykładem racjonalnego rozwiązania problemu odpadów. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 9, z. spec., s. 365–376.
- Hycnar J.J., Bugajczyk M., 2004 – Kierunki racjonalnego zagospodarowania drobnoziarnistych odpadów węglowych. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 7, z. spec., s. 223–232.
- Hycnar J.J., Foltyn R., Olkusiński T., Blaschke S.A., 2005 – Kierunki energetycznego wykorzystania drobnoziarnistych odpadów z wydobycia i wzbogacania węgla kamiennego. *Zeszyty Naukowe Wydz. Budownictwa i Inżynierii Środowiska. Politechnika Koszalińska*, nr 22, s. 639–650.
- Hycnar J., Fraś A., Przysaś R., Józefiak T., Baic I., 2012 – Zastosowanie popiołów fluidalnych do granulowania mułów węglowych. *Polder & Bulk – Materiały Sypkie i Masowe*, Nr 2, s. 51–53.
- Hycnar J., Fraś A., Przysaś R., Józefiak T., Baic I., Szymkiewicz A., 2012 – Application of fluidized bed combustion ashes for enhancement of mining waste management. *Materiały Konferencyjne IV International Scientific and Practical Workshop „Ashes from TPPS – Removal, Transport, Processing, Landfilling”*, Moskwa, s. 182–186.
- Iskra J., Błaszczyszki S., Szulowska K., 1995 – Wzbogacanie flotacyjne mułów węglowych z kopalni Budryk. *I Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalni. Sympozja i Konferencje Centrum PPGSMiE PAN* nr 19. Kraków–Zakopane, s. 235–244.
- Javed A., Padey S., 2003 – Land use/land cover analysis for waste disposal. *GIS@development* (www.gisdevelopment.net).
- Jondro B., Szulowska K., Karoń W., 1983 – Optymalizacja skuteczności odwadniania mułów w warunkach kopalni Zabrze–Bielszowice. *XVII Krakowska Konferencja NT Przeróbki Kopalni*. Kraków–Zakopane, s. 107–116.
- Kintiszeva-Dimitrowa R., Stoew S.M., 1987 – Flokulacja selektywna. *Wydawnictwo Śląsk. Katowice*, 104 s.
- Klassen W.I., 1966 – Flotacja węgla. *Wydawnictwo Śląsk. Katowice*, 303 s.
- Kordek J., Szymańska-Czaja M., 1995 – Rozdział skrajnie drobnych mułów węglowych w cieczach ciężkich z wykorzystaniem wirówki. *I Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalni. Sympozja i Konferencje CPPGSMiE PAN* nr 19. Kraków–Zakopane, s. 281–285.
- Kosmaty J., 2011 – Wałbrzyskie tereny pogórnice po 15 latach od zakończenia eksploatacji węgla. *Górnictwo i Geologia*, t. 6. z. 1, s. 131–148.
- Kuczyńska I., 1978 – Grudkowanie. *Operacje pomocnicze w przeróbce kopalni*. Skrypt AGH nr 647.
- Kuczyńska I., 1980 – Metoda grudkowania bezciśnieniowego jako sposób przygotowania do utylizacji odpadowych mułów węglowych. *XIV Krakowska Konferencja NT Przeróbki Kopalni*. Kraków–Jaszowiec, s. 227–284.
- Kugiel M., Piekło R., 2012 – Kierunki zagospodarowania odpadów wydobywczych w Haldex S.A.. *Górnictwo i Geologia* t. 7, z. 1, s. 133–145.

