



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt i publikacja współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

ENERGIA Z ODPADÓW ORGANICZNYCH

PORADNIK PRZEDSIĘBIORCY W ZAKRESIE
SYSTEMÓW SELEKCJI, ZBIERANIA I LOGISTYKI ODBIORU
BIOODPADÓW POCHODZENIA KOMUNALNEGO

Opracowanie:
mgr inż. Anna Oniszk - Popławska
Współpraca:
dr Ewa Krasuska

Realizacja:


Centrum Badań i Innowacji
Pro-Akademia


POLSKA AKADEMIA NAUK

Recenzent: :

dr hab. inż. Marcin Bizukojć, Politechnika Łódzka

Redaktor techniczny:

dr inż. Ryszard Gałczyński

Wykonawstwo poligraficzne: Agencja MAGA, Łódź

Sekretarz Naukowy:

dr Marlena Kowalczyk

©Copyright by Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, 2014

©Copyright for this edition by Oddział Polskiej Akademii Nauk w Łodzi 2014

CBI Pro-Akademia ISBN 978-83-63704-18-6

PAN ISBN 978-83-86492-80-0

Zdjęcie na okładce zaczerpnięto z witryny:

<http://www.burnie.net/Environment/Recycling-and-Waste/Green-Waste-and-Organics>

Przewodnik jest jedną z publikacji powstałych w ramach serii dokumentów, opracowanych w projekcie rozwiązania innowacyjnego: Recykling organiczny i odzysk energii z segregowanych u źródła bioodpadów pochodzenia komunalnego. Pozostałe elementy dotyczą m.in. zagadnień prawnych i technologicznych. Integralną częścią rozwiązania innowacyjnego jest także kalkulator zasobowo-energetyczny oraz dwa modele biznesowe adresowane do przedsiębiorców.

Więcej informacji oraz elektroniczna wersja poradnika, znajduje się na stronie internetowej pod adresem:
<http://www.bioenergiadlaregionu.eu/pl/naukowcy-dla-gospodarki-mazowska/recykling-organiczny/>

Poglądy zawarte w publikacji odzwierciedlają poglądy autorów i nie muszą być tożsame z poglądami wydawcy i grantodawcy.

Niniejsza publikacja została przygotowana w ramach badań przeprowadzonych w projekcie „Naukowcy dla gospodarki Mazowsza”, realizowanym przez CBI Pro-Akademia.

Projekt i publikacja współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Publikacja bezpłatna.

PODZIĘKOWANIE

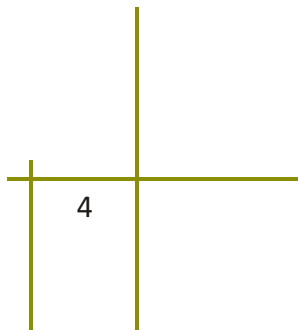
Niniejsze opracowanie powstało w ramach projektu "Naukowcy dla gospodarki Mazowsza" współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej pochodzących z Europejskiego Funduszu Społecznego. Autorki pragną złożyć szczególne podziękowania za życzliwą pomoc podczas zbierania informacji oraz pisanie niniejszej pracy następującym Osobom:

- dr Ewie Kochańskiej z Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia za motywację, wskazywanie możliwych kierunków badań i opiekę merytoryczną podczas trwania projektu,*
- dr Emilii den Boer z Politechniki Wrocławskiej oraz dr Krystynie Lelicińskiej-Serafin z Politechniki Warszawskiej za konsultacje merytoryczne w zakresie gospodarowania odpadami,*
- prof. dr hab. arch. Elżbiecie D. Ryńskiej za konsultacje merytoryczne dotyczące branży architektoniczno-budowlanej.*

Wyrazy podziękowania autorki kierują również do firm: Ekopark, AG-Complex, Zieleń i Ty oraz Green Energy za konsultacje merytoryczne dotyczące rozwiązań skierowanych do małych i średnich przedsiębiorstw związanych z gospodarką odpadami, a także do firmy Studio KA za konsultacje urbanistyczne.

Warszawa, styczeń 2014r.

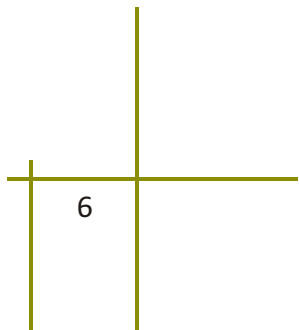
*mgr inż. Anna Oniszk-Popławska
dr Ewa Krasuska*





SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	7
2. WYBRANE DEFINICJE	9
2.1. Wybrane definicje odpadów	9
2.2. Pozostałe definicje	11
3. ANALIZA ZASOBOWA MOŻLIWOŚCI SELEKTYWNEGO ZBIERANIA BIOODPADÓW POCHODZENIA KOMUNALNEGO	15
3.1. Odpady kuchenne i ogrodowe z terenów zamieszkałych	15
3.2. Odpady gastronomiczne	17
3.3. Odpady z terenów konserwacji zieleni (odpady zielone)	19
4. SYSTEMY ZBIERANIA I GROMADZENIA SELEKTYWNIE ZBIERANYCH ODPADÓW KUCHENNYCH, GASTRONOMICZNYCH I OGRODOWYCH	27
4.1. Systemy selektywnego zbierania w gospodarstwie domowym	27
4.2. Systemy zbierania z terenów zamieszkałych	28
4.3. Systemy zbierania z szambem osiedlowym	30
4.4. Systemy zbierania podziemnego	31
4.5. Pneumatyczne systemy zbierania	33
5. OPTIMALIZACJA	37
6. BIBLIOGRAFIA	45

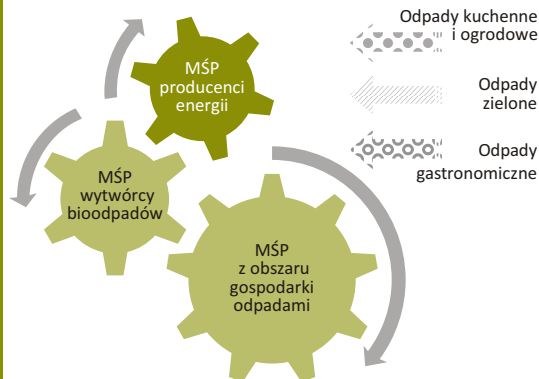


Dr Ewa Krasuska i mgr inż. Anna Oniszk-Popławska, autorki wspólnego rozwiązania innowacyjnego Recyklingu organicznego i odzysk energii z segregowanych u źródła bioodpadów pochodzenia komunalnego, zaproponowały nowy standard usługowy oparty na łańcuchu powiązań kooperacyjnych, który umożliwia wytwarzanie nowych produktów i oferowanie nowych usług przez małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP) działające w sektorze gospodarowania odpadami i produkcji zielonej energii.

W analizie zasobowej ograniczono się do selektywnie zbieranych bioodpadów pochodzenia komunalnego, tj. odpadów zielonych, odpadów kuchennych i ogrodowych oraz odpadów gastronomicznych. Odzysk wspomnianych bioodpadów w procesie recyklingu organicznego (tj. produkcja materiału o przydatności nawozowej), powiązany z odzyskiem energii jest w Polsce zagadnieniem nowym. Dotychczas recykling rozumiany był głównie jako odzysk materiałów tworzyw sztucznych, papieru, metali i szkła. Produkcja energii odnawialnej z biomasy była natomiast rozważana raczej w kontekście substratów lub odpadów pochodzących z rolnictwa bądź przemysłu rolno-spożywczego. Tymczasem konieczność spełnienia wymogów Unii Europejskiej, zarówno w sektorze gospodarowania odpadami (stopniowe ograniczanie możliwości użytkowania składowisk na potrzeby

odpadów komunalnych ulegających biodegradacji), jak i w zakresie energetyki odnawialnej (wyznaczone cele ilościowe na 2020r.), stanowi szansę na stworzenie nowych możliwości biznesowych dla małych i średnich przedsiębiorstw.

Prezentowany łańcuch kooperacyjny ma charakter kompleksowy. Ogniwem początkowym, poza gospodarstwami domowymi, są firmy będące źródłem bioodpadów, np. firmy gastronomiczne, sklepy oraz hurtownie spożywcze, zakłady produkujące i wprowadzające do obrotu żywność, firmy zajmujące się konserwacją zieleni miejskiej itd. Następny element to przedsiębiorcy zajmujący się gospodarką odpadami, tj. realizujący usługi zbierania selektywnego, w tym systemy gromadzenia i logistyki, bioodpadów pochodzenia komunalnego (odpadów zielonych, kuchennych, ogrodowych i gastronomicznych). Ogniwko końcowe łańcucha stanowią MŚP



Rysunek 1. Możliwość wykorzystania bioodpadów pochodzenia komunalnego.
Źródło: opracowanie własne.

wykorzystujące bioodpady, prowadzące działalność gospodarczą zarówno w zakresie gospodarowania odpadami, jak i w sektorze produkcji energii odnawialnej (m.in. operatorzy biogazowni, operatorzy regionalnych instalacji przetwarzania odpadów komunalnych, przedsiębiorstwa wytwarzające bioodpady), chcące je przetwarzać we własnym zakresie itp.

Założeniem projektowym jest ukazanie możliwości organizacyjnych, technicznych i biznesowych, które otwierają się przed sektorem MŚP na każdym etapie funkcjonowania proponowanego łańcucha kooperacyjnego (planowanie, zbieranie, transport, przetwarzanie, technologie recyklingu organicznego i wytwarzanie energii). Według Ustawy o odpadach dwie ostatnie pozycje są przetwarzaniem odpadów. Perspektywy wykorzystania energii (ciepło, energia elektryczna) i produktów o właściwościach nawozowych (masa pofermentacyjna lub komposty), które powstają w wyniku wdrożenia proponowanego rozwiązania, otwierają kolejne możliwości rozszerzenia działalności przez wybrane MŚP na terenie województwa mazowieckiego.

Innowacyjne rozwiązanie, opracowane w formie kompendium wiedzy dedykowanego przedsiębiorcom, jest dostępne w następujących blokach tematycznych:

- Przewodnik dla przedsiębiorcy: systemy zbierania, magazynowania i logistyki odbioru, autor: mgr inż. Anna Oniszk-Popławska;
- Kalkulator zasobowo-energetyczny z przykładem obliczeniowym, autor: mgr inż. Anna Oniszk-Popławska;
- Przewodnik dla przedsiębiorcy: technologie recyklingu organicznego i odzysku energii, autor: dr Ewa Krasuska;
- Przewodnik dla przedsiębiorcy: otoczenie formalno-prawne, autor: dr Ewa Krasuska.

Ponadto, przedstawiono dwa przykładowe modele biznesowe, które w przekonaniu autorek wydają się szczególnie atrakcyjne dla przedsiębiorców, wykorzystujących bioodpady pochodzenia komunalnego:

- **Model biznesowy 1:** Istniejące lub planowane biogazownie przyjmujące zmieszany strumień substratów. Jest to model biznesowy dla MŚP zainteresowanych wykorzystaniem dodatkowych substratów w istniejących lub planowanych biogazowniach, co pozwoli na zdobycie przewagi nad konkurencyjnymi firmami działającymi na rynku lokalnym.
- **Model biznesowy 2:** System kaskadowy wykorzystania odpadów zielonych: biogazownia, kompostownia, kocioł na biomasę. Jest to model biznesowy dla MŚP zainteresowanych stworzeniem nowych produktów i usług na bazie dostępnych odpadów zielonych (wytworzonych podczas wykonywanej działalności, np. w ramach pielęgnacji bądź konserwacji terenów zielonych).

Proponowana innowacja może stać się podstawą budowania strategii rozwoju przedsiębiorstwa w perspektywie następnych kilku lub kilkunastu lat. Umożliwia małym i średnim przedsiębiorcom wypracowanie nowego standardu usługowego, wdrożenie go, a następnie zdobycie dzięki niemu przewagi rynkowej.

