

## **WYBRANE PROBLEMY LOGISTYKI ODPADÓW DROBNOZIARNISTYCH STOSOWANYCH W PODZIEMNYCH TECHNOLOGIACH GÓRNICZYCH**

### **7.1 WPROWADZENIE**

Obowiązek unieszkodliwiania lub odzysku odpadów energetycznych wynika z ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach oraz z ustawy z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych. W celu zredukowania ilości składowanych odpadów drobnoziarnistych na składowiskach podejmowane są działania mające na celu ich odzysk. Zarówno uboczne produkty spalania, a przede wszystkim popioły lotne, jak i odpady pochodzące z flotacji znajdują swoje zastosowanie w podziemnych technologiach górniczych. Jednak organizacja dostaw tych materiałów od źródeł ich powstawania aż do miejsc ich zagospodarowania w zakładach górniczych jest złożonym procesem, podczas którego powstaje wiele problemów podłoża technicznego i organizacyjnego. Problemy te są związane głównie z małą retencją zbiorników popiołów lotnych, wyborem odpowiedniej gałęzi oraz środka transportu, jak również sposób ich załadunku i rozładunku. Bardzo istotną kwestią są także zagadnienia związane z ograniczaniem pylenia ubocznych produktów spalania zarówno w trakcie ich transportu, jak i podczas prac przeładunkowych. Innym problemem wymagającym odpowiednich rozwiązań technicznych i organizacyjnych jest sam proces wytwarzania mieszaniny doszczelniającej i jej dostarczania w miejsce zastosowania.

### **7.2 ODPADY DROBNOZIARNISTE DOPUSZCZONE DO STOSOWANIA W PODZIEMNYCH TECHNOLOGIACH GÓRNICZYCH**

Ze względu na zanikanie w Polsce technologii eksploatacji pokładów węgla z wykorzystaniem podsadzki w zakładach górniczych obecnie stosuje się głównie odpady drobnoziarniste, służące przede wszystkim do doszczelniania zrobów zawałowych [20]. Wysokie opłaty za umieszczenie odpadów na składowiskach wynoszące do kilkunastu złotych za Mg zmuszają przedsiębiorstwa energetyczne, kopalnie oraz innych wytwórców do odzysku powstających odpadów [13]. Gromadzenie odpadów drobnoziarnistych na powierzchni ziemi negatywnie oddziałuje na środowisko poprzez zmiany krajobrazu, zanieczyszczenie wód gruntowych oraz lokalne zapylenie okolic składowisk. Masowe poddanie odpadów odzyskowi w podziemnych zakładach górniczych pozwala na wykorzystanie ich na potrzeby eksploatacji, zabezpieczenia i likwidacji wyrobisk oraz

uniknięcie problemów związanych ze składowaniem na powierzchni.

Dopuszczonymi do stosowania w podziemnych technikach górniczych są w szczególności odpady należące do grupy 01, 10, 12, 17, 19 pod warunkiem prowadzenia tej działalności z uwzględnieniem właściwości odpadów oraz warunków lokalnych, tak aby ich użycie nie powodowało pogorszenia jakości wód podziemnych [12]. Obecnie aż około 85% masy lokowanych odpadów pod ziemią kopalń stanowią popioły lotne oraz mieszaniny popiołów lotnych i odpadów z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych. Aktualnie kopalnie węgla zagospodarowują około 4mln Mg odpadów tego typu rocznie oraz 0,5mln Mg odpadów flotacyjnych [2]. Sporadycznie stosowane mogą być inne odpady drobnoziarniste, takie jak np. odpady z cementowni. Warto podkreślić, że zastosowanie pełnowartościowych materiałów budowlanych w podziemnych technologiach górniczych na masową skalę jest nieuzasadnione ekonomicznie. Do głównych kierunków zagospodarowania odpadów drobnoziarnistych w podziemnych technologiach górniczych zalicza się w szczególności:

- doszczelnienie zrobów zawałowych,
- podsadzka samozestalająca,
- wypełnienie zbędnych wyrobisk korytarzowych,
- wypełnienie starych płytkich pustek w górotworze,
- wykonanie pasów i korków podsadzkowych,
- profilaktykę przeciwpożarową i gaszenie pożarów [2].

### 7.2.1 Uboczne produkty spalania

Szerokie wykorzystanie węgla kamiennego i brunatnego w polskiej gospodarce wiąże się z wytwarzaniem znaczących ilości ubocznych produktów spalania, których masa w skali kraju wyniosła w 2012 roku około 21 mln Mg, z czego 4,6 mln Mg stanowiły popioły lotne z węgla (odzysk 84%), a mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych 3,8 mln Mg (odzysk 99,9%) [5]. Międzynarodowe zobowiązania dotyczące ochrony środowiska zmuszają polski przemysł energetyczny i ciepłowniczy do stosowania technologii oczyszczania gazów spalinowych, co jest powodem wychwytywania znaczących ilości popiołów lotnych. Uboczne produkty spalania (tabela 7.1), charakteryzują się zróżnicowanym składem chemicznym, zależnym przede wszystkim od wykorzystywanego przez zakład paliwa i stosowaną technologią oczyszczania spalin [9].