- Lisoń J., Sówka J., Sówka R., 1975 – Możliwości wzbogacania surowych mułów węglowych w nowym trój-produktowym hydrocyklonie z ośrodkiem wodnym. Międzynarodowe Sympozjum Projektowanie, budowa i eksploatacja zakładów przeróbki mechanicznej węgla. Wyd. SEPARATOR. Katowice.
- Lorenz U., Ozga-Blaschke U., 2005 – Muły węgla kamiennego – produkt energetyczny czy odpad, VII Ogólnopolska Konferencja Naukowa – Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska, Koszalin–Ustronie Morskie, s. 681–692.
- Lorenz U., Ozga-Blaschke U., Grudziński Z., 2004 – Możliwości i ograniczenia wykorzystania mułów węgla kamiennego w energetyce. Czasopismo Techniczne t. 124, nr 102–107, s. 5–15.
- Lutyński A., 2005 – Wydzielanie ziarn węglowych z odpadów drobnodziarnistych. Zeszyty Naukowe Wydz. Budownictwa i Inżynierii Środowiska nr 22, Politechnika Koszalińska, s. 651–657.
- Lutyński A., 2009 – Zagospodarowanie drobnodziarnistych odpadów węglowych. Monografia: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska systemy przerobcze surowców mineralnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju. ITG KOMAG, Gliwice, s. 65–72.
- Lutyński A., Baic I., 2013 – Elementy strategii wykorzystania depozytów mułów węglowych w bilansie paliwowym kraju. KOMEKO 2013 – Innowacyjne i Przyjazne dla Środowiska Techniki i Technologie Przeróbki Surowców Mineralnych – Bezpieczeństwo – Jakość – Efektywność – Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice. s. 35–46.
- Lutyński A., Baic I., Lutyński M., 2012 – Potencjał energetyczny zdeponowanych mułów węglowych. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal t. 15, z. 3, s. 259–271.
- Lutyński A., Baic I., Witkowska-Kita B., 2012 – Analiza jakościowa zinwentaryzowanych osadników mułów węglowych; Czasopismo Techniczne rok 132, Nr 150–153, Kraków, s. 31–44.
- Lutyński A., Lutyński M., 2014 – Assessment of coal slurry deposits energetic potential and possible utilization paths. Physicochemical Problems of Mineral Processing z. 50, t. 1, s. 159–168.
- Lutyński A., Szpyrka J., 2010 – Zagospodarowanie drobnodziarnistych odpadów ze wzbogacania węgla kamiennego. Górnictwo i Geoinżynieria AGH z. 4/1, s. 155–164.
- Lutyński A., Szpyrka J., 2010 – Zagospodarowanie drobnodziarnistych odpadów ze wzbogacania węgla kamiennego. Materiały Międzynarodowej Konferencji „Odpady i Środowisko”, IMBiGS, Kraków, s. 91–102.
- Lutyński A., Szpyrka J., 2011 – Technologie odzysku węgla kamiennego z odpadów poflotacyjnych. Monografia pn.: Innowacyjne technologie zagospodarowania odpadów – projekt WASTETRANS”. IMBiGS. Warszawa, s. 31–36.
- Lutyński A., Szpyrka J., 2011 – Analiza jakości mułów węgla kamiennego zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Górnictwo i Geologia PŚ z. 2, s. 121–129.
- Lutyński A., Szpyrka J., 2012 – Analiza własności fizykochemicznych depozytów mułów węglowych na Górnym Śląsku, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal t. 15, z. 3, s. 273–285.
- Lutyński A., Szpyrka J., Baic I., 2012 – Właściwości fizykochemiczne mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Monografia Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Wyd. ITG KOMAG, Gliwice, s. 259–273.

- Lutyński A., Suponik T., Lutyński M., 2013 – Investigation of coal slurry properties deposited at impoundments. *Physicochemical Problems of Mineral Processing* Vol. 49(1), s. 25–35.
- Majka-Myrcha B., Białas J., 1994 – Sposób ograniczenia górnego wymiaru ziarn w zawiesinach mułowych wzbogacanych metodą flotacji na przykładzie mułów KWK Zofiówka. XI Gliwickie Sympozjum Teorii i Praktyki procesów przerobczych, s. 153–161.
- Majka-Myrcha B., Białas J., 1995 – Sposób ograniczenia górnego wymiaru ziarn w zawiesinach mułowych wzbogacanych metodą flotacji na przykładzie mułów kopalni Zofiówka. *Przegląd Górniczy* nr 7–8, s. 43.
- Majka-Myrcha B., Białas J., Białas M., 1997 – Niektóre aspekty związane z produkcją mułów węglowych i problematyka kosztów ich wzbogacania w górnictwie węgla kamiennego. *Przegląd Górniczy* nr 6, s. 34.
- Manczarski P., Grabowski Z., 2008 – Wytyczne w zakresie wymagań dla procesów rekultywacji, w tym makroniwelacji, prowadzonych przy użyciu odpadów. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, s. 3–16.
- Małyś E., Sanak-Rydlowska S., Siekierka S., 1992 – Flotacja mułów węglowych z kopalni Halemba. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*. Wrocław, s. 33–40.
- Małyś E., Sanak-Rydlowska S., Siekierka S., 1992 – Możliwości wzbogacania flotacyjnego mułów surowych węgla energetycznych. XXIV Konferencja NT Przeróbki Kopalni. *Sympozja i Konferencje Centrum PPGSMiE PAN* nr 3. Kraków–Zakopane, s. 121–134.
- Marciniak-Kowalska J., 1984 – Ocena wpływu różnych flokulantów na zagęszczanie drobnoziarnistych mułów węglowych z KWK Janina. III Gliwickie Sympozjum Teorii i Praktyki Procesów Przerobczych.
- Michalak R., 2003 – Prawne i techniczne aspekty wytwarzania i stosowania paliw z odpadów przemysłowych. Paliwa z odpadów, tom IV, Praca zbiorowa pod redakcją Janusza W. Wandrasza i Krzysztofa Pinkonia. *Materiały IV Konferencji Paliwa z odpadów*. Wyd. Helion, s. 21–28.
- Mielecki T., Romańczyk E., Tobiczek A., 1967 – Sedymentacja zawiesin mułowych sporządzonych z węgla o różnym stopniu uwęglenia. *Fizykochemiczne Problemy Przeróbki Mechanicznej Kopalni*. Gliwice, s. 99–106.
- Nawrocki I., 1975 – Budowa i eksploatacja maszyn do odwadniania produktów wzbogacania. *Skrypt Pol. Śl.* Nr 516. Gliwice.
- Nowak A., Kuczyńska I., 2000 – Studium możliwości gospodarczego wykorzystania odpadów mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach, VI Międzynarodowa Konferencja Przeróbki Kopalni. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Górnictwo* z. 245. Gliwice–Szczyrk, s. 233–242.
- Nowak Z., 1970 – Hydrocyklony w przeróbce mechanicznej kopalni. Wydawnictwo Śląsk. Katowice, 141 s.
- Paluchiewicz Z., Baic I. i in., 2012 – Opracowanie dokumentacji projektowo kosztorysowej zamknięcia i zagospodarowania osadnika nr 6 „Firlusowiec” Zakładu Odsalania „Dębieńsko” Spółka z o.o. w Czerwionce-Leszczyny, IMBiGS, O/Katowice.
- Piecuch T., 1976 – Analityczno-empiryczny model procesu filtracji próżniowej zawiesin mułów węglowych. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl.* Nr 434, seria Górnictwo 65a, Gliwice, 132 s.