Więcej informacji oraz elektroniczna wersja niniejszej publikacji, znajduje się na stronie internetowej pod adresem: <http://www.bioenergiadlaregionu.eu/pl/naukowcy-dla-gospodarki-mazowska/recykling-organiczny/>

2.1. Wybrane definicje odpadów

Bioodpady - Są to ulegające biodegradacji odpady z ogrodów i parków, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, firm gastronomicznych, zakładów zbiorowego żywienia, jednostek handlu detalicznego, a także porównywalne odpady z zakładów produkujących lub wprowadzających do obrotu żywność (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*). Bioodpady nie obejmują natomiast odpadów rolniczych, odchodów, osadów ściekowych, odpadów z leśnictwa, a także takich odpadów ulegających biodegradacji, jak włókna naturalne, papier czy tektura oraz tych produktów ubocznych produkcji żywności, które nigdy nie stają się odpadami (*Zielona Księga w sprawie gospodarowania bioodpadami w Unii Europejskiej*).

Biotona (niem. *Biotonne*) - W Niemczech uważa się, że odrębny system zbierania odpadów ogrodowych i kuchennych z prywatnych posesji jest zbyt dużym wysiłkiem organizacyjnym. Dlatego też wspomniane odpady najczęściej są gromadzone w jednym zbiorniku zwanym biotoną (definicja własna).

Odpady - Odpadami określa się wszystkie substancje lub przedmioty, których posiadacz pozbywa się, zamierza pozbyć się lub do których pozbycia się jest obowiązany (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Odpady gastronomiczne - To wszystkie odpady żywnościowe, w tym zużyty olej kuchenny pochodzący z restauracji, obiektów gastronomicznych i kuchni, łącznie z kuchniami zbiorowymi i domowymi (*definicja na podstawie Rozporządzenia Komisji (UE) nr 142/2011 z dnia 25 lutego 2011r. w sprawie wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, oraz w sprawie wykonania dyrektywy Rady 97/78/WE w odniesieniu do niektórych próbek i przedmiotów zwolnionych z kontroli weterynaryjnych na granicach w myśl tej dyrektywy*).

Odpady komunalne - Są to odpady powstające w gospodarstwach domowych, z wyłączeniem pojazdów wycofanych z eksploatacji. Zalicza się do nich także odpady niezawierające odpadów niebezpiecznych pochodzące od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych. Zmieszane odpady komunalne zgodnie z prawem nie zmieniają swojej pozycji w klasyfikacji odpadów, tzn. pozostają zmieszanymi odpadami komunalnymi, nawet jeżeli zostały poddane czynności przetwarzania odpadów, która nie zmieniła w sposób znaczący ich właściwości (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

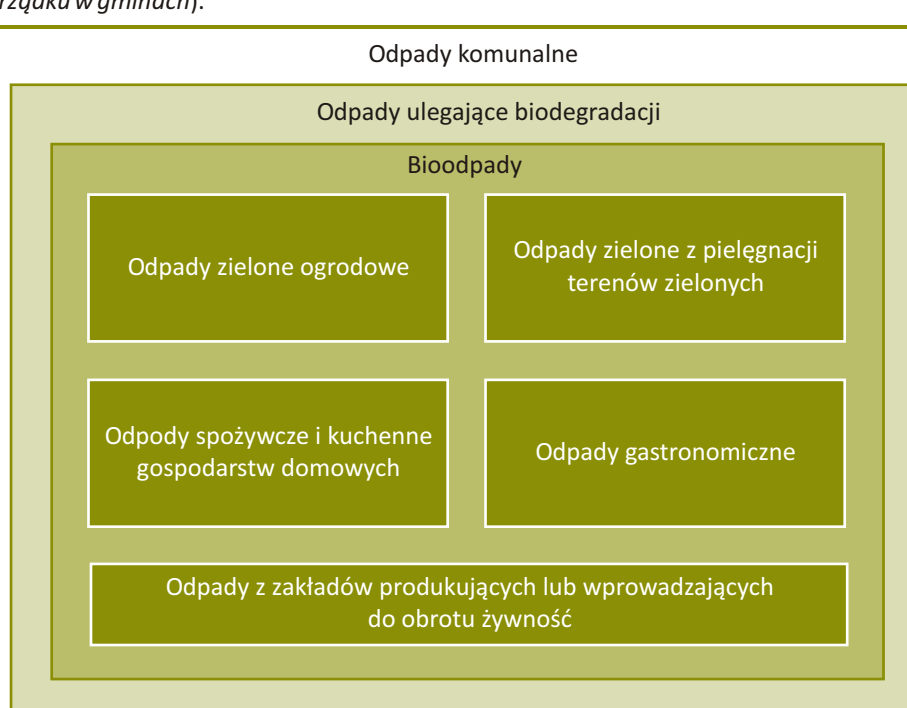
Odpady kuchenne - Określa się nimi odpady pochodzące z gospodarstw domowych i związane z przygotowywaniem posiłków, w tym resztki żywności i produkty spożywcze, które utraciły przydatność do spożycia (definicja własna).

Odpady ogrodowe - To odpady powstałe z pielęgnacji ogrodów, ogródków przydomowych. Zawierają ścinki traw i gałęzie drzew, zasadniczo stanowią część odpadów zielonych (definicja własna).

Odpady ulegające biodegradacji - Są to odpady, które ulegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu z udziałem mikroorganizmów (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Odpady zielone - To odpady komunalne, na które składają się części roślin pochodzących z pielęgnacji terenów zielonych, ogrodów, parków i cmentarzy, a także z targowisk, z wyłączeniem odpadów z czyszczenia ulic i placów (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Odpady z czyszczenia ulic i placów - Są to zanieczyszczenia uprzątnięte z chodników i jezdni (przez zmiotki uliczne) oraz odpady zgromadzone w przeznaczonych do tego celu pojemnikach ustawionych na chodniku (zawartość koszy ulicznych), a także błoto, śnieg i lód usuwane z powierzchni ulic (*art. 3. ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach*).



Rysunek 2. Zależności między definicjami różnych rodzajów odpadów biodegradowalnych i bioodpadów.

Źródło: opracowanie własne.

2.2. Pozostałe definicje

Biogazownia - To instalacja służąca do fermentacji metanowej, której głównym celem jest wytworzenie biogazu oraz przefermentowanego produktu (pofermentu).

Biologiczne procesy przetwarzania odpadów - Są to procesy przetwarzania odpadów ulegających biodegradacji. Można je podzielić na procesy tlenowe i beztlenowe. Do procesów tlenowych należy stabilizacja i kompostowanie. Natomiast do procesów beztlenowych zalicza się fermentację metanową oraz stabilizację beztlenową (*definicja własna*).

Fermentacja metanowa - Jest to proces recyklingu organicznego, którego głównym celem jest wytworzenie biogazu oraz przefermentowanego produktu (*definicja własna*).

Fermentat/poferment/produkt fermentacji/masa pofermentacyjna - Jest to przefermentowany produkt będący wynikiem fermentacji metanowej, który spełnia kryteria jakościowe nawozów organicznych lub środków wspomagających uprawę roślin (*definicja własna*).

Kompost/produkt kompostowania - To produkt procesu kompostowania, który spełnia kryteria jakościowe nawozów organicznych lub środków wspomagających uprawę roślin (*definicja własna*).

Kompostowanie - Kompostowanie to proces recyklingu organicznego (R3), którego głównym celem jest wytworzenie kompostu (*definicja własna*).

Nawozy organiczne - Są to nawozy wyprodukowane z substancji organicznej lub z mieszanin substancji organicznych. Do tej grupy zalicza się m.in. komposty, w tym również te wytworzone z wykorzystaniem działalności dżdżownic (*art. 2. ust 1. ustawy o nawozach i nawożeniu*).

Odzysk - Odzyskiem nazywa się każdy proces, w wyniku którego odpady mogą zastąpić inne materiały, które w przeciwnym przypadku musiałyby być użyte do spełnienia danej funkcji, lub w wyniku którego odpady są przygotowywane do spełnienia takiej funkcji w danym zakładzie lub ogólnie w gospodarce (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Odzysk energii - To termiczne przekształcanie odpadów w celu odzyskania energii (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Podłoże do upraw - Określa się nim materiał inny niż gleba, w tym substraty, w którym są uprawiane rośliny (*art. 2. ust 1. ustawy o nawozach i nawożeniu*).

Przetwarzanie - To procesy odzysku lub unieszkodliwiania odpadów, w tym przygotowania poprzedzające odzysk lub unieszkodliwianie (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Recykling - Recyklingiem nazywany jest odzysk, w ramach którego odpady są ponownie przetwarzane na produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach; proces ten obejmuje ponowne przetwarzanie materiału organicznego (recykling organiczny), ale nie dotyczy odzysku energii i ponownego przetwarzania odpadów na materiały, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do wypełniania wyrobisk (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Recykling organiczny - Obejmuje on ponowne przetwarzanie materiału organicznego, np. bioodpadów, na produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach. Nie dotyczy on jednak odzysku energii i ponownego przetwarzania odpadów na materiały, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do wypełniania wyrobisk (*na podstawie art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Regionalna instalacja do przetwarzania odpadów komunalnych (RIPOK) - To zakład zagospodarowania odpadów dysponujący mocą przerobową wystarczającą do przyjmowania i przetwarzania odpadów z obszaru zamieszkałego przez co najmniej 120 tys. mieszkańców, a także spełniający wymagania najbardziej zaawansowanych dostępnych technik lub technologii, o których mowa w *art. 143 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001r. Prawo ochrony środowiska*, oraz zapewniający termiczne przekształcanie odpadów lub realizujący dowolny proces z niżej wymienionych:

- mechaniczno-biologiczne przetwarzanie zmieszanych odpadów komunalnych i wydzielanie z nich frakcji nadających się w całości lub w części do odzysku;
- przetwarzanie selektywnie zebranych odpadów zielonych i innych bioodpadów, a następnie wytwarzanie z nich produktu o właściwościach nawozowych, środków wspomagających uprawę roślin (spełniających wymagania określone w przepisach odrębnych) lub materiału po procesie kompostowania bądź fermentacji dopuszczonego do odzysku w procesie odzysku R10 (*spełniającego wymagania określone w przepisach wydanych na podstawie art. 30 ust. 4*);
- składowanie odpadów powstających w procesie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych oraz pozostałości z sortowania odpadów komunalnych o objętości 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 (*art. 35. ust 6. ustawy o odpadach*).

Selektywne zbieranie - To takie zbieranie, w ramach którego dany strumień odpadów, aby ułatwić przetwarzanie, obejmuje jedynie odpady charakteryzujące się takimi samymi właściwościami i cechami (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*).

Środek poprawiający właściwości gleby - Pojęciem tym nazywa się substancje dodawane do gleby, w celu poprawy jej właściwości lub parametrów chemicznych, fizycznych, fizykochemicznych lub biologicznych. Nie zalicza się do nich dodatków do wzbogacenia gleby wytworzonych wyłącznie z produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, w rozumieniu przepisów Rozporządzenia (WE) nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 października 2002r. ustanawiającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi.

Środki wspomagające uprawę roślin - Są to środki poprawiające właściwości gleby, stymulatory wzrostu i podłoża do upraw (*art. 2. ust 1. ustawy o nawozach i nawożeniu*).

Tereny zieleni - To tereny pokryte roślinnością wraz z infrastrukturą techniczną i budynkami funkcjonalnie z nimi związanymi, znajdujące się w granicach wsi o zwartej zabudowie lub miast, pełniące funkcje estetyczne, rekreacyjne, zdrowotne lub osłonowe, w szczególności parki, zieleńce, promenady, bulwary, ogrody botaniczne,

zoologiczne, jordanowskie i zabytkowe oraz cmentarze, a także zieleń towarzysząca ulicom, placom, zabytkowym fortyfikacjom, budynkom, składowiskom, lotniskom oraz obiektom kolejowym i przemysłowym (art. 5 pkt. 21 ustawy o ochronie przyrody).

Termiczne przekształcanie odpadów - Pojęcie to może oznaczać:

- spalanie odpadów przez ich utlenianie,
- inne niż wskazane w wcześniejszym punkcie - procesy termicznego przetwarzania odpadów, w tym pirolizę, zgazowanie i proces plazmowy, o ile substancje powstające podczas tych procesów są następnie spalane (art. 3. ust 1. ustawy o odpadach).

