

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Ceramics  
and Building Materials

---

**Nr 10**

ISSN 1899-3230

**Rok V**

**Warszawa–Opole 2012**

---

# Separacja niemetalicznych frakcji zmieszanych odpadów komunalnych

**Słowa kluczowe:** odpady komunalne, separatory, sortowanie odpadów.

W artykule przedstawiono klasyfikację mechanicznych i ręcznych systemów segregacji niemetalicznych frakcji zmieszanych odpadów komunalnych. Omówiono możliwości doboru urządzeń i linii technologicznych, z uwzględnieniem dostosowania techniki separacji do składu morfologicznego zarówno surowego, jak i pozbawionego frakcji metalicznej strumienia odpadów. Scharakteryzowano główne zasady tworzenia koncepcji zakładu zagospodarowania odpadów, gwarantujące poprzez wysoki współczynnik odzysku surowców efektywne funkcjonowanie gospodarki odpadami na terenie gminy lub związku gmin. W artykule przytoczono również przykład dobrej praktyki gospodarowania odpadami w gminie, opartej na technologii automatycznej stacji segregacji odpadów.

## 1. Wprowadzenie

Segregacja odpadów, niezależnie od formy w jakiej jest realizowana, stanowi obecnie integralną część nowoczesnego systemu gospodarowania odpadami w każdej jednostce gospodarczej czy terytorialnej. Proces rozdzielania i powtórnego wykorzystania poszczególnych frakcji odpadów komunalnych jest podstawowym krokiem umożliwiającym skuteczne ograniczenie ilości deponowanych na składowiskach odpadów, a tym samym dotrzymanie surowych wymogów prawnych. Najczęściej spotykaną formą segregacji odpadów jest segregacja „u źródła”, która polega na rozdzielnym gromadzeniu poszczególnych frakcji odpadów bezpośrednio przez ich wytwórcę. Innym sposobem na osiągnięcie tego samego celu jest kierowanie zmieszanych odpadów do wyspecjalizowanych zakładów, dysponujących zespołem urządzeń realizujących proces rozdzielania na frakcje automatycznie lub z udziałem człowieka. Obecnie, w zależności od możliwości logistycznych, składu morfologicznego odpadów, czy też ich ilości oraz oczekiwanej jakości pozyskiwanych surowców, oba sposoby często są łączone i uzupełniają się wzajemnie [1]. Proces segregacji realizowany według tego za-

---

\* Dr inż., Politechnika Opolska.

łożenia zakwalifikowano do kombinowanych systemów segregacji odpadów [2]. Zakłady przetwarzania odpadów, pracujące w tym systemie, dysponują ręcznymi kabinami sortowniczymi uzupełnionymi o linie do wstępnej mechanicznej obróbki odpadów surowych lub odwrotnie, po wstępnej segregacji ręcznej prowadzi się proces z wykorzystaniem separatorów mechanicznych. Niezależnie od realizowanego systemu segregacji (ręczna, mechaniczna, kombinowana) stopień odzysku frakcji metalicznych jest bardzo wysoki [3]. Najczęściej jego pozyskanie odbywa się na wydzielonej linii mechanicznej z wykorzystaniem powszechnie stosowanych separatorów magnetycznych lub separatorów metali nieżelaznych (ze względu na coraz większą dostępność tego typu separatorów, zauważa się tendencję odchodzenia od ręcznej separacji metali). Wobec powyższego istnieje możliwość całkowitej eliminacji frakcji metalicznej z ogólnego strumienia odpadów. Można więc zakładać, że frakcja ta nie jest obecna we wstępnie przetworzonych odpadach komunalnych i skupić się na wydzielaniu poszczególnych frakcji z pozostałości niemetalicznej.