- Piecuch T., 1996 – Utylizacja odpadów przemysłowych. Podręcznik Politechniki Koszalińskiej, Wydanie 1, 220 s.
- Piecuch T., 2011 – Technika wodno-mułowa. Urządzenia i Procesy Wyd. WNT. Warszawa, 502 s.
- Pyka I., 2004 – Odilanie mułów węglowych w hydrocyklonach – teoria i praktyka. Przegląd Górniczy nr 12, s. 28–32.
- Pyka I., Aleksa H., Lenartowicz M., 2001 – Wytyczne normatywne a praktyka laboratoryjna analiz gęstościowych mułów węglowych. Przegląd Górniczy nr 7–8, s. 45–52.
- Rama Krishna V., Babu B.V., 2004 – Site selection Criteria for Hazardous Waste Treatment, Storage and Disposal Facility (<http://discovery.bits-pilani.ac.in>).
- Reiser S., Wróbel K., 1989 – Nowe sposoby odwadniania mułów w zakładach przeróbki mechanicznej węgla. VII Gliwickie Sympozjum Teorii i Praktyki Procesów Przerobczych, s. 29–66.
- Romańczyk E., Lasek K., 1976 – Możliwości wzbogacania polskich mułów węglowych metodą flokulacji olejowej. Przegląd Górniczy nr 7–8, s. 339.
- Sablik J., 1988 – Rezultaty technologiczne wzbogacania mułu węgla gazowo-płomiennego metodami aglomeracji sferycznej lub flotacji. Przegląd Górniczy nr 2.
- Sablik J., 1997 – Flotowalność mułów węglowych jako funkcja krytycznej energii powierzchniowej zwilżania węgla. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii. Wrocław, s. 235–240.
- Sablik J., 1998 – Flotacja węgla kamiennych. Monografia. Wyd. GiG. Katowice.
- Sablik J., Bednarska J., Olszówka J., 1977 – Technologiczna analiza warunków wzbogacania metodą flotacji mułów polskich węgla gazowych i energetycznych. Przegląd Górniczy nr 1, s. 22.
- Sablik J., Brzezina R., 1981 – Wzorcowa technologia flotacji mułów węglowych oraz ocena możliwości jej stosowania w zakładach wzbogacających węgle koksowe. Przegląd Górniczy nr 5.
- Sablik J., Brzezina R., 1992 – Aktywność flotacyjna mułów węglowych w warunkach standardowych i technologicznie optymalnych. Przegląd Górniczy nr 4.
- Sablik J., Pawlik J., 1980 – Kondycjonowanie zawiesin mułowych jako istotny czynnik intensyfikujący proces flotacji mułów węglowych. Prace GIG. Komunikat 713.
- Sablik J., Wierzchowski K., 1985 – Ocena flotacji mułów węgla o najmniejszym stopniu zmetamorfizowania jako czynnika zmniejszającego zanieczyszczenie paliw energetycznych. XIX Krakowska Konferencja NT Przeróbki Kopalni. Kraków–Krościenko, s. 5–14.
- Sękowski J., Kobuz J., Pawłaszek G., 1983 – Wzrost efektywności odwadniania mułu w prasach filtracyjnych w zależności od parametrów nadawy. XVII Krakowska Konferencja NT Przeróbki Kopalni. Kraków–Zakopane, s. 125–140.
- Sobko W., 2010 – Muły węglowe jako paliwo energetyczne. Wiedza i Życie, z. 12.
- Sobko W., Baic I., 2011 – Inwentaryzacja i identyfikacja ilościowa depozytów mułów węglowych. Przegląd Górniczy nr 5, s. 32–35.
- Sobko W., Baic I., Blaschke W., Lutyński A., Szpyrka J., 2011 – Inwentaryzacja oraz analiza jakościowa zdeponowanych w środowisku mułów węglowych. Mat. XXV Konf. Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej. Zakopane. Wyd. IGSMiE PAN, s. 141–151.
- Sobko W., Baic I., Blaschke W., 2011 – Depozyty mułów węglowych – inwentaryzacja i identyfikacja ilościowa. Rocznik Ochrona Środowiska t. 13, s. 1405–1415.