Unieszkodliwianie odpadów - Jest to proces niebędący odzyskiem, nawet jeśli jego wtórnym skutkiem jest odzysk substancji lub energii (art. 3. ust 1. ustawy o odpadach).

Wytwórca odpadów - Wytwórcą odpadów jest każdy, którego działalność lub bytowanie powoduje powstawanie odpadów (pierwotny wytwórca odpadów) oraz każdy, kto przeprowadza wstępną obróbkę, mieszanie lub inne działania powodujące zmianę charakteru lub składu tych odpadów. Wytwórcą odpadów powstających w wyniku świadczenia usług w zakresie budowy, rozbiórki, remontu obiektów, czyszczenia zbiorników lub urządzeń oraz sprzątania, konserwacji i napraw jest podmiot, który świadczy usługę, chyba że umowa o świadczenie usługi stanowi inaczej (art. 3. ust 1. ustawy o odpadach).

Zbieranie odpadów - gromadzenie odpadów przed ich przetransportowaniem do miejsc przetwarzania, w tym wstępne sortowanie nieprowadzące do zasadniczej zmiany charakteru i składu odpadów, a tym samym niepowodujące zmiany klasyfikacji odpadów oraz tymczasowe magazynowanie odpadów (art. 3. ust 1. ustawy o odpadach).





ANALIZA ZASOBOWA MOŻLIWOŚCI SELEKTYWNEGO ZBIERANIA BIOODPADÓW POCHODZENIA KOMUNALNEGO

3.1. Odpady kuchenne i ogrodowe z terenów zamieszkałych

Możliwość pozyskiwania selektywnie zbieranych odpadów kuchennych należy rozpatrywać zawsze w odniesieniu do warunków lokalnych. W związku z tym bez wstępnych analiz dotyczących konkretnego terenu, trudno sformułować jednoznaczną ocenę, czy w danym przypadku selektywne zbieranie będzie działaniem racjonalnym. W krajach, w których zorganizowano systemy selektywnego zbierania, sporządza się dane wskaźnikowe dotyczące jednostkowego wytwarzania odpadów oraz ich zbierania w przeliczeniu na jednego mieszkańca, ze szczególnym uwzględnieniem funkcji zabudowy mieszkaniowej (jednorodzinna, wielorodzinna, miejska, wiejska). Ważna jest ocena nie tylko ilości wytwarzanych odpadów, lecz także stopnia zaangażowania mieszkańców (tj. poziomu uczestnictwa w selektywnym zbieraniu). W krajach, w których wprowadzano systemy selektywnego zbierania dla odpadów kuchennych zauważono, że poziom partycypacji jest znacznie niższy na terenach zabudowy wielorodzinnej. Innym ważnym czynnikiem, który należy uwzględnić, jest logistyka odbioru na terenach wiejskich, ze względu na niską gęstość zaludnienia, koszt pozyskiwania tej samej ilości odpadów jest znacznie większy niż na terenach zurbanizowanych.

Tabela 1. Możliwość pozyskiwania selektywnie zbieranych odpadów kuchennych z terenów o różnych funkcjach zabudowy mieszkaniowej.

Funkcja zabudowy i zagospodarowania terenu	Gęstość zaludnienia M/km ² (M/ha)	Ilość odpadów M/r	Poziom partycypacji	Logistyka odbioru
Centrum miasta i tereny silnie zurbanizowane	>1750 (>175)	mniejsza	bardzo niski	bardzo trudna
Tereny zurbanizowane poza ścisłym centrum, zabudowa wielorodzinna	750-1750 (75-175)	mniejsza	niski	trudna
Przedmieścia lub małe miasta, zabudowa jednorodzinna	150-750 (15-75)	duża	wysoki	łatwa
Obszary niezurbanizowane (wiejskie)	<150 (15)	mniejsza (własne kompostowniki)	średni	trudna

M - w przeliczeniu na 1 mieszkańca.

Źródło: [1].

Ile odpadów kuchennych można pozyskać w przeliczeniu na jednego mieszkańca?

Oceniając możliwość pozyskiwania odpadów kuchennych z danego terenu, należy każdorazowo uwzględniać specyfikę lokalną. W landach należących do dawnego RFN jednostkowa ilość selektywnie zbieranych i odbieranych odpadów kuchennych w przeliczeniu na 1 mieszkańca wyniosła średnio 52-53 kg/M/r, natomiast w landach byłego NRD 31 kg/M/r. Równie znaczący był rozrzut zakresu wartości tego wskaźnika w poszczególnych landach: 10-127 kg/M/r [2], [3], [4].

Przeciętne gospodarstwo w warunkach szwedzkich wytwarzało 34,2 kg/M/r odpadów kuchennych [5], w Austrii możliwość pozyskiwania odpadów, w zależności od regionu, wahała się w granicach 29-88 kg/M/r [6]. W poszczególnych krajach występują również różnice pomiędzy ilością generowaną a zbieraną na terenach wiejskich i słabiej zaludnionych oraz na obszarach silnie zurbanizowanych [2], [32]. Należy również uwzględnić aspekt wahań sezonowych - w letnich miesiącach powstaje więcej odpadów kuchennych ze względu na większy udział warzyw i owoców w przygotowywanych posiłkach [4].

Ile odpadów ogrodowych można pozyskać?

Zakłada się, że właściciele posesji koszą trawę co 1-2 tygodnie. Ilość powstających odpadów ogrodowych (trawiastych) wynosi 0,5-4 kg/r na metr powierzchni biologicznie czynnej, w zależności od częstotliwości koszenia [3]. W Polsce na prywatnych posesjach trawniki kosi się raz na 1-3 tygodnie.

Tabela 2. Wskaźniki powierzchni biologicznie czynnej w zależności od rodzaju zabudowy mieszkaniowej służące do obliczania ilości pozyskiwanych odpadów ogrodowych z prywatnych posesji*.

Zabudowa mieszkaniowa	Oznaczenie urbanistyczne	Wysokość zabudowy	Procent powierzchni biologicznie czynnej
Tereny zabudowy jednorodzinnej	MN		
* Skoncentrowana niska (zwarta zabudowa przedmieść)	MN	<12 m	40%
* Skoncentrowana niska (szeregowa)	MN	<12 m	40%
* Bliźniacza	MN	<12 m	40%
* Otwarta niska, ekstensywna (wolnostojące domy)	MNZ	<12 m	60%
Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej na działkach leśnych	MN-L		75%
Tereny zabudowy zagrodowej	RM	<12 m	60%
Tereny zabudowy wielorodzinnej	MW	<12 m	
* Zwarta wysoka	MW	>25 m	5%
* Zwarta średniowysoka	MW	12-25 m	25%
* Otwarta średniowysoka	MW	12-25 m	30%
* Otwarta wysoka	MW	>25 m	50%

* Wartości przykładowe, najbardziej typowe.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [7].

Analizując możliwość pozyskiwania odpadów ogrodowych, najlepiej posłużyć się wskaźnikiem powierzchni biologicznie czynnej dla danego terenu (części działki, która ma pozostać wolna od zabudowy). Wskaźnik ten wykorzystywany jest w analizach urbanistycznych, takich jak polityka przestrzenna gminy (tj. studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy) - oraz w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego.

Czy odpady kuchenne i ogrodowe należy zbierać razem czy oddzielnie?

W Niemczech uważa się, że odrębny system zbierania odpadów ogrodowych i kuchennych z prywatnych posesji jest zbyt dużym wysiłkiem organizacyjnym, dlatego też odpady te najczęściej są gromadzone w jednym zbiorniku, zwanym biotoną [8]. Z tego względu bioodpady z konserwacji zieleni na prywatnych posesjach są zaliczane zazwyczaj do odpadów ogrodowych, a nie do odpadów zielonych. Ten system obejmuje 80% obywateli Niemiec, jednak jedynie 50-60% ludności korzysta z niego ze względu na masowe użytkowanie własnych przydomowych kompostowników [1].

W niektórych miejscach rozważano natomiast wprowadzenie systemu zbierania odpadów kuchennych i ogrodowych oddzielnie, m.in. dla mieszkańców Hamburga przewidziano możliwość selektywnego zbierania ściętej trawy w workach o objętości 100 litrów [9]. W Wielkiej Brytanii również zdarza się, że odpady ogrodowe i kuchenne zbierane są osobno. Przykładem funkcjonowania takiego systemu może być sposób przeprowadzania selektywnego zbierania przez M. i Ł. Szyrmerów - Polaków mieszkających w Londynie. Odpady kuchenne gromadzone są w workach o objętości 8 litrów, a następnie przenoszone do większego kontenera usytuowanego w wiacie śmietnikowej na zewnątrz budynku. Większy zbiornik ustawia się co tydzień przy krawężniku ulicy, skąd odpady są odbierane przez przystosowane do tego celu pojazdy i transportowane do miejskiej kompostowni. Odpady ogrodowe gromadzone są w workach o objętości 170 litrów i odbierane co dwa tygodnie.

3.2. Odpady gastronomiczne

Zakaz skarmiania zwierząt odpadami gastronomicznymi spowodował zwiększenie zainteresowania możliwościami wykorzystania tych substancji w inny sposób, tj. do produkcji kompostu lub energii [10]. Treści zawarte w niniejszej części opracowania, mogą okazać się przydatne zarówno dla MŚP prowadzących działalność gastronomiczną, jak i dla przedsiębiorstw odbierających odpady gastronomiczne i transportujących je do kompostowni lub biogazowni.

Ilość powstających odpadów gastronomicznych szacuje się średnio na 175 g/posiłek [10]. W praktyce wielkość ta zależy od bardzo wielu czynników, np.:

- czy oferta menu jest szeroka (im bogatsza, tym więcej odpadów powstaje podczas przygotowywania posiłków)?
- czy posiłki powstają na miejscu, czy są dowożone (praktyka spotykana m.in. w przedszkolach, szpitalach najczęściej odpadów powstaje podczas przygotowywania posiłków)?
- czy posiłki są serwowane sezonowo?



Fotografia 1. Zbiórka odpadów kuchennych i ogrodowych w Londynie.
Źródło: opracowanie własne na podstawie dokumentacji fotograficznej (M. i Ł. Szyrmerowie).

Tabela 3. Jednostkowe ilości odpadów gastronomicznych powstających w różnych punktach.

Miejsce generowania odpadów gastronomicznych	Jednostkowe ilości	Dodatkowe informacje
Przedszkola	97 kg/miejsce/r	100-150 miejsc
Szkoły	200-300 g/porcję; 12 kg/miejsce/r	600 miejsc, ale nie wszyscy korzystają ze stołówek
Szpitala, domy starców	458-620 g/pacjenta/d; 138 g/posiłek	500 porcji dziennie
Stołówki zakładowe	110,6-151 g/porcję; 27,6 kg/osobę/r	250 dni w roku
Bary, kawiarnie	37 kg/miejsce/r; 0,74 kg/M/r	30-50 miejsc
Restauracje	500 g/porcję; 90 kg/miejsce/r; 4,6 kg/M/r	50 -100 miejsc 250-600 porcji dziennie
Hotele 4-5 gwiazdkowe i 1-3 gwiazdkowe	386 g/tółko/d; 345 g/tółko/d	100-500 miejsc
Koszary	211 g/posiłek	brak danych

Źródło: [11].

W przypadku odpadów gastronomicznych dopuszcza się ich macerację przed skierowaniem ich do specjalnego zbiornika, który jest następnie odbierany przez wyspecjalizowaną firmę. Zgodnie z austriackimi badaniami, wadą stosowania młynków koloidalnych jest znacznie podwyższone uwodnienie zawiesiny (na 1 kg odpadów przypada ok. 11,5-14,6 litra wody) [11].

Dzięki zastosowaniu prasy w większych kuchniach możliwe jest zagęszczanie odpadów gastronomicznych i zmniejszanie ich objętości o 10-20%. Daje to obniżkę kosztów logistyki odbioru [11].

Kontenery, w których gromadzi się odpady gastronomiczne, są czyszczone bezpośrednio w miejscu użytkowania przez firmę odbierającą odpady bądź następuje ich wymiana (pełnego kontenera na pusty). W pierwszym przypadku po procesie czyszczenia następuje osuszanie kontenerów sprężonym powietrzem [12].