**Tabela 7.1 Uboczne produkty spalania dopuszczone do stosowania w technologiach górniczych**

10 01 01	Żużle, popioły paleniskowe (z wyłączeniem pyłów z kotłów z paliw płynnych)
10 01 02	Popioły lotne z węgla
10 01 05	Stale odpady z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych Tr
10 01 24	Piaski ze złóż fluidalnych (z wyłączeniem 10 01 82)
10 01 80	Mieszanki popiołowo – żużlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych Tr
10 01 82	Mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych (metody suche i półsuche odsiarczania spalin oraz spalanie w złożu fluidalnym)

Zródło: [14]

Obecnie ponad 70% odpadów poddawanych odzyskowi w podziemnych zakładach

górnicych stanowi mieszaninę doszczelniającą, której użycie zapobiega gromadzeniu się metanu w zrobach oraz redukuje ryzyko powstania pożaru na skutek migracji powietrza.

Gruboziarniste uboczne produkty spalania praktycznie nie są stosowane ze względu na odejście od technologii podsadzania wyrobisk ścianowych. Uziarnienie nie pozwala na zastosowanie do doszczelniania zrobów ze względu na brak możliwości wnikięcia w powstałe szczeliny [2].

## **7.2.2 Odpady z flotacyjnego wzbogacania węgla**

Flotacja jest procesem wzbogacania mułów węglowych polegającym na wykorzystaniu różnic własności powierzchniowych minerałów. Odpady z flotacyjnego wzbogacania węgla zawierające inne substancje niż niebezpieczne (01 04 81) cechują się bardzo drobnym uziarnieniem, wynoszącym zazwyczaj poniżej 0,5 mm. Zawartość substancji węglowej może sięgać w nich nawet kilkudziesięciu procent, co często wyklucza ich zastosowanie w budownictwie. Zawartość siarki w odpadach flotacyjnych zwykle przekracza 1%. W Polsce procesom flotacji poddaje się węgiel koksujący, natomiast energetyczny jedynie w niektórych zakładach górniczych. Flotowany materiał pochodzi głównie z procesów odwadniania produktów płuczek ziarnowych oraz [7]. Odpady flotacyjne nie posiadają własności wiążących, jednak ich uziarnienie pozwala na lokowanie w zrobach zawałowych. Rocznie w Polsce powstaje 1,4 mln Mg odpadów flotacyjnych [4].

## **7.3 LOGISTYKA ODPADÓW DROBNOZIARNISTYCH**

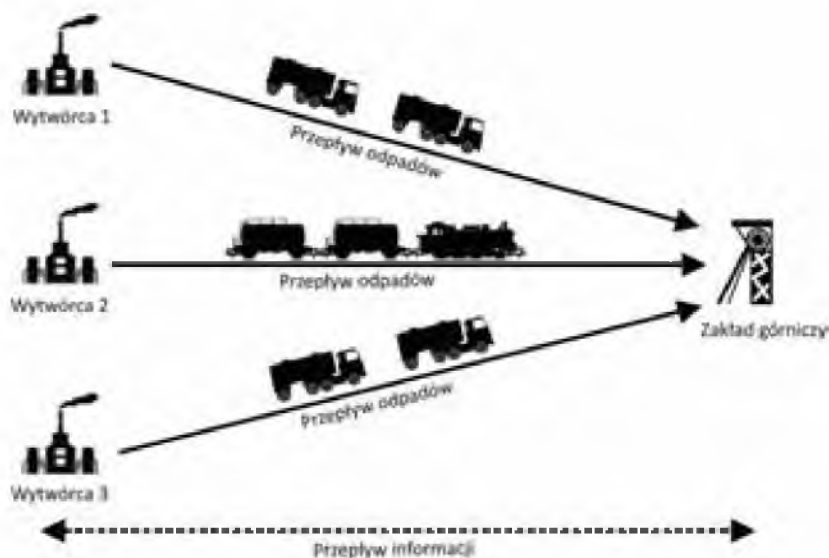
### **7.3.1 Transport i magazynowanie ubocznych produktów spalania**

Uboczne produkty spalania węgla, a przede wszystkim popioły lotne z węgla (10 01 02) oraz mieszaniny popiołów lotnych i odpadów z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych (10 01 82), są pozyskiwane i dostarczane od przedsiębiorstw energetyki i ciepłownictwa. Na drodze pomiędzy wytwórcą a zakładem górniczym pojawia się mnóstwo wyzwań dla logistyki, szczególnie w obszarze transportu magazynowania wspomnianych odpadów. Ze względu na małą retencję zbiorników odpady ze spalania muszą znaleźć swoich odbiorców, ponieważ nie ma możliwości ich długiego magazynowania. Jest to szczególnie istotne w okresie grzewczym kiedy takich odpadów jest znacznie więcej. Kopalnie węgla kamiennego są obok cementowni, największym odbiorcą tych odpadów i wykorzystują je w wielu podziemnych technologiach górniczych.