- Sówka I., 1967 – Wpływ temperatury na prędkość sedymentacji mułu węglowego. Fizykochemiczne Problemy Przeróbki Mechanicznej Kopalń. Gliwice, s. 55–67.
- Sówka I., Lekki J., Sówka R., 1969 – Badania nad wpływem mieszania na proces flokulacji mułów węglowych. Przegląd Górniczy nr 11.
- Sówka I., Lisoń I., Piecuch T., 1972 – Zbiór zadań z techniki wodno-mułowej. Skrypt Pol. Śl. Nr 345. Gliwice.
- Strzyszczyk Z., Łukasik A., 2008 – Zasady stosowania różnorodnych odpadów do rekultywacji biologicznej terenów przemysłowych na Śląsku, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 24, z. 2/3, s. 41–49.
- Szpyrka J., Lutyński A., 2012 – Możliwości wzbogacania mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach ziemnych. Monografia Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Wyd. ITG KOMAG, s. 245–258.
- Szpyrka J., Lutyński A., 2012 – Badania wzbogacania depozytów mułów węglowych. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 15, z. 3, s. 247–257.
- Szpyrka J., Lutyński M., 2012 – Analysis of selected method of beneficiating coal slurries deposited in impoundments. *Physicochemical Problems of Mineral Processing* Vol. 48(2), s. 579–589.
- Thomas I., Vidlar I., Pawlik R., 2013 – Research Study of Zeta Potential and Wettability of Coal Slurries from Moravian – Silesian Region. *Inżynieria Mineralna* nr 1(31), s. 55–65.
- Tobiczyk A., Ligocka K., 1994 – Flokulowanie zawiesin węglowych. *Przegląd Górniczy* nr 9, s. 18.
- Tramer A., Kuśnierz S., Łaska A., Waliński M., 1994 – Wykorzystanie mułów węglowych do otrzymywania kruszywa budowlanych. XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla, t. 5, Kraków, s. 37–40.
- Waksmundzki A., Białopiotrowicz T., 1978 – Próby zastosowania aglomeracji sferycznej do wzbogacania mułów węgla energetycznych. Seminarium: Mechanizm powstawania pokryć mułowych i ich rola we flotacji. Wyd. Siarkopol. Baranów Sandomierski, s. 127–132.
- Waksmundzki A., Białopiotrowicz T., 1994 – Próby zastosowania aglomeracji sferycznej do wzbogacania mułów węgla energetycznych. Seminarium: Mechanizm powstawania pokryć mułowych i ich rola we flotacji. Wyd. GIG. Katowice–Jastrzębie.
- Wieniewski A., Gramała J., Szczerba E., 1994 – Wykorzystanie hydrocyklonów produkcji ZAM Kęty do klasyfikacji mułów węglowych. XXVI Krakowska Konferencja NT Przeróbki Kopalń. Kraków–Ustroń, s. 277–283.
- Wierzchowski K., Aleksa H., Dyduch F., 2005 – Technologia zagospodarowania mułów węglowych w mieszkach energetycznych. *Wiadomości Górnicze* z. 7–8, s. 369–372.
- Wierzchowski K., Sablik J., 1993 – Energia powierzchniowa ziarn w mułach węgla o różnym stopniu zmetamorfizowania. *Prace Naukowe GIG* nr 775.
- Witkowska-Kita B., Baic I., Lutyński A., Suponik T., 2012 – Identyfikacja depozytów mułów węglowych – własności chemiczne. BAZA DANYCH (DMW). Monografia Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Wyd. ITG KOMAG, Gliwice, s. 231–243.
- Woźniakowski B., Kuczyńska I., 1992 – O ekonomicznych aspektach wykorzystania mułu węglowego do rekultywacji i detoksykacji terenów zdewastowanych przez przemysł. *Wiadomości Górnicze* nr 4, s. 110–112.

Zbraniński O., Karuga S., 1994 – Odzysk węgla z mułów węglowych z wykorzystaniem olejów odpadowych. XI Gliwickie Sympozjum Teorii i Praktyki procesów przerobczych, s. 13–26.

AKTY PRAWNE

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/21/WE z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego oraz zmieniająca Dyrektywę 2004/35/WE (Dz.Urz. UE L 102/15 z 11.04.2006 r.).

Decyzja Komisji z dnia 30 kwietnia 2009 r. uzupełniająca definicję odpadów obojętnych w związku z wykonaniem przepisów art. 22 ust. 1 lit. f) dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 110 z 1.05.2009 r.).

Decyzja Komisji z dnia 30 kwietnia 2009 r. uzupełniająca wymogi techniczne w odniesieniu do charakterystyki odpadów ustanowionej dyrektywą 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 110 z 1.05.2009 r.).

Decyzja Komisji z dnia 20 kwietnia 2009 r. w sprawie definicji klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów zgodnie z załącznikiem III do dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 102 z 22.04.2009 r.).

Decyzja Komisji z dnia 20 kwietnia 2009 r. w sprawie technicznych wskazówek w celu ustanowienia gwarancji finansowej zgodnie z dyrektywą 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 101 z 21.04.2009 r.).

Decyzja Komisji z dnia 29 kwietnia 2009 r. w sprawie harmonizacji, regularnego przekazywania informacji oraz kwestionariusza, o których mowa w art. 22 ust. 1 lit a) oraz art. 18 dyrektywy 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego (Dz.Urz. UE L 110 z 1.05.2009 r.).

Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 5 maja 2010 r. w sprawie całkowitego zakazu wykorzystania technologii wydobywczych z zastosowaniem cyjanku w Unii Europejskiej (Dz.Urz. UE C 81E z 15.03.2011 r.).

Ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1136).

Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r., poz. 21,888, 1238).

Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz.U. z 2007 r., nr 75, poz. 493 z późn. zm.) oraz rozporządzenia wykonawcze do tej ustawy.

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (tekst jednolity Dz.U. z 2013 r. poz. 627, 628, 842).

Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. z 2012 r., poz. 145, 951, 1513; z 2013 r. 21, 165).

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2008 r., nr 25, poz. 150 z późn. zm.).

Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (tekst jednolity Dz.U. z 2013 r., poz. 1205).

- Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2011r., nr 163, poz. 981 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 16 listopada 2012 r. o zmianie ustawy o odpadach wydobywczych oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2012 r. Nr 0, poz. 1513 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 7 września 2007 r. o funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego w latach 2008–2015 (Dz.U. z 2007 r. nr 192, poz. 1379).
- Rozporządzenie ministra środowiska z dnia 15 lipca 2011 r. w sprawie kryteriów zaliczania odpadów wydobywczych do odpadów obojętnych (Dz.U. z 2011 r., Nr 175, poz. 1048).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 kwietnia 2011 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2011 r., Nr 92, poz. 535).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie szczegółowych kryteriów klasyfikacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2011 r., Nr 86, poz. 477).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2013 r. w sprawie charakterystyki odpadów wydobywczych (Dz.U. z 2013 r., poz. 759).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 grudnia 2011 r. w sprawie podziemnych składowisk odpadów (Dz.U. z 2011 r., Nr 298, poz. 1771).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie wzorów druków informacji dotyczącej opłaty za wydobytą kopalinę, podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji oraz podziemne składowanie odpadów (Dz.U. z 2011 r., Nr 282, poz. 1658).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. z 2011 r., Nr 86, poz. 476).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących oddziaływać na środowisko (Dz.U. z 2010 r., Nr 213, poz. 1397).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie rodzajów instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia (Dz.U. z 2010 r., Nr 130, poz. 880).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego – załącznik I (Dz.U. z 2009 r., Nr 27, poz. 169).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz.U. z 2013 r., poz. 523).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. z 2002 r., Nr 165, poz. 1359).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. z 2001 r., Nr 112, poz. 1206).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. z 2002 r. Nr 37, poz. 339 z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. z 2006 r. Nr 49, poz. 356).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza

żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz.U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz.U. z 2009 r. Nr 39, poz. 320 z późn. zm.).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. z 2010 r. Nr 238, poz. 1588).

Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 13 sierpnia 2013 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2014 (M.P. z 2013 r., Nr 0, poz. 729).

Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 7 sierpnia 2013 r. w sprawie stawek opłat na rok 2014 z zakresu przepisów Prawa geologicznego i górniczego (Dz.U. z 2013 r., poz. 721).

Zarządzenie Nr 102 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 listopada 2010 r. w sprawie stosowania wymagań technicznych na drogach krajowych.

NORMY

PN-82/G-97001 Węgiel kamienny. Sortymenty.

PN-82/G-97003 Węgiel kamienny do celów energetycznych.

PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.

PN-EN 13242:2008 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym.

PN-93/G-11010 Górnictwo. Materiały do podsadzki.

PN-G/11011:1988 Górnictwo. Materiały do podsadzki zestalanej i doszczelniania zrobów.

PN-S-6102:1997 Drogi Samochodowe. Podbudowa kruszyw stabilizowanych mechanicznie.

PN-S-2205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.

PN-EN 13883-1:2003 Kamień do robot hydrotechnicznych. Cz. 1. Wymagania.

PN-N 12620:2004 Kruszywa do betonu.

PN-EN 13242:2008+A1:2010 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym.

PN-EN 13043:2004 Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu.

PN-EN 13450:2004 Kruszywa na podsypkę kolejową.

PN-EN 13383-1:2003 Kamień do robót hydrotechnicznych. Cz. 1.

PN-B-11112:1996 Kruszywa mineralne. Kruszywa łamane do nawierzchni drogowych.

PN-B-23003:1996 Kruszywa mineralne. Łupkoporyt ze zwałów.

WT-5 2010 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych.

PN-EN 13286-50:2007 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 50: Metoda sporządzania próbek związanych hydraulicznie za pomocą aparatu Proctora lub zagęszczania na stole wibracyjnym.

PN-EN 13286-41:2005 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 41: Metoda oznaczania wytrzymałości na ściskanie mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym.