Kontenery używane do gromadzenia odpadów gastronomicznych mają zazwyczaj objętość 40-90 litrów (w małych punktach gastronomicznych) lub 120-240 litrów (w większych obiektach). W systemie HoGa Partner stosowanym w małych restauracjach, odpady kuchenne są mieszane razem z olejem posmażalniczym. Substancję tę gromadzi się w osobnych kontenerach o objętości 25-80 litrów jedynie w większych obiektach gastronomicznych [12].

Z systemu HoGa Partner korzysta m.in. szkoła policyjna Hitzkirch w Szwajcarii. W ciągu tygodnia wydaje się tam 200 posiłków, które są przygotowywane na miejscu ze świeżych produktów. W rezultacie powoduje to wypełnienie 4 kontenerów tygodniowo. Pojemniki te są szczelnie zamykane, co uniemożliwia wydostawanie się nieprzyjemnych zapachów. Według HoGa Partner nie ma potrzeby chłodzenia gromadzonych odpadów, jeżeli okres magazynowania nie przekracza 7 dni. W praktyce jednak należy zwracać szczególną uwagę na możliwość wystąpienia uciążliwości zapachowej nawet po 2 dniach [32]. Odpady są odbierane przez specjalnie zaprojektowany do tego celu tabor samochodowy HoGa Partner. W momencie odbioru kontenery dezynfekuje się i osusza (proces trwa ok. 4 minut), a następnie odpady wywozi się do przeznaczonych do tego miejsc. Odpady gastronomiczne są dodatkowo poddawane obróbce mechanicznej przed użyciem ich jako wsadu do biogazowni ze względu na możliwość występowania zanieczyszczeń, takich jak kawałki talerzy czy sztućce [13].

Częstotliwość odbioru zależy od tego, jak duży jest zakład gastronomiczny w przypadku małych firm może to być raz w tygodniu, w przypadku większych nawet codziennie. Odpady z kilkunastu punktów gastronomicznych w Kantonie Lucerna w Szwajcarii są dostarczane jako wsad do biogazowni Inwil, która przerabia ponad 60 tys. ton substratów i wytwarza ponad 2 miliony m³ biogazu rocznie [12].

3.3. Odpady z terenów konserwacji zieleni (odpady zielone)

Odpady zielone to odpady komunalne stanowiące części roślin pochodzących z pielęgnacji terenów zielonych, ogrodów, parków i cmentarzy, a także z targowisk, z wyłączeniem odpadów z czyszczenia ulic i placów (*art. 3. ust 1. ustawy o odpadach*). Odpady zielone powstają w wyniku pielęgnacji lub konserwacji terenów zieleni. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2004r. Nr 92, poz. 880 ze zm., art. 5 pkt. 21) określa tereny zieleni jako tereny pokryte roślinnością wraz z infrastrukturą techniczną i budynkami funkcjonalnie z nimi związanymi. Znajdują się one w granicach wsi o zwartej zabudowie lub miast, pełnią funkcje estetyczne, rekreacyjne, zdrowotne lub osłonowe. Zalicza się do nich w szczególności parki, zieleńce, promenady, bulwary, ogrody botaniczne, zoologiczne, jordanowskie i zabytkowe oraz cmentarze, a także zieleń towarzyszącą ulicom, placom, zabytkowym fortyfikacjom, budynkom, składowiskom, lotniskom oraz obiektom kolejowym i przemysłowym.

A. Szulc [14] proponuje następujący podział, użyteczny z punktu widzenia firm zajmujących się konserwacją zieleni:

1. Otwarte tereny wypoczynku biernego i czynnego, takie jak parki spacerowo-wypoczynkowe, ludowe (kultury), zieleńce, bulwary, promenady.
2. Tereny zieleni specjalnego przeznaczenia: pasy zieleni izolacyjnej, zieleń towarzysząca szlakom komunikacyjnym (w tym komunikacji ulicznej, drogowej, kolejowej, powietrznej i wodnej), ogrody dydaktyczne i działkowe oraz cmentarze, parki i ogrody zabytkowe.

Tabela 4. Rodzaje terenów zieleni ze wskaźnikami szacowania zasobów.

Rodzaj terenu zieleni	Symbol
Tereny zieleni leśnej na terenie miast	ZL
Tereny zagrożone powodzią*	ZZ
Tereny zieleni urządzonej	ZP
* Parki, zieleńce, skwery	ZP-p
* Parki leśne	ZP-l
* Ogrody botaniczne	ZP-b
* Ogrody zoologiczne	ZP-z
* Ogrody jordanowskie	ZP-j
* Inne tereny zieleni urządzonej	ZP-r
Tereny ogródków działkowych	ZD
Tereny cmentarzy	ZC
Tereny usług sportu i rekreacji	US
* Tereny sportowe z nawierzchnią trawiastą	US-s
* Pola golfowe	US-s
Tereny obiektów i urządzeń transportu kolejowego	KK
* Dworce, przystanki i inne obiekty związane z ruchem pasażerskim	KKp
* Tereny wzdłuż torowisk kolejowych	KK
Tereny wzdłuż linii wód powierzchniowych śródlądowych (rzeki, jeziora, stawy, kanały itp....)	WS
Tereny nadrzecznej zieleni naturalnej (łęgi nadrzeczne itp...)	ZZ-ZR
Tereny zieleni naturalnej	ZN
Tereny zieleni izolacyjnej wzdłuż dróg "	ZP-l
* A - autostrady	KD-A
* S - drogi ekspresowe	KD-S
* GP - drogi główne ruchu przyspieszonego	KD-GP
* G - drogi główne	KD-G
* Z - drogi zbiorcze	KD-Z
* L - drogi lokalne	KD-L
	KD-D

*Inne stosowane nazwy to m.in.: Obszary zagrożone powodzią WOPR, Obszary szczególnego zagrożenia powodzią (po ich wyznaczeniu przez RZGW), Obszary o ograniczonej i niskiej retencji.

Źródło: opracowanie własne.



Innego podziału używają natomiast urbaniści do planowania rozmieszczenia terenów zieleni w przestrzeni miasta. W niniejszym opracowaniu właśnie tę drugą kategoryzację uznaje się za bardziej odpowiednią do szacowania potencjału pozyskiwania bioodpadów do recyklingu organicznego i odzysku energii. Podział ten przedstawiony został w powyższej tabeli (z uwzględnieniem obowiązujących oznaczeń planistycznych).

Fotografia 2. Zbiórka zieleni miejskiej.
Źródło: zasoby własne.

Pozyskiwanie odpadów zielonych trawiastych

Częstotliwość koszenia trawy może wahać się od 1 razu w roku do 1 razu w tygodniu (np. w przypadku terenów reprezentacyjnych) [15], [16]. Jeśli pielęgnacja trawy jest przeprowadzana w trybie intensywnym (powyżej 5 zabiegów w ciągu roku), to można pozostawić ją na miejscu koszenia bez zgrabiania (zabieg zwany mulczowaniem), ponieważ pokos jest na tyle krótki, że stanowi materiał polepszający glebę. Częste koszenie czyni jednak tym samym odbiór odpadów mało opłacalnym - koszty logistyki mogą przewyższać w tym przypadku potencjalne zyski z pozyskanego materiału. Tereny zieleni ulicznej ścinane są zazwyczaj 3-4 razy do roku: koszenie wiosenne (w maju), koszenie letnie (koniec lipca) oraz 1-2 koszenia jesienne (wrzesień-październik). Trawy koszone wiosną charakteryzują się dużą wilgotnością. Późnym latem zbiera się trawę podsuszoną o dużej zawartości ligniny, którą można co prawda wykorzystać jako materiał do spalania. Nie stanowi ona jednak wartościowego wsadu do biogazowni. Do zakiszania (z przeznaczeniem do biogazowni) zaleca się wykorzystywanie pokosu wiosennego i jesienno. Koszenie letnie natomiast, ze względu na wspomniane wyżej właściwości pozyskanego materiału, powinno być kierowane do kompostowni albo do spalania (termiczne przekształcanie z odzyskiem energii) [9].

Analiza wykonana dla Hamburga wykazała, że koszty wykonywania cięć 6 razy do roku z mulczowaniem są porównywalne z wydatkami ponoszonymi w alternatywnym systemie, polegającym na koszeniu 3 razy do roku ale z dodatkowymi nakładami na zbieranie pokosu. Zaletą drugiego rozwiązania jest możliwość uzyskania dodatkowych przychodów z tytułu odzysku energii¹[9]. Tabor samochodowy może zostać wyposażony

1) W warunkach niemieckich koszt pierwszego rozwiązania to 3000 EUR/ha, tj. 500 EUR/ha/koszenie, natomiast drugiego to 3900 EUR/ha (3x 1300 EUR/ha ze zbieraniem), a po uwzględnieniu kosztów wywozu to ok. 25 EUR/Mg, co daje 2-5 EUR/Mg nadwyżki finansowej i oznacza, że koszenie rzadsze (ale ze zbieraniem) jest bardziej opłacalne. Koszt zbierania traw to ok. 12,5-17 EUR/Mg (przy uwodnieniu pokosu 70%) [9].

w dmuchawę oraz rurę zasysającą, co umożliwi szybki zbiór pokosu (dzięki tzw. odkurzaniu). Konserwacja zieleni wykonywana rzadziej, ale za to z odzyskiem materiałowym i energetycznym, jest o wiele bardziej korzystna nie tylko pod względem finansowym, lecz także z punktu widzenia środowiska naturalnego.

Koszenie należy przeprowadzać zgodnie z planowanym sposobem wykorzystania pokosu - zależnie od tego, czy będzie on kierowany do biogazowni, czy będzie przeznaczony do przetwarzania termicznego (spalania) lub do kompostowania. Do koszenia traw, które mają być posłużyć jako wsad do biogazowni, najlepiej używać kosiarek z funkcją rozdrabniania. Pokosu przeznaczonego do fermentacji nie powinno pozostawiać się do przesuszania, należy go od razu zebrać i przewieźć do zakiszania. Do tego procesu wykorzystuje się trawy pierwszego wiosennego koszenia (ewentualnie z wrześniowego). Najlepiej, aby najpóźniej 3-5 dni po skoszeniu odpady zielone trawiaste trafiały do silosów przejazdowych znajdujących się przy instalacji biogazowej [10], [9], [17]. Trudnością technologiczną w organizacji zbierania traw, zgodnie z podanymi powyżej zaleceniami, jest z perspektywy ekonomicznej, konieczność zapełniania kontenera zbiorczego. Trzeba jednak pamiętać, że ze względu na możliwość rozwoju grzybów i pleśni, niewłaściwie przechowywane trawy, nie nadają się do wykorzystania jako wsad do biogazowni.

Ilość pozyskiwanych odpadów zielonych stanowi wypadkową interesów dwóch podmiotów: samorządów, które w dobie kryzysu będą dążyć do ograniczenia wydatków na konserwację zieleni w mieście, i operatora instalacji, który zawsze będzie zainteresowany tym, aby ilość odpadów nie podlegała wahaniom koniunktury gospodarczej [15]. Mniejsza ilość bezpłatnie otrzymywanych odpadów oznacza bowiem, że na potrzeby instalacji zaprojektowanej na określoną przepustowość niezbędne będzie pozyskiwanie dodatkowych substratów z innych źródeł, np. z sąsiednich gmin (zwiększona odległość dowozu oznacza wzrost kosztów logistyki) czy rynku (uzupełnianie wsadu płatnymi substratami - koszt kiszonki kukurydzy to ok. 100 zł/Mg).

Pozyskiwanie odpadów zielonych zdrewniałych

Od 25% (zimą) do 30% (latem) odpadów zielonych powstałych w wyniku pielęgnacji drzew i krzewów stanowi frakcja nadsitowa, która może być wykorzystywana w celach energetycznych. Pozostała część nadaje się głównie do kompostowania (m.in. jako materiał strukturotwórczy) [10].

Ze względu na brak ulistnienia oraz wstrzymanie krążenia soków w porze zimowej, dzięki czemu wilgotność bioodpadów jest mniejsza, zaleca się zbiórkę odpadów zielonych powstałych w wyniku pielęgnacji drzew w miesiącach zimowych [4]. W ramach prac konserwacyjnych wykonywanych w tym okresie ścina się gałęzie. Następnie zaś poddaje się je zrębkowaniu i przesiewaniu.