## **2. Regionalna instalacja do przetwarzania odpadów komunalnych**

Nowelizacja Ustawy o utrzymaniu porządku i czystości w gminie [4] wprowadza istotne zmiany koncepcji gospodarowania odpadami. Zmiany te są na tyle zasadnicze, że wymagają korekt dokumentów strategicznych branży, m.in. Krajowego planu gospodarki odpadami 2014 [5]. W dokumencie tym podstawową jednostką odpowiedzialną za przetwarzanie odpadów i wypracowanie zakładanych stopni odzysk odpadów komunalnych zbieranych na terenie gminy lub związku gmin jest zakład zagospodarowania odpadów (ZZO). Według znowelizowanej ustawy [4] funkcję tę ma realizować regionalna instalacja do przetwarzania odpadów komunalnych (RIPOK). Obszar, który swoim działaniem obejmuje taka instalacja według tej ustawy nosi nazwę regionu gospodarki odpadami. Definicja instalacji regionalnej jest jednoznacznie opisana w ustawie [4] jako zakład zagospodarowania odpadów o mocy przerobowej wystarczającej do przyjmowania i przetwarzania odpadów z obszaru zamieszkałego przez co najmniej 120 tys. mieszkańców, spełniający wymagania najlepszej dostępnej techniki lub technologii, zapewniający termiczne przekształcanie odpadów lub:

- mechaniczno-biologiczne przetwarzanie zmieszanych odpadów komunalnych i wydzielanie ze zmieszanych odpadów komunalnych frakcji nadających się w całości lub w części do odzysku;
- przetwarzanie selektywnie zebranych odpadów zielonych i innych bioodpadów oraz wytwarzanie z nich produktu o właściwościach nawozowych lub środków wspomagających uprawę roślin, spełniającego wymagania określone w odrębnych przepisach;

– składowanie odpadów powstających w procesie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych oraz pozostałości z sortowania odpadów komunalnych o pojemności pozwalającej na przyjmowanie przez okres nie krótszy niż 15 lat odpadów w ilości nie mniejszej niż powstająca w instalacji do mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych.

Kolejną istotną konsekwencją nowelizacji ustawy o utrzymaniu porządku i czystości w gminie [4] jest to, że wprowadzone zmiany nie mają jedynie charakteru szczegółowego dotyczącego definicji, wyznaczników ilościowych czy jakościowych, lecz odpowiadają za zmiany na poziomie globalnym, wpływając na funkcjonowanie całego systemu. Najważniejszą z tego punktu widzenia zmianą jest jednoznaczne umocowanie prawne samorządu terytorialnego do określenia obowiązków podmiotów wytwarzających odpady na jego terenie. Obowiązek ten ma więc charakter lokalnego prawa administracyjnego, do którego przestrzegania każdy podmiot będzie zobligowany, a jego egzekwowanie będzie realizowane w takim samym zakresie jak w przypadku innych obowiązków prawnych wobec samorządów terytorialnych. Jest to znaczne ułatwienie w tworzeniu perspektyw rozwoju systemu gospodarki odpadami w gminie, ze względu na skuteczne narzędzie administracyjne, które pomaga kontrolować obrót odpadami, a tym samym warunki rozwoju regionalnych instalacji. Każda z nowoczesnych technologii do wytwarzania frakcji o znaczeniu handlowym ze zmieszanych odpadów komunalnych wymaga zasilania dużymi strumieniami odpadów. Brak gwarancji dotyczących wielkości dostarczanych odpadów do instalacji jest znaczącą przeszkodą inwestycyjną w tym sektorze gospodarki. Wprowadzone w nowelizacji ustawy [4] zapisy regulują zatem zagadnienia dotyczące możliwości kierowania strumieniami odpadów na terenie samorządów, a tym samym stają się dla inwestorów rodzajem gwarancji na wyłączność w zakresie korzystania z zasobów odpadów zbieranych w danym regionie gospodarki odpadami. Biorąc pod uwagę szacunkową wartość rynku przetwarzania odpadów komunalnych w Polsce wynoszącą ok. 5 mld zł/rok [6], zapisy takie stwarzają dobre warunki do rozwoju tej dziedziny gospodarki.