Organizacja dostaw ubocznych produktów spalania stanowi złożony system logistyczny. Najogólniej system logistyczny w literaturze definiowany jest jako „celowo zorganizowany i zintegrowany w obrębie danego układu przepływ surowców, materiałów i wyrobów gotowych od miejsca nadania do miejsca odbioru wraz z towarzyszącą temu przepływowi informacją” [6]. Budowę takiego systemu pomiędzy wytwórcą a zakładem górniczym prezentuje rysunek 7.1.

Powstające w procesie spalania węgla popioły lotne unoszą się wraz ze spalinami z komory paleniskowej, dlatego też w zakładach energetycznych i ciepłowniczych stosuje się elektrofiltry, których zadaniem jest wyłapywanie powstałych pyłów. Dzięki elektrofiltrom popioły są wydzielane i trafiają do lejów popiołowych, skąd są transportowane do miejsc składowania. Czynniki wpływającymi na wybór rodzaju transportu są ilość oraz właściwości transportowanego popiołu. Dodatkowym aspektem, który należy brać pod uwagę

jest odległość od miejsc magazynowania oraz czynniki ekonomiczne [3].



**Rys. 7.1 System logistyczny pomiędzy wytwórcą odpadów a zakładem górniczym**

Źródło: opracowanie własne

Możliwymi do zastosowania są:

- transport grawitacyjny,
- transport pneumatyczny,

Systemy transportu grawitacyjnego odpadów drobnoziarnistych służą do pionowego lub skośnego przemieszczania odpadów drobnoziarnistych pod własnym ciężarem do miejsc magazynowania. Z kolei transport pneumatyczny polega na wprowadzeniu w ruch popiołów lotnych przez ruch cząsteczek powietrza w rurociągu. Ruch powietrza powstaje w wyniku różnicy ciśnień pomiędzy początkiem transportu a jego końcem [3].

W przypadku transportu pyłów na krótkie odległości (do 100 m) mogą być stosowane instalacje transportu pneumatycznego niskociśnieniowego zasilane dmuchawami, natomiast jeśli odległość do miejsca magazynowania jest dłuższa (do 1000 m) można zastosować instalację do transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego, który zasilany jest sprężarkami [18]. Jednym z bardziej rozpowszechnionych rozwiązań jest transport pneumatyczny metodą MTTs (Multi-Turboflow-Transport-System) pozwalający transportować popioły nawet na odległość do 1200 m [19].

Gospodarowanie ubocznymi produktami spalania byłoby bardzo trudne bez odpowiedniego systemu magazynowania, który ma miejsce w dwóch punktach w łańcuchu dostaw:

- na terenie zakładu energetycznego/ciepłowniczego,
- na terenie zakładu górniczego.

Ze względu na wymogi ochrony środowiska magazynowanie popiołów lotnych nie może odbywać się na otwartych składowiskach. Przechowywanie ubocznych produktów spalania na placach betonowych jest możliwe jedynie w przypadku odpadów o większym uziarnieniu (np. żużel).

W przypadku magazynowania na terenie elektrowni popioły lotne są przechowywane w

zbiornikach magazynowych lub retencyjnych. Są to najczęściej stalowe lub betonowe silosy [10] o różnej pojemności (od setek do tysięcy m<sup>3</sup>). Rodzaj oraz ilość takich zbiorników zależy od wielu czynników i stanowi kolejne wyzwanie natury logistycznej. Przykłady silosów na popioły lotne przedstawia rysunek 7.2.



**Rys. 7.2 Silosy na popioły lotne**

Źródło: [17, 25]

Wybór rodzaju zbiorników zależy przede wszystkim od:

- przewidywanej ilości wytwarzanych ubocznych produktów spalania (uwzględniając odchylenia),
- częstotliwości odbioru odpadów.

Ilość produkcji popiołów lotnych jest uzależniona od zapotrzebowania na energię cieplną i elektryczną, w związku z czym należy mieć na uwadze znacznie wyższą produkcję odpadów w okresie zimowym (listopad-marzec), a tym samym zapewnić odbiór popiołu w takim czasie aby zbiorniki retencyjne nie uległy całkowitemu zapełnieniu, co w konsekwencji może skutkować koniecznością wygaszenia kotłów.

Zbiorniki są projektowane i wykonywane według potrzeb inwestorów w zależności od technologicznego systemu transportu, składowania i odbioru popiołów. Odpowiednie wyposażenie techniczne zbiornika, wraz z zastosowaniem systemu transportu pneumatycznego Turbu-flow, daje możliwość transportowania popiołu lotnego w sposób całkowicie pozbawiony strat na duże odległości i wysokości [23]. Konstrukcja zbiorników powinna ponadto pozwalać na zainstalowanie systemów pneumatycznego rozładunku zbiorników oraz systemów bezpośredniego załadunku popiołów lotnych na cysterny samochodowe i kolejowe [10]. Zazwyczaj zakłady energetyczne i ciepłownie posiadają

osobne zbiorniki na odpady kodów 10 01 02 oraz 10 01 82 ze względu na wymagania odbiorców.