Dla niektórych odpadów zielonych zdrewniałych częstotliwość wywozu wynosi 1-3 razy do roku (wiosna, jesień, odbiór drzewek bożonarodzeniowych), w tym celu podstawia się specjalne kontenery, do których można wrzucać odpady zdrewniałe. Często firmy stosują ograniczenia w tym zakresie, np. obwód pnia powinien wynosić do 10 lub 20 cm [18]. Indywidualnie można ustalać warunki odbioru większych odpadów, które muszą jednak być pocięte na segmenty o masie maksymalnie 25 kg i długości maksymalnie 1,5 m. Możliwa jest również samodzielna ich dostawa

do instalacji recyklingu organicznego, tj. biogazowni lub kompostowni. W Austrii odpady zielone są zbierane przez mieszkańców do 110-litrowych worków (1,9 EUR/szt.), a w Wielkiej Brytanii do worków o objętości 170 litrów.

Wykorzystywanie wysoko specjalistycznego sprzętu do pozyskiwania odpadów zielonych to nie zawsze najlepszy wybór. Specyfika rozlokowania odpadów rzutuje na ekonomię ich pozyskiwania. Odpady te są często rozproszone w różnych punktach miasta, dlatego w niektórych przypadkach znacznie lepiej sprawdzają się proste manualne zabiegi pielęgnacyjne niż kosztowne rozwiązania sprzętowe, które zaprojektowano dla specyficznych warunków (np. adaptacja sprzętu przeznaczonego do zbierania biomasy leśnej nie zawsze będzie miała ekonomiczne uzasadnienie w mieście).

Tereny zieleni towarzyszącej szlakom komunikacyjnym

Za tereny zieleni towarzyszącej szlakom komunikacyjnym uznaje się:

- Tereny zieleni izolacyjnej wzdłuż dróg:
 - * A - autostrady,
 - * S - drogi ekspresowe,
 - * GP - drogi główne ruchu przyspieszonego,
 - * G - drogi główne,
 - * Z - drogi zbiorcze,
 - * L - drogi lokalne,
 - * D - drogi dojazdowe.
- Tereny obiektów i urządzeń transportu kolejowego:
 - * dworce, przystanki i inne obiekty związane z ruchem pasażerskim,
 - * tereny wzdłuż torowisk kolejowych.

W Polsce drogi krajowe i wojewódzkie podlegają GDDKiA, która szacuje, że konserwacją zieleni objęta jest powierzchnia 18 520 ha [19], pozostałymi drogami administrują jednostki budżetowe, najczęściej zarządy transportu miejskiego. W Polsce drogi gminne stanowią 54% długości wszystkich dróg, drogi powiatowe - 33%, drogi krajowe - 5%, drogi wojewódzkie - 8%. Zieleni znajdująca się przy drogach lokalnych i dojazdowych nie jest poddawana systematycznym zabiegom konserwacyjnym.

Zielen wzdłuż dróg dzieli się na izolacyjną, osłonową, projektowaną przy przejściach dla zwierząt i przy ekranach akustycznych oraz zielen ozdobną w rejonach węzłów i skrzyżowań [14]. Zielen wzdłuż dróg poza tradycyjnie przypisanymi jej funkcjami (ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko, ochrona przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń pyłowych i hałasem, wchłanianie zanieczyszczeń płynnych, łagodzenie konfliktów społecznych, ochrona przed erozją nasypów), posiada również nową, dodatkową wartość, a mianowicie możliwość odzysku energii. Podczas konserwacji zieleni wzdłuż dróg zawsze należy mieć na uwadze nadrzędnosc przepisów ruchu drogowego [19].

W Niemczech zbadano udział poszczególnych typów roślinności wzdłuż dróg - trawy stanowiły 40% powierzchni (materiał do biogazowni), krzaki - 25% (materiał do kompostowni), drzewa - 35% (materiał do spalania) [20].

Metody konserwacji zieleni wzdłuż dróg można podzielić na systemy intensywne oraz systemy ekstensywne. Trawy wzdłuż dróg są przeważnie ścinane 1-3 razy w roku, natomiast zieleń towarzysząca drogom lokalnym z reguły nie jest poddawana zabiegom pielęgnacyjnym [10].

Powierznię konserwacji zieleni wzdłuż dróg można obliczyć, mnożąc dwie wartości: długość drogi przez szerokość koszenia, która dla autostrad wynosi 4-5 m (0,8-1,0 ha/km), dla dróg szybkiego ruchu - 3 m (0,6 ha/km), a dla dróg ponadlokalnych - 2 m (0,4 ha/km). W razie zapotrzebowania możliwe jest dalsze poszerzenie powierzchni konserwacji zieleni do 5-10 m z obu stron autostrady [10]. Na ten aspekt zwraca się uwagę w szczególności w odniesieniu do warunków niemieckich, w których wyczerpują się powoli możliwości łatwego pozyskiwania biomasy leśnej czy pochodzącej z upraw energetycznych.

Możliwe jest belowanie świeżej trawy uzyskanej dzięki pielęgnacji dróg, przeznaczonej do zakiszania i wykorzystywanej w biogazowni. Takich rozwiązań zazwyczaj jednak nie stosuje się ze względu na koszty - bardziej popularne są silosy przejazdowe. Zbieranie traw to proces kłopotliwy logistycznie, ponieważ silosy należy wypełnić materiałem przeznaczonym do zakiszania w terminie 3-5 dni od momentu skoszenia [10]. Ilość pozyskiwanych odpadów zielonych zdrewniałych wyrażona w jednostkach to:

- 3,4 Mg/ha/r - z autostrad,
- 4,1/Mg/ha/r - z innych dróg.

Wskaźnik ten w przypadku powierzchni wzdłuż dróg waha się w granicach 1-4 Mg/km. W Niemczech obowiązują przepisy, zgodnie z którymi co 5-10 lat każde drzewo powinno być przycinane, co dodatkowo podwyższa uzysk biomasy o 20-40% [10]. W Polsce przepisy ustawy z dnia 16 kwietnia 2004r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2004r. Nr 92, poz. 880) nie zezwalają na cięcia prześwietlające inne niż interwencyjne: usunięcie obumarłych konarów czy działania w przypadkach zagrożenia bezpieczeństwa. Ten stan obowiązuje ze względu na łamanie przez Polaków przepisów polegających na nadmiernej wycince drzew [21].

Bioodpady z terenów kolei

Pozyskiwanie traw z terenów kolei nie jest praktykowane, a chwasty z reguły zwalcza się przez stosowanie oprysków chemicznych. Istnieje jednak możliwość pozyskiwania frakcji zdrewniałej: drzewa i krzaki poddawane są zabiegom konserwacji zieleni ze względów na konieczność zapewnienia bezpieczeństwa przejazdu taboru kolejowego. W odległości 2,5-8 m od krawędzi torów podejmuje się działania zapobiegające nadmiernemu rozrostowi krzaków i drzew. Zabiegi te wiążą się często z utrudnieniami, ponieważ tory kolejowe z reguły są usytuowane wzdłuż nasypów, co stwarza konieczność wykonywania zabiegów konserwacyjnych na powierzchniach pochyłych. Teoretycznie jednostkowe ilości biomasy możliwej do pozyskiwania z terenów wzdłuż kolei to 200 Mg/km jednak w praktyce tylko 5% można wykorzystać ze względu na trudności logistyczne. Odpady te są niejednorodne, i często charakteryzują się wysokim stopniem uwodnienia, a koszty ich zbierania przewyższają potencjalne zyski ze sprzedaży paliwa [10].

Biodopady z terenów nadrzecznej zieleni naturalnej

Cieki wodne należy poddawać zabiegom konserwacji zieleni ze względu na konieczność udrażniania przepływu i obniżania poziomu lustra wody. Konserwacja cieków wodnych jest ważna w szczególności w miejscowościach turystycznych. Jest ona istotna, ponieważ np. brak regularnego usuwania glonów może spowodować znaczne zmniejszenie liczby turystów i tym samym doprowadzić do bankructwa lokalnych przedsiębiorstw działających w tym obszarze [23]. Konserwacja brzegów powinna odbywać się 3-4 razy do roku. Należy unikać mulczowania pokosu, ponieważ przyczynia się on do nasilenia eutrofizacji, czego skutkiem jest nadmierne zarastanie cieków [22]. Biodopady powstają podczas konserwacji brzegów i cieków wodnych, a znaczne ilości odpadów zdrewniałych występują również po powodziach [10].

Odpady powstające podczas konserwacji zieleni cieków wodnych nie są obecnie często wykorzystywane w celach energetycznych. Jest to spowodowane wysokimi kosztami zbierania, które w Niemczech wynoszą 500 EUR/ha, tj. 20-40 EUR/Mg [9]. Zużytkowanie w tych celach odpadów zielonych pozyskiwanych z terenów wzdłuż cieków wodnych, przynosi zyski tylko w przypadku, gdy zarządca cieku jest odpowiedzialny także za jego konserwację [8].

Ilość biomasy pozyskiwanej podczas pielęgnacji samych rowów (tj. powierzchni cieku) wynosi 1,1-5,3 kg/m², niekiedy nawet 17 kg/m² (w przypadku siedlisk rośliny wodnej moczarki delikatnej *Elodea nuttallii*) [23], a wilgotność może znacząco różnić się w przypadku makrofitów oraz na terenach przybrzeżnych pokrytych krzakami. Po odwodnieniu biomase pozyskaną w ten sposób, wykorzystuje się do odzysku energii przez spalanie, a odciek kierowany jest do biogazowni [22].

Inne tereny zieleni

W sadach trawę między drzewami powinno kosić się, aby ułatwić późniejsze zbieranie owoców, w Niemczech wykonuje się taki zabieg 1-2 razy do roku, a trawę zazwyczaj pozostawia się do mulczowania. Jako rozwiązanie możliwe do zastosowania w przyszłości, rozważa się jej zbieranie i wykorzystywanie do celów energetycznych. Realizacja tych planów będzie wymagać specjalistycznego taboru samochodowego wyposażonego m.in. w specjalną kosiarkę na wysięgniku o maksymalnej szerokości koszenia 1,3 m i z tylnym zbiornikiem 4 m³, tak aby zbieranie odpadów następowało na odcinku koszenia min. 1 km. Ilość biomasy pozyskiwanej w ten sposób może wynieść 6-10 Mg/ha [9]. Sady są również doskonałym miejscem do pozyskiwania odpadów zdrewniałych, ich znaczne ilości powstają podczas cięć pielęgnacyjnych oraz likwidacji nasadzeń.

Podsumowanie analizy literatury w zakresie danych wskaźnikowych dotyczących możliwości pozyskiwania odpadów zielonych, przedstawiono w tabeli zamieszczonej na następnej stronie. Kolorem ciemniejszym zaznaczono obszary, z których pozyskiwanie odpadów zielonych na cele energetyczne jest niemożliwe ze względów logistycznych. Niemniej jednak takie rozwiązania mogą być brane pod uwagę w perspektywie długoterminowej.

Tabela 5. Dane wskaźnikowe dotyczące możliwości pozyskiwania odpadów zielonych do produkcji energii.