### **3. Wybór modelu gospodarowania odpadami**

Podejmując działania mające na celu realizację zobowiązań prawnych dotyczących gospodarki odpadami, warto pamiętać o hierarchii tych działań, jaką proponują w takich sytuacjach systemy zarządzania środowiskowego. Modele te mają charakter uniwersalny dla wszystkich inwestycji dotyczących zagadnień środowiskowych, a w szczególności tych, które muszą funkcjonować w warunkach konkurencji rynkowej. Proponowany w nich hierarchiczny model analizy problemu (ryc. 1) jest pomocny w prawidłowym ukierunkowaniu systemu go-

spodarki odpadami w podmiocie gospodarczym czy jednostce samorządu terytorialnego.



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 1. Modelowa hierarchia działań w tworzeniu systemu gospodarki odpadami

Model przedstawiany na rycinie 1 zaleca w pierwszym etapie tworzenia systemu gospodarki odpadami dokonać wnikliwej oceny stanu bieżącego. Powinna być ona oparta na zbiorze wszystkich dostępnych metod (prawnych, normatywnych, obliczeniowych i pomiarowych), umożliwiających prawidłowe umiejscowienie w systemie gospodarki odpadami wszystkich elementów składowych, tj. selektywnej zbiórki, transportu, instalacji regionalnych itp. i dostosowanie ich do warunków lokalnych. Dopiero posiadając wiedzę wynikającą z przeprowadzonego przeglądu, należy podejmować kroki dotyczące planowania strategii funkcjonowania systemu gospodarki odpadami w regionie.

Prawidłowe obranie strategii jest kluczowe, gdyż jednoznacznie wskazuje na wybór drogi postępowania z odpadami, co z kolei wiąże się z rodzajem stosowanej technologii ich przetwarzania. Czynniki, jakie należy wziąć pod uwagę na tym etapie, powinny mieć zatem następujący charakter wraz ze zdefiniowanym współczynnikiem zmienności w perspektywie krótko- i długoterminowej:

- ilość odpadów,
- charakter odpadów,
- charakter regionu (uprzemysłowiony, rolniczy, turystyczny),
- ukształtowanie terenu i charakter zurbanizowania,
- poziom świadomości ekologicznej społeczeństwa,
- możliwości unieszkodliwiania termicznego,
- możliwości wewnętrznego wykorzystania odpadów,
- zapotrzebowanie na surowce odzyskane z odpadów,

– możliwości wdrażania w regionie technologii wykorzystujących odzyskane surowce.

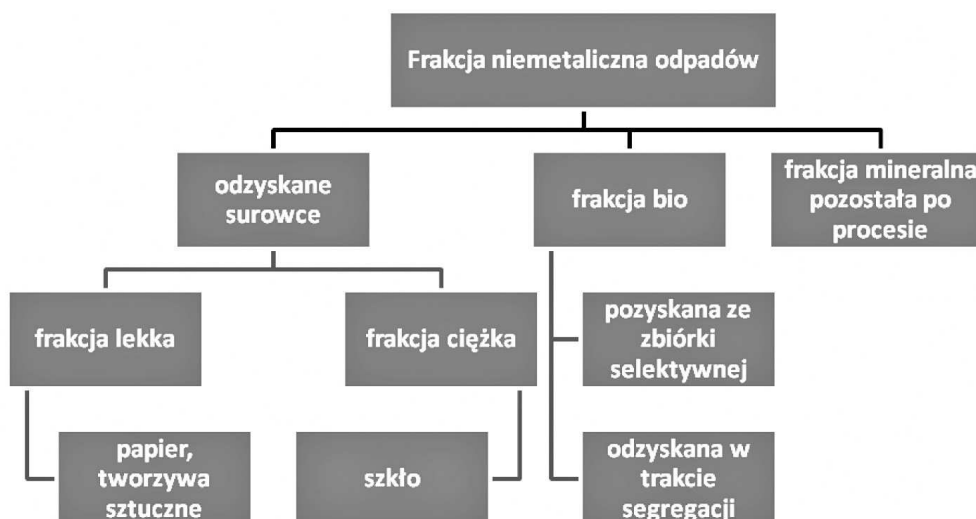
Wybór technologii oraz dobór aparatów i urządzeń do instalacji powinien mieć miejsce dopiero w końcowej fazie implementacji nowego systemu gospodarki odpadami. To działanie musi być realizowane w oparciu o wyznaczenie optymalnej korelacji parametrów ilościowo-jakościowych odpadów oraz najlepszej dostępnej techniki w zakresie ich przetwarzania, gwarantującej osiągnięcie celów wyznaczonych w opracowanej strategii.