Na terenie zakładu górniczego mogą być wykorzystywane zbiorniki o takiej samej konstrukcji jak te, które mieszczą się na terenie elektrowni. Przy magazynowaniu popiołu lotnego w silosach o dużej objętości bardzo istotny jest sprawny system rozładkowy, ponieważ popiół lotny, w dolnych partiach wystawiony wysokim ciśnieniom, ma tendencję do silnego zgęstnienia oraz obniżenia ciekłości. Niepożądane gęstnienie popiołu lotnego w silosie jest eliminowane dzięki instalacji leja rozładkowego nad dnem silosu, a rozładunek odbywa się poprzez system rynien pneumatycznych na dnie silosu [25]. Niektóre zakłady górnicze w ogóle nie utrzymują zbiorników magazynowych, a przywożony popiół lotny jest bezpośrednio kierowany ze środków transportu do mieszalnika.

Popioły lotne ze zbiorników retencyjnych wytwórcy są załadowywane na środek transportu zewnętrznego najczęściej z wykorzystaniem rękawów załadkowych. Służą one do załadunku popiołów lotnych do cystern oraz do pojemników transportowych i nadają się szczególnie do transportu kolejowego i samochodowego. Rękawy posiadają wbudowany filtr przeciwpyłowy co zmniejsza emisję pyłów podczas operacji załadunku [21]. Przykładowy rękaw załadkowy przedstawia rysunek 7.3.



**Rys. 7.3 Przykładowy rękaw załadkowy do popiołów lotnych**

Źródło: [24]

Inną metodą zabezpieczenia przed pyleniem podczas załadunku może być pracująca automatycznie instalacja odpylania z odpylaczem umiejscowionym na zbiornikach.

Ze względu na zmieniające się przepisy dotyczące załadunku należy mieć również na uwadze tonaż środków transportu. W tym celu wykorzystywane są wagi samochodowe oraz kolejowe [22] pozwalające na kontrolowanie dopuszczalnej ilości materiału na środku transportu oraz na faktyczne rozliczenie się z ilości wydanego popiołu.

Wybór gałęzi i środków transportu zewnętrznego jakimi będzie wykonywana główna część drogi popiołów lotnych od wytwórcy do zakładu górniczego jest problemem dość skomplikowanym.

Głównym dylematem jest wybór pomiędzy transportem samochodowym a transportem kolejowym. Transport popiołów lotnych jest organizowany najczęściej przez firmy zewnętrzne posiadające odpowiedni tabor do przewozu produktów pylistych oraz pozwolenia na ich przewóz (decyzję Prezydenta Miasta w sprawie udzielenia zezwolenia na transport odpadów).

Wielkość zapotrzebowania kopalni na popioły lotne może być różna, jednak ilość i systematyczność odbiorów materiału nie jest jedynym kryterium decydującym o wyborze środka transportu. Ważna jest tutaj również lokalizacja kopalni i możliwość bezpośredniego dotarcia transportu w miejsce rozładunku i wytwarzania mieszaniny doszczelniającej.

Transport samochodowy jest dobrym rozwiązaniem w przypadku mniejszych ilości dostarczanych odpadów oraz gdy odległość pomiędzy kopalnią a elektrownią nie jest bardzo duża – jest to podyktowane przede wszystkim kosztami. Dodatkowym czynnikiem skłaniającym do wyboru tej gałęzi transportu mogą być wymagania odbiorcy (kopalni) dotyczące dostarczenia popiołów „do drzwi”.

Do przewozu popiołów lotnych transportem samochodowym wykorzystywane są:

- ciągniki siodłowe z naczepą typu silos,
- autocysterny typu „beczka”,
- samochody otwarte – „wanny”,
- inne, posiadające konstrukcję pozwalającą na nałożenie rękawa załadowniczego [16].

Samochody posiadają różną pojemność oraz ładowność w zależności od wymagań odbiorcy. Jeżeli odpady są transportowane samochodami otwartymi powinny być przewożone „na mokro” oraz zostać nakryte plandeką. Należy mieć na uwadze skład i właściwości przewożonych odpadów, gdyż niektóre mieszanki mogą reagować w kontakcie z wodą i stworzyć tym samym zagrożenie dla otoczenia.