SKRÓTY

EFOTG	Assessing the Risk of Groundwater Contamination from Hazardous Waste Management – http://efotg.nrcs.usda.gov
EPA 2004	The Hazard Ranking System (HRS) – http://www.epa.gov
GIG 2004	Metoda inwentaryzacji stanu terenów przemysłowych dla określenia ich przydatności inwestycyjnej z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi wsparcia informatycznego; GIG, Katowice 2004
GUS 2013	Mały Rocznik Statystyczny Polski 2013, Warszawa
GUS 2012	Ochrona Środowiska 2012, Warszawa
IMBiGS 2010	Patent P-384611 Sposób otrzymywania kruszywa lekkiego z odpadów komunalnych i przemysłowych
PR 2009	Projekt rozwojowy Nr N R09 006 06/2009 pn. „Identyfikacja potencjału energetycznego depozytów mułów węglowych w bilansie paliwowym kraju oraz strategia rozwoju technologicznego w zakresie ich wykorzystania, IMBiGS, Warszawa
PSL2 2010	Sprawozdanie z pracy NB-208/RG-5/09/2 wykonanej w ramach projektu Nr N R09 006 06/2009. Politechnika Śląska, Gliwice, 2010
PSL5/2 2010	Sprawozdanie z pracy NB-208/RG-5/09/5.2 wykonanej w ramach projektu Nr N R09 006 06/2009. Politechnika Śląska, Gliwice, 2010
PSL5/3 2011	Sprawozdanie z pracy NB-208/RG-5/5.3 wykonanej w ramach projektu Nr N R09 006 06/2009. Politechnika Śląska, Gliwice, 2011
PSL5/4 2011	Sprawozdanie z pracy NB-208/RG-5/09/5.4 wykonanej w ramach projektu Nr N R09 006 06/2009. Politechnika Śląska, Gliwice, 2011
SPW 1945-1989	Statystyka Przemysłu Węglowego za lata 1945–1989, Praca zbiorowa pod redakcją Państwowej Agencji Węgla Kamiennego SA

Analiza wielokierunkowego wykorzystania depozytów mułów węglowych wraz z oceną ich oddziaływania na środowisko

Streszczenie

W monografii omówiono w sposób kompleksowy na przykładzie 16 zinwentaryzowanych depozytów zagadnienia związane z przydatnością mułów węglowych do energetycznego i gospodarczego wykorzystania. Przedstawiono również, jak ważne z punktu widzenia efektywności ekonomicznej i środowiskowej jest wykorzystanie tych antropogenicznych złóż węgla kamiennego oraz terenów, które zostaną odzyskane w wyniku ich eksploatacji. Monografia złożona jest, oprócz wprowadzenia i wniosków końcowych, z dwóch części badawczych dotyczących oceny przydatności depozytów mułów węglowych w ich energetycznym wykorzystaniu oraz programu gospodarczego wykorzystania depozytów mułów węglowych. Składa się łącznie z 16 rozdziałów.

W pierwszych trzech rozdziałach stanowiących wprowadzenie do problematyki depozytów mułów węglowych przedstawiono w sposób uproszczony przebieg procesu technologicznego ich wytwarzania oraz zaprezentowano wyniki przeprowadzonej inwentaryzacji ilościowej. Efektem przeprowadzonej inwentaryzacji było zlokalizowanie 62 depozytów, w których zdeponowanych zostało prawie 16,5 mln Mg mułów węglowych. Z uwagi na fakt, że część terenów, na których deponowane były muły węglowe, uległa przeobrażeniom antropogenicznym opracowano formułę matematyczną umożliwiającą określenie z zakładaną dokładnością ilości wytwarzanych i zdeponowanych w środowisku mułów węglowych. Przeprowadzona analiza szacunkowa, przy wykorzystaniu tej formuły wykazała, że w środowisku od 1945 roku zdeponowanych zostało blisko 120 mln Mg mułów węglowych, czyli ośmiokrotnie więcej niż zostało zinwentaryzowane z natury i wykazywane jest obecnie w oficjalnych statystykach.

W rozdziale piątym z uwagi na fakt, że zagadnienia przeróbki i wzbogacania mułów węglowych były przedmiotem wielu badań od kilkudziesięciu lat przedstawiono stan badań nad przeróbką, wzbogacaniem i gospodarczym wykorzystaniem mułów węglowych, kładąc szczególnie nacisk na prace dotyczące ich gospodarczego wykorzystania.

W celu opracowania najbardziej efektywnych ekonomicznie technologii wzbogacania zinwentaryzowanych depozytów mułów węglowych przeprowadzono następnie szczegółowe badania jakościowe. Wykonano je na podstawie autorskiej metodyki badawczej, w której

określono zakres niezbędnych do oznaczenia parametrów fizycznych i chemicznych dla poszczególnych próbek mułów węglowych. Wyniki i analizę przeprowadzonych badań jakościowych, na które składały się analiza tlenkowa, analiza zawartości metali i składu chemicznego ekstraktów wodnych oraz analiza składu granulometrycznego i densymetrycznego dla poszczególnych zidentyfikowanych depozytów przedstawiono w rozdziale szóstym. Otrzymane wyniki badań wskazują na znaczne zróżnicowanie jakości mułów węglowych zdeponowanych w poszczególnych depozytach. Powodem tego jest zróżnicowanie typów technologicznych węgla pochodzących z poszczególnych kopalń, które wykorzystywały te depozyty oraz sprawności rozwiązań technologicznych w zakresie procesów wzbogacania stosowanych przez poszczególne kopalnie.