Ostatnim etapem przed wdrożeniem opracowanego systemu gospodarki odpadami jest przygotowanie planu zarządzania tym systemem. Pomijając aspekty zarządzania poprzednimi etapami, wyszczególnić w tym miejscu należy:

- zarządzanie fazą projektowo-konstrukcyjną,
- zarządzanie fazą rozruchu systemu gospodarki odpadami,
- zarządzanie właściwym funkcjonowaniem systemu gospodarki odpadami.

## 4. Dobór systemu segregacji frakcji niemetalicznej

Frakcja niemetaliczna zmieszanych odpadów komunalnych, ze względu na znaczną różnorodność, a tym samym szeroki zakres własności fizycznych i chemicznych, wymaga podczas sortowania przeprowadzenia przynajmniej kilku procesów cząstkowych, które składają się na kompleksowy program segregacji poszczególnych frakcji, wydzielanych z surowego bądź już wstępnie przetworzonego strumienia zmieszanych odpadów komunalnych. Pozyskane w tym procesie frakcje można zakwalifikować do 3 głównych grup produktów przedstawionych na rycinie 2.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 2. Klasyfikacja produktów segregacji frakcji niemetalicznej zmieszanych odpadów komunalnych



Dostępnych jest kilka technik umożliwiających klasyfikację według zaprezentowanego schematu (ryc. 3). Najprostszym rozwiązaniem jest manualna segregacja w kabinach sortowniczych. Technika ta opiera się na fizycznej pracy operatora, który wzrokowo klasyfikuje odpady według danej cechy (np. papier, szkło, folia, tworzywa sztuczne, butelki PET, itp.).



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 3. Techniki separacji frakcji niemetalicznej zmieszanych odpadów komunalnych

Schemat instalacji bazującej na kabinie sortowniczej przedstawiono na rycinie 4. Ze względu na możliwość uszczegóławiania lub uogólniania stopnia segregacji poszczególnych frakcji, technika ta charakteryzuje się wysoką elastycznością wobec zmiennych parametrów, zarówno odpadów, jak i zapotrzebowania na wytworzony produkt w postaci odzyskanego surowca. Kabiny sortownicze wykazują się wysoką efektywnością, działając na terenach z dobrze rozwiniętym systemem selektywnej zbiórki odpadów. Kabiny sortownicze mogą pracować w trybie segregacji pozytywnej lub segregacji negatywnej. Segregacja pozytywna polega na identyfikowaniu przez operatora porządanej cechy i przenoszeniu danej frakcji do leja zasypowego, a dalej do magazynu tejże frakcji. Segregacja negatywna polega na usuwaniu ze strumienia odpadów o wysokim udziale danej frakcji balastu, nieposiadającego określonych cech. Segregacja negatywna charakteryzuje się większą wydajnością niż pozytywna, jednakże odbywa się to kosztem jakości otrzymanego surowca. Odwrotny charakter oceny przypisać można segregacji pozytywnej, która gwarantuje pozyskanie produktu wysokiej jakości, jednakże z wyraźnie mniejszą wydajnością [7]. Kabiny sortownicze mogą być również alternatywą dla mechanicznych systemów usuwania frakcji metalicznej. W praktyce często wśród stanowisk operatorów odpowiedzialnych za odzysk poszczególnych frakcji lokuje się operatorów odzyskujących frakcję metaliczną.