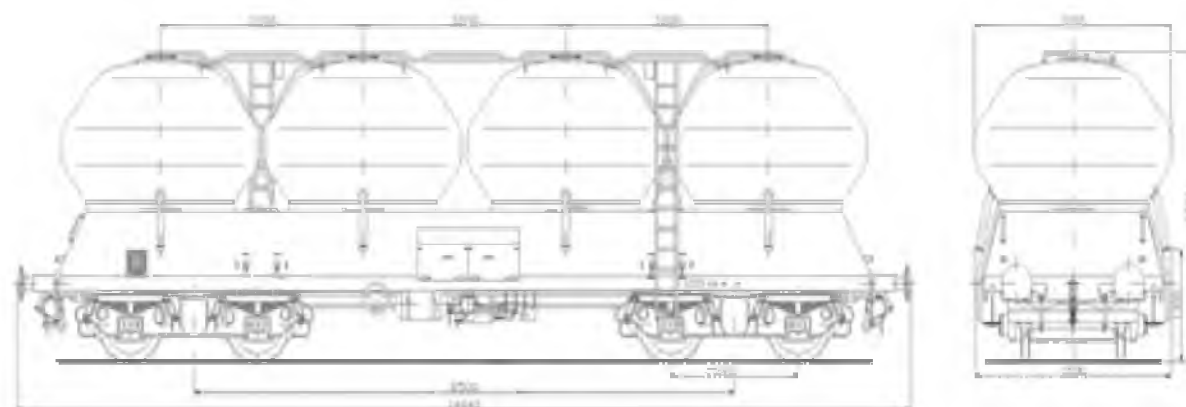
Wykorzystanie transportu kolejowego jest uzasadnione wtedy, gdy ilość transportowanych towarów jest bardzo duża i transport odbywa się na dużych odległościach. Im większa długość trasy tym koszt przewozu jest mniejszy. W zależności od rodzaju oraz ciężaru usypowego odpadów mogą one być przewożone w różnych wagonach zbiornikowych lub samowładowczych z otwieranym dachem.

Transport popiołów lotnych w otwartych wagonach stanowi, podobnie jak w przypadku samochodów typu „wanna”, problem techniczny ze względu na pylenie podczas przewozu. Nawet zwilżanie popiołów nie jest wystarczającym rozwiązaniem ze względu na pylenie podczas załadunku i rozładunku. Ponadto dodatkowymi problemami są: cementowanie się wysychającej masy oraz ryzyko zamarzania ładunku w okresach zimowych. Jednym z rozwiązań jakie stosowano w celu zapobieżenia pyleniu wtórnemu było wykorzystanie środków chemicznych błonotwórczych podczas powrotu próżnych wagonów. Rozwiązanie to jednak nie przynosiło oczekiwanych efektów, dlatego najczęściej wykorzystuje się wagony zbiornikowe, które umożliwiają przewóz popiołów lotnych w stanie suchym oraz załadunek i rozładunek w izolacji od otoczenia. Warto podkreślić, że przewóz ładunków suchych jest bardziej efektywny ekonomicznie ze względu na brak balastu [8].

W zależności od gęstości przewożonych odpadów stosuje się wagony kolejowe o różnej pojemności. Najczęściej stosowane są wagony przystosowane do przewozu materiałów sproszkowanych, rozładowywane pneumatycznie. Na rysunku 7.4 przedstawiono przykładowy wagon właściwy do przewozu popiołów lotnych.

Po dotarciu do odbiorcy popioły lotne przewożone transportem kolejowym są rozładowywane na bocznicach kolejowych za pomocą przewodów elastycznych. Dostawy transportem samochodowym mogą być rozładowywane pneumatycznie lub za pomocą sprężonego powietrza i tymczasowo przechowywane w silosach. Istnieje również możliwość bezpośredniego rozładunku do stacji wytwarzania mieszaniny doszczelniającej pomijając fazę

magazynowania. W polskim górnictwie węgla kamiennego odpady mieszane są z wodą, a następnie dostarczane rurociągami do miejsc zagospodarowania [11].



**Rys. 7.4 Wagon 408S o pojemności 50 m<sup>3</sup> przystosowany do przewozu materiałów sproszkowanych o ciężarze usypowym 0,6-1,4 Mg/m<sup>3</sup>**

Źródło: [15]

#### **7.4 GOSPODARKA ODPADAMI POFLOTACYJNYMI I PROCES WYTWARZANIA MIESZANINY DOSZCZELNIAJĄCEJ**

W kopalniach o pełnym zakresie wzbogacania odpady poflotacyjne kierowane są z odmulników promieniowych do otwartych zbiorników odpadów flotacyjnych (najczęściej baseny betonowe, o wielkości dostosowanej do potrzeb lokalnych). W miarę potrzeb doprowadzane są rurociągami do stacji przygotowania mieszaniny doszczelniającej, gdzie wraz z popiołami lotnymi, sprowadzanymi spoza zakładu górniczego, łączone są z wodą dołową, tworząc mieszaninę doszczelniającą. Każdy zakład górniczy stosujący flotowanie węgla posiada własne praktyki dotyczące technologii użycia pyłów lotnych oraz odpadów flotacyjnych. Często odpady te są lokowane oddzielnie ze względu na złe doświadczenia w utrzymaniu właściwej gęstości mieszaniny doszczelniającej oraz niekontrolowanego cementowania się mieszanin w rurociągach. Największym problemem magazynowania odpadów flotacyjnych jest ich skłonność do sedymentacji i konieczność ich upłynnienia przed użyciem. Popioły lotne mają tendencję do chłonięcia pewnej ilości wody, dlatego należy kontrolować, aby ilość wody w rurociągu była odpowiednia do ilości materiału, tak aby utrzymać strumień mieszaniny doszczelniającej.