Funkcje zabudowy i zagospodarowania terenu	Symbol urbanistyczny	Szerokość koszenia z 1 strony krawędzi jezdni/cieku	Trawniki koszone jako % całkowitej powierzchni	Urobek (koszenie wiosenne i jesienne)	Urobek koszenia letnie (VI-IX)	Drzewa i krzewy cięte jako % powierzchni	Uropek*
		m	%	Mg/ha Trawiaste	Mg/ha	% Zdrewniałe	Mg/ha
Tereny zieleni leśnej na terenie miast	ZL	-	-	-	-	80%	1,6
Tereny zagrożone powodzią	ZZ	-	30%	8	4	30%	3,0
Tereny zieleni urządzonej	ZP	-	-	-	-	-	-
▪ Parki, zieleńce, skwery	ZP-p	-	30%	8	4	30%	3,0
▪ Park leśny	ZP-l	-	30%	8	4	50%	3,0
▪ Ogrody botaniczne	ZP-b	-	30%	8	4	30%	3,0
▪ Ogrody zoologiczne	ZP-z	-	30%	8	4	30%	3,0
▪ Ogrody jordanowskie	ZP-j	-	30%	8	4	30%	3,0
▪ Inne tereny zieleni urządzonej	ZP-r	-	30%	8	4	30%	3,0
Tereny ogródków działkowych	ZD	-	50%	8	4	30%	3,0
Tereny cmentarzy	ZC	-	20%	8	4	20%	3,0
Tereny usług sportu i rekreacji	US	-	-	-	-	-	-
▪ Tereny sportowe z nawierzchnią trawiastą	US-s	-	50%	8	4	-	-
▪ Pola golfowe	US-s	-	69%	12	12	24%	4,2
Tereny obiektów i urządzeń transportu kolejowego	KK	-	-	-	-	-	-
▪ Dworce, przystanki i inne obiekty związane z ruchem pasażerskim	Kkp	-	30%	8	4	20%	3,0
Tereny zieleni naturalnej	ZN	-	80%	8	4	20%	3,0
Tereny produkcji rolniczej na terenie miast - sady	R	-	70%	8	4	70%	8,0
Tereny obiektów i urządzeń transportu lotniczego	KL	-	58%	8	4	b.d.	b.d.
Tereny obiektów i urządzeń transportu kolejowego	-	-	-	-	-	-	-
Tereny wzdłuż torowisk kolejowych	KK	5	0	0	0	80%	5,0
Tereny wód powierzchniowych śródlądowych (rzeki, jeziora, stawy, kanały itp.)	WS	2	-	25	4	70%	0,0
Tereny nadrzecznej zieleni naturalnej (łęgi nadrzeczne itp.)	ZZ-ZR	3	-	25	0	70%	6,5
Tereny zieleni izolacyjnej wzdłuż dróg	ZP-l	-	-	-	-	-	-
▪ A autostrady	KD-A	5	40%	8	4	60%	3,4
▪ S drogi ekspresowe	KD-S	5	40%	8	4	60%	4,1
▪ GP drogi główne ruchu przyspieszonego	KD-GP	5	40%	8	4	60%	4,1
▪ G drogi główne	KD-G	5	40%	8	4	60%	4,1
▪ Z drogi zbiorcze	KD-Z	3	40%	8	4	60%	4,1
▪ L drogi lokalne	KD-L	2	40%	8	4	60%	4,1
▪ D drogi dojazdowe	KD-D	2	40%	8	4	60%	4,1

* Z tego ok. 25% nadaje się do wykorzystania na cele energetyczne.

Źródło: opracowanie własne na podstawie analizy literatury i konsultacji z ekspertami.

SYSTEMY ZBIERANIA I GROMADZENIA SELEKTYWNE ZBIERANYCH ODPADÓW KUCHENNYCH, GASTRONOMICZNYCH I OGRODOWYCH

4.1. Systemy selektywnego zbierania w gospodarstwie domowym

W zależności od przyjętego systemu, odpady kuchenne i ogrodowe są selektywnie zbierane przez mieszkańców do przystosowanych do tego celu kontenerów (mogą to być również worki wystawiane przed domem).

Na potrzeby pojedynczego gospodarstwa domowego została sporządzona lista zagadnień, które uznano za istotne dla poprawnego funkcjonowania systemu selektywnego zbierania. System ten należy zaprojektować w taki sposób, aby wyeliminować wszelkie niedogodności związane z jego obsługą, takie jak:

- obawa przed nieprzyjemnymi (złowonnymi) zapachami,
- odraza (obrzydzenie) do zajmowania się odpadami,
- zbyt duże nakłady pracy wymagane do utrzymania czystości (kubły, pojemniki, kontenery, wiaty śmietnikowe),
- brak miejsca w kuchni na ustawienie oddzielnego zbiornika na odpady,
- konieczność wynoszenia odpadów (np. na zewnątrz bądź na dół do zbiornika),
- brak możliwości odbioru u źródła i jednocześnie znaczna (subiektywnie zbyt duża) odległość od punktu dobrowolnego dostarczania odpadów,
- zbyt niska częstotliwość odbioru.

Jako główne oczekiwania mieszkańców w tym zakresie należy wymienić:

- brak uciążliwych zapachów podczas przechowywania,
- zachowanie wysokich standardów higieny [6].

Biorąc powyższe oczekiwania pod uwagę, zespół projektowy z Austrii opracował rozwiązanie, w którym odpady kuchenne mogą być przechowywane nawet do 2 tygodni bez uciążliwości zapachowej w nienasiąkliwych i nierozrywanych workach (wykonanych z materiału w pełni rozkładalnego na drodze biologicznej). Są to jednak informacje bardzo mało wiarygodne - w polskich warunkach prawdopodobnie okres ten byłby krótszy [32]. Worki o objętości od 8 do 15 litrów, wykonane z modyfikowanej skrobi kukurydzianej, zapewniają odpowiednie warunki do przechowywania odpadów kuchennych. Wspomniane worki przepuszczają powietrze, dzięki czemu następuje redukcja wilgotności magazynowanych odpadów. Worki papierowe stanowią natomiast wsad do specjalnie zaprojektowanych, estetycznych pojemników, których jednostkowy koszt produkcji to 10 EUR/szt., a w produkcji masowej powyżej 100 000 szt. rocznie - koszt ten spada do 6 EUR/szt. [6].

Zawartość worków o objętości do kilkunastu litrów (np. 8-litrowych) magazynuje się w większym kontenerze, najczęściej usytuowanym w zacienionym miejscu na zewnątrz budynku (w zabudowie jednorodzinnej) lub podziemnym (w zabudowie wielorodzinnej), z którego odpady są odbierane raz na 1-2 tygodnie przez tabor samochodowy. Kontenery służące do zbierania odpadów poza mieszkaniem muszą spełniać wymagania DIN EN 840-1 (m.in. odpowiedni kolor - zieleń lub brąz). Często wyposażone są w dwójakie systemy: filtrowania powietrza wbudowane w pokrywę oraz napowietrzania zawartości kontenera w celu eliminowania nieprzyjemnych zapachów. Ich wielkość zależy od tego, czy stosowany jest system wspólnego zbierania odpadów kuchennych i ogrodowych.

Dla zoptymalizowania obsługi systemu selektywnego zbierania, udzielano mieszkańcom przykładowych instrukcji:

- „należy układać gazety na dnie kontenera (zapobiegają przymarzaniu zawartości do kontenera);
- nie powinno się ugniatać ich zawartości;
- kontenery powinny być zawsze zamknięte (ochrona przed muchami);
- kontenerów nie należy trzymać w domu, ale na zewnątrz w zacienionym miejscu;
- nie powinno się ich trzymać na mrozie, ale umiejscowić w garażu lub piwnicy)".

Dla usprawnienia zbierania traw dla ich późniejszego wykorzystania w biogazowni, formułowano skierowane do mieszkańców następujące komunikaty: „proszę nie oddawać trawy podsuszanej lub zdrewniałej, lecz tylko trawę zieloną, najlepiej świeżo skoszoną”.

W celu zoptymalizowania częstotliwości wywozu selektywnie zbieranych odpadów kuchennych, z jednoczesnym zachowaniem odpowiednich warunków przechowywania, niekiedy w odpowiedni sposób różnicuje się tą częstotliwość, tj. w okresie kwiecień-listopad - raz w tygodniu, w okresie grudzień-marzec - 2 razy w tygodniu [3].

4.2. Systemy zbierania z terenów zamieszkałych

Odbiór selektywnie zbieranych bioodpadów dokonuje się następującymi metodami:

- Holsystem (ang. kerbside),
- Bringsystem (ang. drop-off).

Holsystem (ang. kerbside) - Nazwa metody pochodzi z języka niemieckiego. Polega ona na selektywnym zbieraniu odpadów do małych pojemników (lub worków), które w wyznaczonym terminie rozstawia się przy krawężnikach w pobliżu domów. Przedsiębiorstwo obsługujące dany obszar zabiera cyklicznie (co 1-2 tygodnie) poszczególne asortymenty odpadów komunalnych. Metoda ta najlepiej sprawdza się w warunkach zabudowy jednorodzinnej. Odpady ogrodowe odbierane są sezonowo, przeważnie w okresie od wiosny do jesieni, co dwa tygodnie.

W Wielkiej Brytanii do wywozu selektywnie gromadzonych odpadów kuchennych testowano pojazdy wykonane na zamówienie firmy Preston oraz analizowano inne dostępne rozwiązania [24]. Niezbędne było spełnienie następujących warunków brzegowych: niski, wygodny rozładunek i brak zgniatania odpadów kuchennych.

Sprawdzano również samochody kilkukomorowe do odbioru kilku rodzajów odpadów. Pojazdy z załadunkiem bocznym stosuje się zwykle na obszarach o mniejszym zagęszczeniu budynków mieszkalnych i punktów odbioru. Pozwala to na ustawienie kontenerów z odpadami w sposób dogodny dla pojazdów, tj. przy krawędzi jezdni [25].

Bringsystem (ang. drop-off) - Nazwa metody również pochodzi języka niemieckiego. Metoda polega na selektywnym zbieraniu odpadów w kontenerach rozstawionych na poszczególnych osiedlach. Lokalizuje się je w użytkowanej przez mieszkańców przestrzeni publicznej (np. w pobliżu sklepów, dworców, szkół). Wykorzystuje się kontenery o większej objętości, ponieważ mają one zapewnić obsługę około 500 mieszkańców. Są to najczęściej grupy kontenerów do selektywnego zbierania [25]. Znajdują tu zastosowanie zarówno kontenery naziemne (np. dzwonowe), jak i systemy podziemnego gromadzenia odpadów, co będzie przedmiotem analiz w dalszej części opracowania. Droga mieszkańców do tych kontenerów jest dłuższa niż w metodzie holsystem. Dlatego też jednostkowe ilości (w przeliczeniu na 1 mieszkańca) pozyskiwanych bioodpadów mogą być mniejsze. Ten sposób zbierania znajduje zastosowanie w zabudowie wielorodzinnej lub ekstensywnej wiejskiej. W nich bowiem, z powodu małej gęstości zaludnienia zachęca się mieszkańców do samodzielnego dostarczania wyselekcjonowanych frakcji odpadów do określonych punktów odbioru.

Łatwość dostępu i bliskość punktów odbioru są równie istotne jak inne parametry systemu organizacji, czyli godziny otwarcia oraz dni przyjmowania odpadów (najdogodniejsze terminy to czas po godzinach pracy, tj. po 17 oraz weekendy). System funkcjonuje sprawnie, gdy z opłaty odpadowej zwolniona jest pewna uprzednio określona minimalna ilość, np. może zostać ustanowiony limit 2-5 m³ dla odpadów zielonych [2]. Najwięcej odpadów zdrewniałych powstaje w okresie zimowym luty-marzec (43%) [26]. Im gęstsza jest sieć odbioru punktowego dla odpadów zielonych (im więcej ustawionych kontenerów), tym większe ilości odpadów udaje się pozyskać od okolicznych mieszkańców. Optymalnie, punkty odbioru powinny obsługiwać obszar o powierzchni do 5 km². Obszar obsługi powyżej 10 km² oceniany jest jako zbyt rozległy i tym samym nieefektywny [2].

W Niemczech każdy z regionów posiada 16-27 takich punktów [18]. Większość z nich to średnie punkty odbioru o przepustowości 500-1000 Mg/r (średnio 530 Mg/r). Większe instalacje przyjmujące i przerabiające, o przepustowości powyżej 1000 Mg/r (średnio 1800 Mg/r), stanowią 18,5% łącznej liczby punktów odbioru. One jednak przyjmują większość odpadów zielonych (55%). Resztę stanowią instalacje o małej przepustowości poniżej 500 Mg/r (średnio 300 Mg/r). Z punktów odbioru, odpady są transportowane traktorem z przyczepą o objętości np. 50 m³, do docelowych miejsc przetwarzania (np. RIPOK) [18]. Zbiórka odpadów zielonych odbywa się zazwyczaj 2 razy do roku [4].