Ryc. 4. Kabina sortownicza [8]

Wzrost efektywności linii segregujących bazujących na kabinach sortowniczych można osiągnąć przez rozbudowaną wstępną obróbkę strumienia odpadów. W tym zakresie można stosować elementy procesu przesiewania, które same w sobie stanowią jedynie pośrednią metodę rozdzielania zmieszanych odpadów komunalnych. Klasyfikacja podczas przesiewania odbywa się w oparciu o kryterium rozmiaru, co w pewnym zakresie jest wystarczające do odseparowania ze zmieszanych odpadów komunalnych frakcji mineralnej, która zawiera się w wąskim przedziale wielkości ziarna. Typowymi urządzeniami wykorzystywanymi w procesie przesiewania są sita różnej konstrukcji (bębnowe, czerpakowe, rusztowe, z pokładami falującymi itp.).

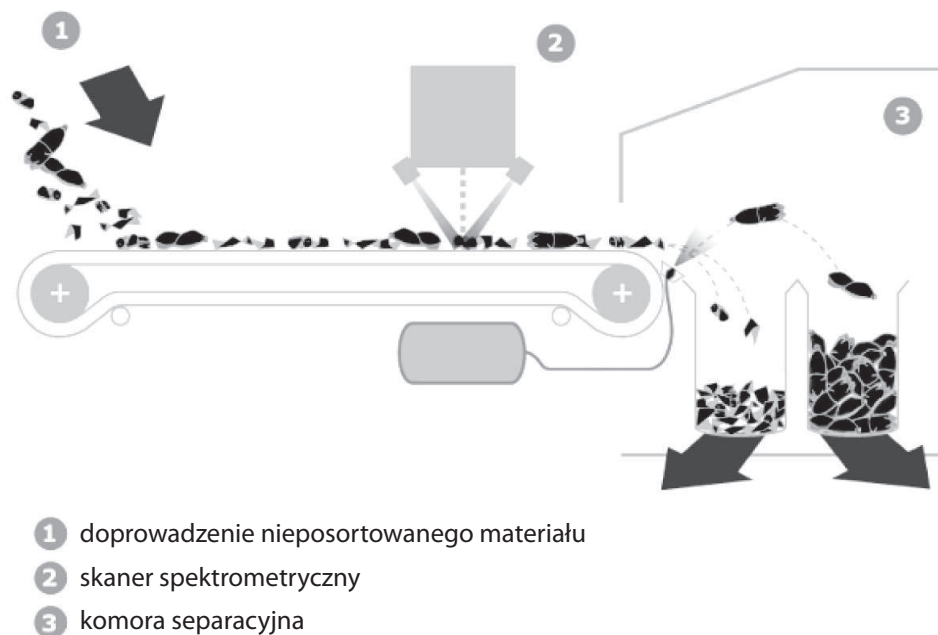
Segregacja aerodynamiczna, zwana także powietrzną, jest sposobem różnicowania frakcji niemetalicznej pod względem masy oraz właściwości aerodynamicznych. Do dyspozycji jest kilka technik różniących się przede wszystkim sposobem doprowadzenia segregowanej frakcji oraz czynnika segregującego, jakim najczęściej jest sprężone powietrze. Do przykładowych separatorów, w których realizowany jest ten proces możemy zaliczyć:

- klasyfikatory powietrzne poziome,
- klasyfikatory powietrzne pionowe,
- klasyfikatory powietrzne o przepływie przemiennym,
- klasyfikatory powietrzne o przepływie krzyżowym,
- klasyfikatory rotacyjne,
- klasyfikatory fluidalne,
- dzwony odsysające.