#### **7.5 WYBRANE PROBLEMY LOGISTYKI ODPADÓW DROBNOZIARNISTYCH**

Problemy i dylematy natury logistycznej pojawiają się w wielu miejscach w całym łańcuchu dostaw. Istotną kwestią, która może stanowić dodatkowy problem jest przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi ogniwami łańcucha dostaw. Podmiotami uczestniczącymi w łańcuchu są: zakład energetyczny, zakład górniczy oraz pośrednicy (najczęściej zewnętrzni przewoźnicy) zajmujący się fizyczną dostawą odpadów do ostatecznego odbiorcy. Są to niezależne przedsiębiorstwa, pomiędzy którymi nie zawsze ma miejsce właściwa komunikacja co może przyczyniać się do obniżenia sprawności i elastyczności przepływu odpadów. Wymiana informacji i dobra komunikacji pozwalają na koordynację codziennej działalności oraz na prognozowanie i planowanie przyszłego



zapotrzebowania [1].

W artykule skupiono się jedynie na opisie wybranych problemów o charakterze logistycznym – uniemożliwiających systematyczne i planowe kierowanie mieszanin doszczelniających na dół kopalni. Opis poszczególnych zagadnień prezentuje tabela 7.2.

**Tabela 7.2 Opis i identyfikacja problemów w łańcuchu dostaw odpadów droбноziarnistych**

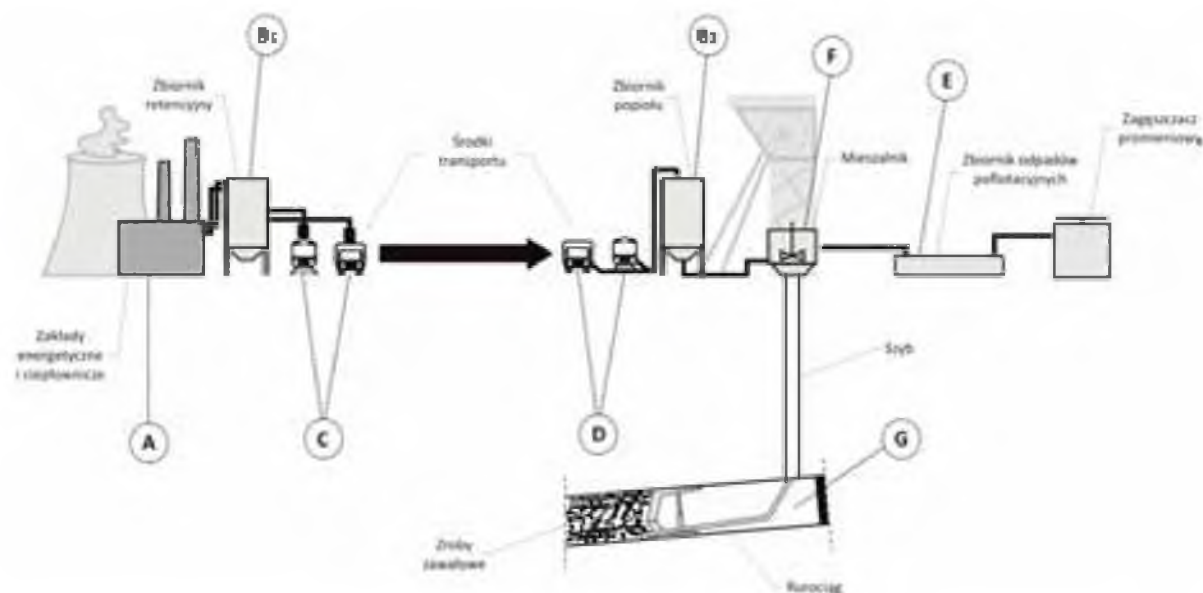
Lp.	Problem	Opis problemu
<b>A</b>	Sezonowość produkcji ciepła i energii	Ze względu na sezon grzewczy wytwarzanie ubocznych produktów spalania nie ma charakteru stałego. Problem stanowi znalezienie odbiorców w momencie zwiększonej produkcji ciepła, a w konsekwencji odpadów.
<b>B1</b>	Retencja zbiorników ubocznych produktów spalania	Problemem jest dobór zbiorników ubocznych produktów spalania o pojemności adekwatnej dla poziomu produkcji. Zbyt mała retencja grozi koniecznością wygaszenia kotłów przy nagromadzeniu odpadów. Z kolei utrzymywanie zbiorników o zbyt dużej pojemności jest nieuzasadnione ekonomicznie.
	Pylenie ubocznych produktów spalania	Koniecznością jest utrzymywanie szczelnej instalacji umożliwiającej bieżący załadunek bez negatywnego wpływu na otoczenie.
<b>B2</b>	Retencja kopalnianych zbiorników popiołów lotnych	Zakład górniczy nie jest zainteresowany posiadaniem zbiorników o nadmiernej pojemności ze względu na koszty. W przypadku stanów awaryjnych w zakładzie górniczym koniecznością może okazać się przekierowanie dostawy popiołów lotnych.
	Pylenie ubocznych produktów spalania	Problemem jest utrzymanie szczelności instalacji przy rozładunku środków transportu i przesyłu popiołów lotnych wewnątrz zakładu.
	Wilgoć w instalacjach transportu i magazynowania popiołów	W przypadku zawilgocenia zbiorników lub instalacji następuje cementowanie się odpadów elektrownianych. Likwidacja skutków jest kłopotliwa i groźna dla zdrowia pracowników ze względu na obecność wolnej krzemionki w popiołach lotnych.
<b>C</b>	Ilość stacji załadunku	W przypadku, gdy transport ubocznych produktów spalania jest wykonywany zarówno transportem samochodowym, jak i koleją może powodować to powstanie kolejek środków transportu oczekujących na załadunek.
	Wykorzystanie ładowności środka transportu	Problemem jest pełne wykorzystanie ładowności i pojemności środka transportu ze względu na różnice w ciężarze nasypowym ubocznych produktów spalania.