Bioodpady (odpady kuchenne i ogrodowe) są odbierane przez specjalistyczny tabor samochodowy. Są to:

- pojazdy hakowe (przystosowane do odbioru odpadów z kontenerów podziemnych),
- pojazdy z załadunkiem tylnym, przednim lub bocznym (w różnych zmodyfikowanych wersjach dopasowanych do uwarunkowań lokalnych),
- ciągniki siodłowe z naczepą samowyładowczą (przeznaczone do odbioru większych ilości odpadów które mogą być ładowane bezpośrednio do pojazdu).

Do składowania segregowanych odpadów na terenie zabudowy wielorodzinnej lub w zorganizowanych zbiorczych punktach selektywnego zbierania - może służyć kontener gromadzący odpady w torbach z tworzywa sztucznego

w określonym kolorze (przypisanym danemu rodzajowi odpadów). Po odbiorze z punktu składowania worki są sortowane optycznie (ręcznie bądź automatycznie) [27].



Fotografia 3. Drewno wielkogabarytowe.
Źródło: archiwum agencji Maga

Możliwość samodzielnego dostarczania odpadów do punktów przetwarzania zalecana jest jedynie jako uzupełniająca względem sprawnie działających systemów odbioru bezpośredniego. Zaleca się ją tylko w przypadku większych niż standardowe ilości odpadów zielonych, np. powyżej 2 m³ lub dla wielkogabarytowych frakcji drewna, np. korzeni, drzew.

Inne systemy odbioru wymagające użycia specjalistycznego sprzętu to opisane w dalszej części opracowania m.in. systemy z szambem osiedlowym (wykorzystujące wozy asenizacyjne) oraz systemy pneumatyczne (użytkujące tabor samochodowy do próżniowej zbierania).

4.3. Systemy zbierania z szambem osiedlowym

Jednym z głównych powodów niechęci do uczestnictwa w systemie selektywnego zbierania, w opinii mieszkańców, jest brak miejsca do przechowywania odpadów kuchennych. Rozwiązaniem mogą być systemy z wydzielonym szambem osiedlowym, które nie wymagają od mieszkańców podejmowania rewolucyjnych działań w organizacji przestrzeni kuchennej. Po zmieleniu w młynku koloidalnym, zainstalowanym w zlewie kuchennym, odpady są kierowane do wydzielonej kanalizacji podłączonej do osiedlowego zbiornika (szamba). Ulegają rozcieńczeniu (przez ciecz: wodę z płukania oraz napoje) w proporcji 7,2-19,3 l płynu na 1 kg odpadów. Odbiór odpadów w postaci szlamu (po odprowadzeniu cieczy klarownej do kanalizacji) odbywa się przez podłączenie wozu asenizacyjnego do rur zasysających znajdujących się poza granicami osiedla. Szlam wywozi się do miejsca recyklingu organicznego.

Systemy z szambami osiedlowymi są stosowane w Szwecji, np. w Malmö. Odpady kuchenne odbiera się tam, w jednej lokalizacji - w formie półpłynnej od 60 gospodarstw, a w drugiej - od 147 gospodarstw oraz powierzchni biurowych. Początkowo odpady kuchenne z obu lokalizacji były kierowane bezpośrednio do oczyszczalni ścieków komunalnych, jednak ryzyko osadzania się szlamu na rurach było zbyt duże. Z tego względu system zmodernizowano. Najpierw gromadzi się odpady w formie płynnej w specjalnym zbiorniku. Po jego wypełnieniu, są one transportowane wozem asenizacyjnym bezpośrednio do biogazowni.

Jak już wspomniano, odpady kuchenne trafiają do osiedlowego zbiornika, który ma objętość 2,7 m³ (w przypadku odbioru w pierwszej lokalizacji - od 60 gospodarstw). Zbiornik jest wyposażony w odstojnik, w którym pod wpływem grawitacji, następuje oddzielenie faz zawieszonych na klarowną ciecz oraz na szlam (fazę zagęszczoną). Ciecz odprowadza się w sposób ciągły do kanalizacji miejskiej, natomiast szlam wybiera się okresowo (z częstotliwością

minimum raz na 30 dni). Wydłużenie czasu odbioru nie jest zalecane ze względu na możliwość samoczynnej emisji metanu (po 35 dniach w zbiorniku może wytworzyć się 3% potencjalnej produkcji biogazu). Odpady są odbierane przez wozy asenizacyjne o objętości zbiornika do 12 m³ (odbiór szlamu następuje w kilku punktach). Zbiornik osiedlowy powinien być każdorazowo płukany po tych czynnościach, ponieważ pozostałości szlamu mogą przyspieszać procesy rozkładu beztlenowego w nowej partii gromadzonych odpadów [5].

System z szambem osiedlowym jest obiecującą metodą zbierania odpadów kuchennych, zwłaszcza w miejscach, w których na terenie zabudowy mieszkaniowej usytuowano również punkty gastronomiczne (np. usługi w parterach²⁾). W Polsce punkty gastronomiczne mają zakaz stosowania młynków koloidalnych i odprowadzania odpadów kuchennych do kanalizacji miejskiej (patrz: zagadnienia prawne). Jednak przekazywanie odpadów do wydzielonej kanalizacji osiedlowej, skąd byłyby dostarczane wozem asenizacyjnym do biogazowni, należy uznać za jak najbardziej uzasadnione [5].

Warto wskazać, ile dodatkowej energii elektrycznej gospodarstwo będzie musiało przeznaczyć na obsługę systemu wykorzystującego młynek koloidalny i szambo³⁾. Całkowity bilans energetyczny obsługi takiego systemu to 3-5% energii zawartej w biogazie wyprodukowanym z odpadów kuchennych (wliczając w to obsługę systemu osiedlowego oraz transport do biogazowni), czyli nie więcej niż w systemach zbierania odpadów kuchennych w postaci stałej [5].

4.4. Systemy zbierania podziemnego

Systemy zbierania podziemnej są stosunkowo łatwe do wdrożenia, a w przyszłości mogą zastąpić często nieharmonizujące z otoczeniem wiaty śmietnikowe czy pojemniki wolnostojące. Oprócz walorów estetycznych zaletą stosowania kontenerów podziemnych jest:

- bardziej efektywne wykorzystywanie zajmowanej przestrzeni (większa objętość zbieranych odpadów w stosunku do takiej samej powierzchni),
- poprawa higienicznych warunków użytkowania (ograniczenie rozwoju bakterii i wydzielania odorów),
- mniejsze nakłady pracy obsługującego personelu,
- możliwość zmniejszenia częstotliwości odbioru przez tabor samochodowy (tym samym ograniczenie hałasu, ilości spalin i niszczenia dróg),
- mniejsze o 30% koszty transportu,
- skuteczniejsze zabezpieczenie przeciw aktom wandalizmu[28].

Kontenery podziemne najczęściej stosuje się w centrach handlowych. Coraz częściej pojawiają się również na osiedlach mieszkaniowych zamiast tradycyjnych wiat śmietnikowych [29]. Stanowią one również atrakcyjną alterna-

2) Usługi w parterach - termin używany przez urbanistów.

3) Pompy oraz młynek koloidalny służący do rozdrabniania odpadów kuchennych, który montuje się w zlewie kuchennym, zużywają ok. 0,02 kWh/kg odpadów i 2 - 3 kWh/r w przeliczeniu na gospodarstwo.

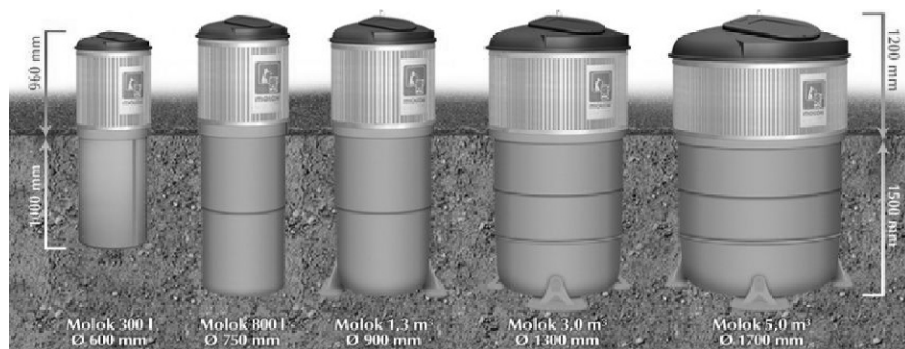
tywę dla systemów tradycyjnych w miejscowościach o sezonowo zwiększonym ruchu turystycznym (kryterium estetyczne i konieczność zmniejszenia natężenia ruchu kołowego).



Fotografia 4. Montaż, użytkowanie i czyszczenie kontenerów podziemnych.

Źródło: [30].

Znajdują zastosowanie na parkingach, szczególnie wzdłuż tras szybkiego ruchu. Pozwala to na znaczące obniżenie częstotliwość odbioru odpadów, a tym samym na zmniejszenie kosztów logistyki. Najbardziej znanym producentem kontenerów podziemnych jest fińska firma Molok [29], [30]. Poza tym na rynku dostępne są produkty również innych producentów: SULO, HN-Logisticsystems, Otto/ESE (UK), Silo (Finlandia), USEO, SOTKON, Sanec, a Bauer GmbH stworzył z Silo grupę Vedaia Environment [29], [28], [31].



Fotografia 5. Kontenery podziemne firmy Molok, w tym Biosystem przeznaczony na bioodpady (o objętości 750 l) oraz pojemnik na odcieki (50 l).

Źródło: [30].

Odpowiednia temperatura do przechowywania zawartości kontenera jest zapewniona dzięki umieszczeniu 75 % jego wysokości pod ziemią. Ponadto, pojemniki te są wyposażone w system wentylacji oraz zbierania odcieków. W Polsce nie istnieją normy określające temperaturę przechowywania odpadów kuchennych, poza wymaganiami dotyczącymi magazynowania odpadów, medycznych. Analiza odpowiednich przepisów prawa pozwala na stwierdzenie, że wydłużenie okresu gromadzenia odpadów kuchennych jest możliwe, o ile zostanie zachowana temperatura do 10°C [32]. Ponadto, sposób przechowywania powinien zapobiegać samoistnemu rozkładowi zbieranych odpadów w warunkach beztlenowych (dla fermentacji w warunkach psychrofilowych temperatura ta wynosi 25°C [33]). Niespełnienie tego warunku spowoduje, że bakterie będą stymulowane do produkcji biogazu, co stwarza zagrożenie zatrucia oraz wybuchu. Podziemne gromadzenie odpadów powinno zapewniać zabezpieczenie przed takimi zagrożeniami, a kontenery powinny być wyposażone w system grawitacyjnej wentylacji. Dzięki wspomnianemu systemowi cieplejsze powietrze unosi się ku górze, a gromadzone odpady chłodzone są od dołu.

Projektowanie kontenerów podziemnych do zbierania odpadów kuchennych w głównej mierze polega na modelowaniu zależności między objętością zasobnika a częstotliwością odbioru odpadów. Im kontener większy - tym odpady mogą być wywożone rzadziej, co w efekcie prowadzi do obniżenia kosztów obsługi systemu selektywnego zbierania. System Molok oferuje kontenery o objętości 0,3 + 0,8 + 1,3 + 3,5 m³, które są wykonane z polietylenu o wysokiej gęstości HDPE. Budowa stożkowa pojemnika zwiększa jego odporność na ciśnienie wywierane przez masy ziemi oraz wody podziemne. Rozładunek kontenera za pomocą pojazdu wyposażonego w specjalny żuraw zajmuje ok. 2 minuty [29].

4.5. Pneumatyczne systemy zbierania

Systemy AVAC (AWCS) to systemy próżniowe do automatycznego zasysania odpadów (automatic waste collection systems). Jest to rozwiązanie o wiele bardziej zaawansowane technologicznie, niż przedstawione wcześniej kontenery podziemne. Do niewątpliwych zalet tego systemu należą wyższe standardy higieny i bezpieczeństwa, niezależność od warunków pogodowych (np. śnieg), 2-3 krotnie mniejsze koszty zbierania (np. w krajach, w których przez znaczą część roku zalega śnieg). System pneumatyczny (zwany również próżniowym) polega na zbieraniu odpadów w podziemnych kontenerach znajdujących się bezpośrednio pod punktami wrzutu, a następnie okresowemu zasysaniu (podciśnienie 40 kPa w 10 sekund) ich zawartości przez tabor samochodowy (systemy mobilne) lub dmuchawy usytuowane w zbiorczej stacji odbioru (systemy stacjonarne). W tym drugim przypadku dmuchawy zasysające włączane są kilka razy dziennie [34].