Z tego też względu konieczne było indywidualne podejście do opracowania technologii ich wzbogacania w celu uzyskania pełnowartościowego paliwa, spełniającego warunki stawiane przez sektor energetyczny. Mając to na uwadze, w rozdziale siódmym monografii zaprezentowano wyniki wzbogacania zinventaryzowanych depozytów mułów węglowych metodami flotacji, wzbogacania strumieniowego i odśrodkowego.

Najlepsze wyniki wzbogacania mułów węglowych uzyskano stosując metodę flotacji. Zanotowane wychody frakcji koncentratów węglowych o wartości opałowej na poziomie około 25 MJ/kg i zawartości popiołu na poziomie 20% wyniosły średnio około 64%. W badaniach metodą flotacji zanotowano również stosunkowo wysoki poziom zawartości popiołu w produktach odpadowych w przedziale 65,8–82,9%, co umożliwi ich gospodarce wykorzystanie w różnych gałęziach przemysłu.

W celu oceny możliwości wdrożenia na skalę przemysłową analizowanych metod wzbogacania depozytów mułów węglowych w rozdziale ósmym monografii przedstawiono założenia i analizę siedemnastu różnych koncepcji układów technologicznych. Dla każdej koncepcji określono podstawowe wskaźniki ekonomiczne opracowane na podstawie oszacowanych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

W dziewiątym rozdziale monografii zaprezentowano wyniki analizy potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych przed i po procesie wzbogacania. Oszacowania potencjału energetycznego dokonano wykorzystując autorski dwuwariantowy algorytm. Zaprezentowane wyniki badań z wzbogacania mułów węglowych i analiza ich potencjału energetycznego wykazały, że w wyniku wzbogacania znaczna ilość tego potencjału jest tracona. Jest to wynik przechodzenia najdrobniejszych ziarn węglowych do odpadów. Najkorzystniejsze rezultaty, tzn. najmniejsze straty potencjału energetycznego, zgodnie z wynikami wzbogacania prezentowanymi w rozdziale siódmym, uzyskano w przypadku metody flotacji.

Przeprowadzone badania upoważniają do stwierdzenia, że istnieje możliwość wzbogacania mułów węglowych zdeponowanych w depozytach. Należy liczyć się jednak ze znacznymi stratami potencjału energetycznego tych materiałów.

Ponadto w monografii dokonano analizy uwarunkowań prawnych, oddziaływania depozytów mułów węglowych na środowisko oraz kierunków gospodarczego wykorzystania odpadów powstałych po procesach ich wzbogacania.

Z uwagi na swoje właściwości depozyty mułów węglowych powinny zostać zaliczone do złóż wtórnych (antropogenicznych) węgla kamiennego. Z tego też względu w rozdziale dwunastym monografii przeprowadzono analizę obowiązujących na poziomie Unii Europejskiej i Polski uwarunkowań prawnych w odniesieniu do depozytów mułów węglowych. Nieczynne depozyty mułów węglowych stanowią obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych. Dla obiektów takich, zgodnie z zapisami ujętymi w ustawie o odpadach wydobywczych, powinna zostać sporządzona tzw. ocena ryzyka środowiskowego. Wychoząc naprzeciw ustawowym zapisom, w czternastym rozdziale monografii przedstawiono autorską metodykę oraz jednolite kryteria oceny depozytów mułów węglowych pod kątem ryzyka wynikającego z ich oddziaływania na poszczególne elementy środowiska, a w rozdziale piętnastym zaprezentowano wyniki przeprowadzonej oceny. Pomimo stwierdzonych niezgodności w zakresie: wymogów formalno-prawnych, lokalizacji, budowy, eksploatacji i wyposażenia oraz monitoringu uznano, że wszystkie zidentyfikowane depozyty mułów węglowych w niskim stopniu oddziałują na poszczególne komponenty środowiskowe.

Przedstawione w siódmym rozdziale monografii technologie wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych na paliwo dla energetyki zawodowej powodują powstawanie substancji odpadowych. Z tego też względu w rozdziale szesnastym monografii zaprezentowano potencjalne kierunki ich gospodarczego wykorzystania wraz z wytycznymi technologicznymi. Przeprowadzone badania wykazały, że istnieje możliwość wykorzystania generowanych substancji odpadowych jako materiału mineralnego przy produkcji kruszyw sztucznych lub jako wypełniacza przy produkcji mieszanek związanych hydraulicznie.

Szczegółowe podsumowania i wnioski wypływające z realizacji poszczególnych części badawczych przedstawiono w rozdziałach dziesiątym i siedemnastym. Całość pracy zakończono wnioskami końcowymi, które stanowią syntetyczne podsumowanie badań i analiz przedstawionych w monografii.

Analysis of multisite use of coal slurry deposits together with their environmental impact assessment

Abstract

The monograph describes in a comprehensive manner, on the basis of 16 inventoried sites, issues related to the suitability of coal slurry deposits for the energetic and economic application. It has also been presented how important it is – from the economical and environmental efficiency's point of view – utilization of these anthropogenic coal slurry deposits and territories that will be recovered as a result of their exploitation. Monograph is composed – in addition to the introduction and final conclusions – of two research parts concerning assessment of the suitability of coal slurry deposits for their energy application and program of coal slurry deposits economic application. The monograph consist of 16 chapters.