Innym urządzeniem spotykanym podczas rozdzielania frakcji niemetalicznej zmieszanych odpadów komunalnych jest separator balistyczny. Umożliwia on klasyfikację na frakcje ciężką, lekką i drobną. Jest zbudowany z pochylonego



dna sitowego, składającego się z naprzemiennie poruszających się kilku perforowanych płyt, wyposażonych we wzdlużne i poprzeczne zabieraki. Separator balistyczny doskonale sprawdza się przy wydzielaniu frakcji papierowej, folii, frakcji organicznej czy szkła. Zmian konfiguracji separatora dokonuje się przez dobór odpowiedniej perforacji płyt dna sitowego, zmianę kąta pochylenia płaszczyzny dna oraz zmianę konfiguracji zabieraków.



Ryc. 5. Zasada działania separatora optycznego [9]

Najbardziej zaawansowaną techniką rozdzielania niemetalicznej frakcji odpadów komunalnych jest segregacja optyczna. Jest ona realizowana za pomocą separatorów optycznych, których zasada działania opiera się na identyfikacji zmiany właściwości promieniowania odbitego od danego rodzaju frakcji odpadu. Do realizacji tego zadania niezbędny jest układ emitor – detektor oraz czynnik selektywny (najczęściej sprężone powietrze), który kieruje rozpoznane frakcje do odpowiednich komór separacyjnych. Zasadę działania separatora optycznego przedstawiono na rycinie 5. Podobnie jak w pozostałych urządzeniach do mechanicznego rozdzielania frakcji odpadów komunalnych, również w tym przypadku konfiguracja separatora jest uzależniona od charakteru frakcji niemetalicznej i celu, jaki chcemy osiągnąć. Dobór parametrów konstrukcyjnych dotyczy przede wszystkim rodzaju detektora, a tym samym promieniowania, które jest odpowiedzialne za identyfikację frakcji. Najczęściej stosuje się detektory bliskiej podczerwieni (NIR) i światła widzialnego (VIS), rzadziej promieniowania rentgenowskiego wysokiej rozdzielczości (RTG) oraz spektrometrii atomowej (AAS). Detektory mogą występować pojedynczo lub zespołowo, zwiększając elastyczność, wydajność i precyzję pracy urządzenia. Na rycinie 6 przedstawiono przykładowe możliwości konfiguracyjne separatorów optycznych.

WYBÓR STANDARDOWYCH PAKIETÓW DLA KONKRETYCH ZASTOSOWAŃ		MODELE			
		A	B	C	D
Sortowanie POLIMERÓW	Sortowanie np. kartoników po napojach, PE, PP, PS, PVC, PET, EPS, ABS ze względu na rodzaj materiału	●	●	●	●
Wydzielenie zmieszanego PAPIERU	Wysortowanie papieru ze strumienia zmieszanych materiałów wejściowych	●	●	●	●
RDF	Produkcja frakcji RDF, z dodatkowym rozróżnieniem kamieni/drewna		●		●
Sortowanie odpadów budowlanych	Sortowanie materiałów organicznych/nieorganicznych		●		●
Sortowanie PET/PE	Sortowanie PET/PE ze względu na kolor, np. jasnoniebieski, przezroczysty, itp.			●	●
Doczyszczanie DREWNA	Produkcja frakcji czystego drewna/płyt wiórowych poprzez usunięcie pomalowanego i powlekanego drewna			●	●
PAPER PLUS	Produkcja czystej frakcji deinking			●	●
Wydzielanie METALI	Wydzielenie wszystkich metali	Opcja: czujnik elektromagnetyczny (EM)			
WIELOFUNKCYJNY	Do PIĘCIU pakietów w JEDNYM urządzeniu		●	●	●
ZASTOSOWANIA SPECJALNE	Na życzenie	●	●	●	●

Ryc. 6. Konfiguracja detektorów do separatorów optycznych [9]