	Wybór gałęzi transportu	Wybór gałęzi transportu jest uzależniony od wielkości zapotrzebowania na popioły lotne, systematyczność odbioru, umiejscowienie zakładu górniczego oraz możliwości bezpośredniego dotarcia odpadów do miejsc rozładunku.
<b>D</b>	Oczekiwanie na rozładunek	Dostawy popiołów z kilku zakładów energetycznych jednocześnie zmuszają do oczekiwania na rozładunek. Pojawia się konieczność ustalenia harmonogramu dostaw w oparciu o potrzeby zakładu energetycznego oraz odbiorcy.
	Ustawienie wagonów zaworami do instalacji rozładunkowej	Może zaistnieć sytuacja gdy skład jest ustawiony niewłaściwie do krawędzi rozładunku i zmusza do obrócenia składu. Sytuacja może zdarzyć się zwłaszcza w przypadku przekierowania składu do innego zakładu górniczego.
<b>E</b>	Retencja zbiornika odpadów flotacyjnych	Magazynowanie odpadów poflotacyjnych w zbiorniku o dużej pojemności w stosunku do potrzeb powoduje zjawisko sedymentacji ziarn. Zbyt mały zbiornik powoduje zaburzenia w ruchu zakładu przerobczego o pełnym zakresie wzbogacania.
<b>F</b>	Cementowanie się mieszaniny doszczelniającej	Konieczna jest aplikacja właściwej ilości wody oraz lokowanych odpadów. Niejednokrotnie koniecznością jest osobne wytwarzanie mieszanin popiołów lotnych oraz odpadów poflotacyjnych.
<b>G</b>	Stalność odbioru mieszanin doszczelniających	Właściwe planowanie eksploatacji górniczej pozwala na stały i systematyczny poziom odbioru mieszaniny doszczelniającej.

Źródło: opracowanie własne

Wskazane w pracy problemy logistyczne nie są jedynymi problemami występującymi

podczas dostawy oraz aplikowania odpadów drobnoziarnistych. Ważnym punktem są tutaj również aspekty: ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, głównie w kwestii skutków pylenia.

Miejsca występowania problemów logistycznych zostały zaznaczone na rysunku 7.5.



**Rys. 7.5 Miejsca występowania problemów związanych z logistyką odpadów drobnoziarnistych do zakładów górniczych o pełnym zakresie wzbogacania**

Źródło: opracowanie własne

## PODSUMOWANIE

W literaturze brak jest kompleksowych opracowań dotyczących logistyki materiałów (odpadów) służących do wytwarzania mieszanin stosowanych w podziemnych technologiach górniczych. Duża ilość rozwiązań technicznych i organizacyjnych utrudnia wyciągnięcie jednakowych wniosków dotyczących przywozu i zagospodarowania odpadów z zakładów energetycznych do górniczych. Wymiana dobrych praktyk w zakresie technologii wytwarzania, przewozu oraz magazynowania odpadów mogłaby przyczynić się do poprawy łańcucha logistycznego ubocznych produktów spalania oraz odpadów poflotacyjnych.

*Autorzy składają serdeczne podziękowania  
Grupie CEZ Produkty Energetyczne Polska Sp. z o.o.  
za informacje i pomoc w tworzeniu artykułu.*

## LITERATURA

### Pozycje zwarte

1. Kot S., Starostka-Patyk M.: *Zarządzanie łańcuchami dostaw*, WWZ Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009.
2. Palarski J., Plewa F., Mysiek Z.: *Odzysk i unieszkodliwianie odpadów w górnictwie podziemnym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012.
3. Piątkiewicz Z.: *Transport pneumatyczny*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1999.