In the first three chapters, constituting an introduction to the problematic aspects of coal slurry deposits, a technological process flow of their production has been presented in a simplified manner, as well as the results of conducted quantitative inventory. The effect of this inventory was localization of 62 coal slurry deposits in which almost 16,5 mln Mg of coal slurry was stored. Due to the fact that part of the sites, on which coal slurry was stored, were subject to anthropogenic transformation a mathematical formula was developed that allows to determine with the assumed accuracy the amounts of coal slurry produced and environmentally stored. The conducted estimated analysis, using this formula, showed since 1945 there has been nearly 120 mln Mg of coal slurry stored in the environment, that is 8 times more than it was inventoried and what is currently recognized in official statistics.

In the fifth chapter, due to the fact that issues of preparation and beneficiation of coal slurry was the subject of many tests for decades, the state of research on preparation and beneficiation of coal slurry is presented with particular emphasis on the works concerning its economic application.

In order to develop the most cost-effective beneficiation technology of inventoried coal slurry deposits a detailed qualitative studies were conducted afterwards. They were carried out on the basis of an authorial research methodology which defines the scope of necessary physical and chemical parameters that must be determined for the particular samples of coal slurry. Results and analysis of conducted qualitative studies, that included the oxide analysis, the analysis of metals content and chemical composition of the aqueous extracts, as well as

the sieving and float-and-sink test for each identified coal slurry deposits are presented in chapter six.

The obtained results show significant diversification in the quality of coal slimes stored in the particular settling ponds. The reason for this is the diversification of types of technological coal that come from the particular coal mines that used these settling ponds, as well as the efficiency of the technological solutions in terms of beneficiation processes applied by the particular coal mines.

For this reason, there was an individual approach necessary to develop a technologies of their beneficiation in order to obtain a full value fuel that meets the requirements set by the power sector. Bearing the above in mind, the results of beneficiation of inventoried coal slurry deposits using flotation technology, spiral separators and centrifugal classifiers are presented in the seventh chapter of monograph.

The best results of coal slurry beneficiation were obtained using the flotation technology. Noted yields of coal concentrates fraction with a calorific value of approximately 25 MJ/kg and ash content of 20% amounted to the approximately 64%. In the tests which used flotation technology, a relatively high level of ash content in the refuse products was observed, ranging from 65,8 to 82,9 % was also observed which will enable for their economic use in various industries.

In order to assess the feasibility of implementation of the analyzed beneficiation processes of coal slurry deposits on an industrial scale, the eighth chapter of the monograph presents the assumptions and analysis of seventeen different concepts of technological systems. For each concept the cost indicators, developed on the basis of estimated investment and operating costs, were determined.

In the ninth chapter of the monograph the results of analysis of energetic potential of identified coal slurry deposits before and after the beneficiation process are presented. Estimation of energetic potential was made using the authorial double-option algorithm. The presented results of coal slurry beneficiation studies and the analysis of their energetic potential have shown that as a result of beneficiation a significant amount of this potential is lost. This is the effect of movement of the finest grain of coal grains to refuse. The most favourable results, meaning the smallest losses of energetic potential according to the beneficiation results presented in chapter seven, were obtained using flotation technology.

The conducted tests enable one to conclude that there is a possibility of beneficiation of coal slurry stored in the deposits. However, considerable losses of energetic potential of these materials should be expected.

Furthermore, in the monograph carries out analysis of legal conditions, environmental impact and directions of utilization of refuse produced in the beneficiation processes of coal slurry deposits.

Due to its properties the coal slurry should be classified as secondary (anthropogenic) deposits of hard coal. For this reason, in chapter twelve of the monograph the analysis of the existing European Union and Polish legal requirements concerning coal slurry deposits has been conducted.

Dormant coal slurry deposits are the sites of mining waste neutralization. For such areas, according to the provisions laid out by the mining waste Act, so-called “environmental risk assessment” should be conducted. In order to meet the legal provisions, the fourteenth chapter presents the authorial methodology of unified assessment criteria of coal slurry deposits in terms of risk arising from their operation and their impact, on the particular environmental elements. Chapter fifteenth presents the results of the conducted assessment. In spite of the identified incompatibilities in the area of: formal and legal requirements, location, construction, operation and monitoring equipment, it was concluded that all identified coal slurry deposits have a small impact on particular environmental elements.

Presented in the seventh chapter of the monograph the beneficiation technologies of accumulated coal slurry for power industry, cause generation of refuse substance. Due to this, in chapter sixteenth of the monograph the potential directions of their economical application are presented along with technological guidelines. The conducted studies have shown that there is a possibility of application of the generated refuse substance as a mineral material for artificial aggregates production or as a filler for hydraulically bound mixtures production.

Detailed summary and conclusions of the individual parts of the research presented in tenth chapter and seventeenth chapters.

The whole thesis ends with the final conclusions that are the synthetic summary of studies and analysis presented in the monograph.