## 5. Dobra praktyka – studium przypadku

Jednym z przykładów globalnego podejścia do wyzwań, jakie stawia opracowanie i realizacja zgodnej z prawodawstwem strategii gospodarki odpadami, jest Zakład Gospodarki Komunalnej S.A. w Bielsku-Białej, który w latach 2009–2012 realizuje projekt pn. „Budowa kompleksowego systemu gospodarki odpadami dla miasta Bielska-Białej i gmin powiatu bielskiego” [10]. Całkowity koszt projektu wynosi ok. 85,5 mln zł, z czego kwota dofinansowania to ok. 55,2 mln zł. W ramach projektu przewidziano następujące inwestycje:

- budowa II sektora składowiska odpadów w Bielsku-Białej Lipniku;
- zamknięcie i rekultywacja starego składowiska odpadów w Bielsku-Białej Lipniku;

- projekt i budowa Zakładu Gospodarki Odpadów w Bielsku-Białej Lipniku wraz z infrastrukturą i osprzętem, w skład którego wchodzi:

- sortownia zmieszanych oraz zebranych selektywnie odpadów komunalnych (przepustowość 70 000 Mg/rok) w układzie: kabina sortownicza (wstępna segregacja odpadów wraz z doczyszczaniem odpadów zebranych selektywnie), sito obrotowe do wydzielenia frakcji mineralnej, separatory metali żelaznych i nieżelaznych, separatory optyczne (7 szt.) do wydzielenia frakcji tworzyw sztucznych (PET, PE, PP), papieru, opakowań Terta-Pack oraz frakcji energetycznej (komponent do produkcji paliwa alternatywnego RDF), automatyczna prasa belująca;

- kompostownia odpadów biodegradowalnych zebranych selektywnie oraz frakcji wydzielonej w sortowni (wydajność 25 000 Mg/rok),

- stacja demontażu odpadów wielkogabarytowych (wydajność 2400 Mg/rok),

- stanowiska kruszenia i przetwarzania odpadów budowlanych (wydajność 3700 Mg/rok),

- plac dojrzewania kompostu,

- magazyn odpadów niebezpiecznych,

- magazyn frakcji wydzielonych w sortowni,

- budynki infrastruktury technicznej, logistycznej i administracyjnej.

Dzięki inwestycji osiągnięto poziomy odzysku przewidziane prawem oraz wypracowano znaczące efekty ekologiczne w postaci:

- zmniejszenia ilości odpadów deponowanych na składowisku o 64% (po zakończeniu inwestycji do 30% masy początkowej),

- zwiększenia o 42,5% ilości odpadów biodegradowalnych kierowanych do kompostowni (po zakończeniu inwestycji 45%),

- redukcji masy odpadów po kompostowaniu o 30%,

- zwiększenia odzysku surowców wtórnych o 21,5% (po zakończeniu inwestycji 25%).

## 6. Wnioski

Rozwój inżynierii środowiska doprowadził do wypracowania technologii, które dają możliwości pełnego zagospodarowania wszystkich frakcji zmieszanych odpadów komunalnych. Dysponując informacjami dotyczącymi charakteru regionu pod kątem gospodarowania odpadami, można wyposażyć regionalną instalację do przetwarzania odpadów komunalnych w zespół urządzeń gwarantujących uzyskanie narzuconych poziomów odzysku. Dostępne są również modele zarządzania takim przedsięwzięciem, zarówno na etapie planowania, jak i eksploata-

cji. Wspomagają one procesy decyzyjne i ułatwiają funkcjonowanie inwestycji na otwartym rynku. Jednocześnie niezwykle istotna jest możliwość obserwacji – już w skali kraju – przypadków kompleksowego podejścia do opracowania nowoczesnego systemu gospodarki odpadami. Poznawanie rozwiązań podobnych problemów, przed jakimi stały inne regiony, jest najprostszą drogą do osiągnięcia zakładanych w strategii gospodarki odpadami celów\*.

---

\* Cytowaną literaturę zamieszczono po tłumaczeniu artykułu w języku niemieckim.