4. *Raport o stanie środowiska w województwie śląskim w 2012 roku*, WIOŚ Katowice 2013.
5. Rocznik statystyczny, *Ochrona środowiska 2012*, Główny Urząd Statystyczny 2013.
6. Słownik terminologii logistycznej, Seria Biblioteka Logistyka, ILiM, Poznań 2006.

### **Artykuły**

7. Alwaeli M., Czech Ł.: *Możliwości gospodarczego wykorzystania odpadów poflotacyjnych*, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, Tom 11, Nr 3/2009.
8. Bedła A. L.: *Zagadnienie ochrony środowiska naturalnego przy wywozie wagonami paleniskowych odpadów elektrownianych*, Trakcja i wagony. Nr 1/1987.
9. Galos K., Uliasz-Bocheńczyk A.: *Źródła i użytkowanie popiołów lotnych ze spalania węgla w Polsce*, Gospodarka surowcami mineralnymi, Tom 21, Zeszyt 1/2005.
10. *Magazynowanie popiołów lotnych*, Transport i Logistyka, Wydanie targowe SyMas 2012.
11. Piotrowski Z., Łukowicz K.: *Stosowania popiołów lotnych dla celów profilaktyki pożarowej i metanowej na przykładzie KWK „Brzeszcze”*, Górnictwo i Geoinżynieria, Zeszyt 1/2007.

### **Akty prawne**

12. Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu Dziennik Urzędowy L 372 , 27/12/2006 P. 0019 – 0031.
13. Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 13 sierpnia 2013 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2014 (Monitor Polski 2013 poz. 729).
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. 2001 nr 112 poz. 1206).

### **Źródła internetowe**

15. [www.cemet.pl](http://www.cemet.pl)
16. [www.cezpolska.pl/pl/cez-w-polsce/cez-produkty-energetyczne-polska-sp-z-o-o.html](http://www.cezpolska.pl/pl/cez-w-polsce/cez-produkty-energetyczne-polska-sp-z-o-o.html)
17. [www.chemadex.com.pl/](http://www.chemadex.com.pl/)
18. [www.elwo.com.pl/produkty/instalacje-do-transportu-pylow](http://www.elwo.com.pl/produkty/instalacje-do-transportu-pylow)
19. [www.energomar-nord.com.pl/turbuflow.html](http://www.energomar-nord.com.pl/turbuflow.html)
20. [www.gornictwo.wnp.pl/podsadzka-poszla-do-lamusa,71011\\_1\\_0\\_0.html](http://www.gornictwo.wnp.pl/podsadzka-poszla-do-lamusa,71011_1_0_0.html)
21. [www.hennlich.pl/uploads/HENNLICH\\_Rekawy\\_zaladowcze.pdf](http://www.hennlich.pl/uploads/HENNLICH_Rekawy_zaladowcze.pdf)
22. [www.miary-wagi.com.pl/produkty/wagi\\_kolejowe/13](http://www.miary-wagi.com.pl/produkty/wagi_kolejowe/13)
23. [www.powderandbulk.pl/pl-PL/zelbetowe\\_zbiorniki\\_popiolu.html](http://www.powderandbulk.pl/pl-PL/zelbetowe_zbiorniki_popiolu.html)
24. [www.tbma.com/en/products/bulk-loading-chutes/](http://www.tbma.com/en/products/bulk-loading-chutes/)
25. [www.zbiorniki-silosy.pl/](http://www.zbiorniki-silosy.pl/)

## WYBRANE PROBLEMY LOGISTYKI ODPADÓW DROBNOZIARNISTYCH STOSOWANYCH W PODZIEMNYCH TECHNOLOGIACH GÓRNICZYCH

**Streszczenie:** *Celem artykułu było wskazanie i scharakteryzowanie wybranych problemów natury logistycznej związanych z dostarczaniem popiołów lotnych oraz odpadów poflotacyjnych stosowanych w podziemnych technologiach górniczych. W pracy przedstawiono łańcuch dostaw ubocznych produktów spalania od wytwórców do zakładu górniczego. Opisano kolejno występujące po sobie operacje logistyczne: magazynowanie, załadunek, transport i rozładunek odpadów. Scharakteryzowana została również gospodarka odpadami poflotacyjnymi oraz przedstawiono proces wytwarzania mieszaniny doszczelniającej i jej dostarczania do miejsc zastosowania. W artykule zidentyfikowano problemy pojawiające się na każdym etapie dostarczania odpadów.*

**Słowa kluczowe:** *doszczelnianie zrobów, logistyka, odpady drobnoziarniste, popioły lotne*

mgr Karina HERMANN, mgr inż. Krzysztof KURUS  
Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
Zakład Zarządzania Jakością i Bezpieczeństwem  
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze, Polska  
e-mail: Karina.Hermann@polsl.pl; Krzysztof.Kurus@polsl.pl