Pojedyncze punkty wrzutu, będące częścią składową systemu, są projektowane zazwyczaj dla 100-150 gospodarstw domowych [29]. Poszczególne odpady można umieszczać w różnokolorowych workach. Wówczas, w zbiorczej stacji odbioru, wyposażonej w czytnik - kamera wyselekcjonuje optycznie odpady i zostaną one skierowane do odpowiednich kontenerów. W ten sposób odpady selekcjonuje się na przykład w Oslo [35].

Systemy pneumatyczne dzielą się na stacjonarne i mobilne. W systemach mobilnych odpady są magazynowane w tymczasowych kontenerach podziemnych pod punktami wrzutu i odsysane automatycznie w momencie, gdy tabor samochodowy uruchomi dmuchawę zasysającą. Tabor jest wyposażony w specjalną wagę, która umożliwi dokładny pomiar ilości odpadów pobranych z danego osiedla. Systemy mobilne są stosowane w apartamentowcach (małe osiedla), centrach handlowych i na lotniskach [28], [36].

Systemy stacjonarne wymagają budowy centralnej stacji odbiorczej o powierzchni ok. 400 m² zlokalizowanej na peryferiach osiedla (w odległości maksymalnie 2 km od najbardziej oddalonego punktu wrzutu). Kontenery są wyposażone w czujniki napełnienia, co optymalizuje system opróżniania, gwarantując również najbardziej wydajne wykorzystanie powierzchni stacji odbioru.

Wembley w Londynie, 252 punktów wrzutu,
4 frakcje (pojemnik zielony odpady kuchenne).



Sjöstad, Sztokholm, 4 frakcje w tym jedna organiczna,
20 000 mieszkańców, 457 punktów wrzutu.



Fotografia 6. Punkty wrzutu różnych frakcji selektywnie zbieranych odpadów komunalnych (w tym bioodpadów).

Źródło: [34].

Poprawność funkcjonowania wszystkich elementów systemu, np. włączania dmuchaw, informowania o zatykaniu rur, jest zapewniana przez automatyczny system kontroli znajdujący się w budynku zbiorczej stacji odbioru [31].

Odpady w zbiorczej stacji odbioru są gromadzone w kontenerach o objętości 30 m³, a następnie sukcesywnie wywożone do miejsc przetwarzania. Kontenery otwiera się jedynie w momencie odbioru. Cały układ jest szczelny, co gwarantuje higienę i bezpieczeństwo użytkowania. Częstość odbioru waha się od kilku razy dziennie do raz na 3 tygodnie, w zależności od rodzaju odpadów (w przypadku odpadów kuchennych co 1-2 tygodnie) [31]. Między okresami zasysania system jest dodatkowo przedmuchiwany w celu eliminacji ewentualnych zanieczyszczeń.

Rury zasysające mają zazwyczaj średnicę ok. 0,5 m i są wykonane ze stali nierdzewnej o grubości blachy 5 mm. W pobliżu zbiorczej stacji odbioru grubość dochodzi nawet do 25 mm i dodatkowo stosuje się spawy wzmacniające w zgięciach. Mogą to być dwa osobne rurociągi, jeden na bioodpady, a drugi na pozostałe odpady. System Metro Tajfun stosuje opatentowane rozwiązanie, polegające na zastosowaniu mniejszych średnic rur oraz dmuchaw zasysających o mniejszej mocy [31].

Odbieranie odpadów odbywa się w trzypiętrowym budynku. Najwyższy jego poziom jest przeznaczony na 4 dmuchawy ssące z kompresorem powietrza (każda o mocy elektrycznej 90 kW). Kolejne piętro stanowi centrum zarządzania. Najniżej znajdują się kontenery zbiorcze, do których trafiają odpady. Objętość kontenerów zbiorczych (3x30 m³) pozwala na okres przechowywania do 3 dni.

Pneumatyczne systemy zbierania i odbioru odpadów są znane od lat 60. i 70. ubiegłego wieku (m.in. systemy szwedzkie, system Roosevelt Island w Nowym Jorku) [28]. Jednak dopiero ostatnio stały się bardziej popularne, choć stosuje się je tylko w wybranych lokalizacjach, takich jak historyczne centra miast, ekskluzywne, nowoczesne osiedla, centra handlowe, lotniska, szpitale.

Obiekty demonstracyjne (pokazowe, w których po raz pierwszy zastosowano tę technologię) można spotkać również na skandynawskich osiedlach, na których główną motywacją wdrożenia tego systemu była łatwość jego obsługi nawet w trudnych warunkach pogodowych (obfitość śniegu w krajach nordyckich). Skalę realizacji inwestycji stanowi najczęściej osiedle lub teren zabudowy mieszkaniowej o minimalnej ilości 500 gospodarstw. Wspomnieć należy, że na świecie tego typu systemy obsługują tereny zamieszkałe nawet przez 20 tys. mieszkańców. Przykładem takiego rozwiązania jest projektowane miasteczko w Tampere i Lempäälä w Finlandii na 13 tys. mieszkańców i 5 tys. pracowników biurowych [37].

Firma Mari Matic opracowała najbardziej nowoczesne rozwiązanie, czyli system Metro Tajfun wyposażony w układ pętli, które są podłączone do centralnej stacji odbioru. Równocześnie jest to system o wiele bardziej efektywny energetycznie od stosowanych dotychczas (typu „drzewo” z jedną centralną rurą i wieloma odgałęzieniami). Będzie on zbudowany dla 3 tys. mieszkańców w Vällingby Parkstad w Szwecji do 2017r. [37].

Zaletami systemów pneumatycznych są niewątpliwe:

- poprawa estetyki, higieny i atrakcyjności użytkowania infrastruktury technicznej,
- likwidacja uciążliwości związanych z taborem samochodowym (hałas, spaliny, niszczenie nawierzchni),
- oszczędność miejsca, które może być zagospodarowane w inny sposób [31].

Rozwiązanie to ma jednak pewne wady - wysokie nakłady inwestycyjne oraz trudność integracji z istniejącą infrastrukturą techniczną.

Tabela 6. Zalety i wady systemu pneumatycznego.

Zalety	Wady
Minimalne koszty operacyjne i potencjalnie duże oszczędności w perspektywie długookresowej.	Konieczność przeprowadzenia kosztownych ziemnych robót budowlanych.
Możliwość odbioru prawie wszystkie rodzajów odpadów komunalnych.	Brak możliwości odbioru odpadów wielkogabarytowych, zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz szkła.
System elastyczny, łatwy w dostosowaniu do lokalnych warunków na etapie projektowania.	Możliwości wprowadzenia zmian projektowych do uruchomionego systemu są niewielkie.
Eliminacja dodatkowego ruchu kołowego na obszarze działania systemu.	Konieczność używania taboru samochodowego w ograniczonym zakresie.
Wylimitowanie problemów związanych taboru samochodowym (hałas) oraz estetyką wiat śmietnikowych, zanieczyszczeniami i nieprzyjemnymi zapachami.	Sporadyczne problem z blokowaniem się orurowania.
Możliwość zagospodarowania w inny sposób wolnej przestrzeni po usunięciu wiat śmietnikowych.	Konieczność edukacji i bardzo dobrej współpracy mieszkańców przy obsłudze systemu.
Zwiększenie się bezpieczeństwa (mniej wypadków) i higieny pracy.	Wymagane zatrudnienie wykwalifikowanego personelu.

Źródło: [28].

Koszty inwestycji można zmniejszyć o 20%, jeżeli budowę systemu pneumatycznego połączy się z innymi pracami ziemnymi [31] lub jeśli rozwiązanie to zostanie uwzględnione już na etapie projektowania nowego osiedla. Obniżenie nakładów inwestycyjnych jest możliwe również dzięki wykorzystaniu korytarzy technicznych - pod warunkiem, że istnieją na danym terenie [28].

Do wad należy zaliczyć także niemożność objęcia tym systemem wszystkich odpadów, szczególnie wielkogabarytowych, a zbiórka innych pozostaje problematyczna (szkło i metale mogą uszkodzić rury). Okres zwrotu inwestycji, poza korzyściami środowiskowymi i innymi wartościami dodanymi, to ok. 10-12 lat.

Po raz pierwszy system pneumatycznego zbierania odpadów zastosowano w Szwecji w latach 60. ubiegłego wieku, a w USA w latach 70. W USA na Roosevelt Island w Nowym Jorku - zastosowano system o przepustowości 18 ton odpadów na godzinę (Mg/h). Przestanką do jego zaprojektowania była bardzo gęsta sieć ulic uniemożliwiająca odbiór odpadów w tradycyjny sposób. Zimą 2010r., gdy notowano niezwykle duże opady śniegu, jedynie w stanie Nowy Jork nie zarejestrowano problemu związanego z odbiorem odpadów. Natomiast, w innych lokalizacjach odbiór odpadów uniemożliwiały warunki pogodowe. Innymi przykładami osiedli wyposażonych w taki system mogą być: Södra Station w rejonie dworca południowego w Sztokholmie (3 240 gospodarstw oraz 3 biurowce - 178 punktów wrzutu) i Västra Sjöstad - 2 095 mieszkańców [28].

Barcelona Olympic Village to obszar o powierzchni 8 ha (300 tys. m² powierzchni mieszkalnej, 3 tys. nowych gospodarstw - w perspektywie 5 tys.). Odpady (w tym kuchenne) są zbierane 2 razy dziennie. Liczba cykli zasysania została zaprogramowana. Możliwa jest jednak zmiana ich częstotliwości w momencie, gdy do systemu podłącza się nowe puby, restauracje czy domy handlowe. Ich częstotliwość może także być modyfikowana w określonych dniach tygodnia. Przykładem systemowego rozwiązania jest również instalacja zlokalizowana w historycznym centrum zabytkowego hiszpańskiego miasta Leon, która obejmuje obszar o promieniu 1,3 km, obsługując 4 000 mieszkańców, 150 barów i restauracji. Odpady kuchenne i gastronomiczne z tego terenu to ok. 10 Mg/dobę. Nakłady inwestycyjne wyniosły 5,2 mln EUR, koszty eksploatacyjne - 100 tys. EUR/rocznie. Inne hiszpańskie miasta posiadające takie systemy to Palma de Mallorca, Vitoria i Sevilla Gran de Gracia [38].

Systemy pneumatyczne mobilizują mieszkańców do selektywnego zbierania odpadów. W niektórych miejscach wprowadzono zasadę: „płacisz tyle, ile śmiesz”. Punkty odbioru wyposaża się w elektroniczne chipy lub systemy RFID, dzięki czemu automatycznie jest naliczana opłata za pobrane odpady [31].



Jak zwiększyć zainteresowanie mieszkańców dla selektywnego zbierania i ich akceptację tego systemu?

Poziom uczestnictwa mieszkańców w procesie selektywnego zbierania był analizowany w kilku krajach UE (Niemcy, Wielka Brytania, Szwecja i Austria). Zazwyczaj na terenie zabudowy wielorodzinnej procentowo uczestniczyło mniej mieszkańców niż w zabudowie jednorodzinnej. W warunkach brytyjskich, poziom partycypacji w zabudowie wielorodzinnej wynosił tylko 25%, natomiast w zabudowie jednorodzinnej 70%. W warunkach szwedzkich w selektywnym zbieraniu uczestniczyło 72-79% gospodarstw w zabudowie jednorodzinnej i 22-45% w zabudowie wielorodzinnej [5], [2], [24].

Niski poziom uczestnictwa był spowodowany również tym, że w niektórych gospodarstwach nie przygotowuje się głównego posiłku na miejscu, lecz spożywa go poza domem, co zmniejsza ilość odpadów selektywnie zbieranych. Odnotowano także efekt nowości, tzn. bezpośrednio po wdrożeniu procesu selektywnego zbierania jednostkowa ilość pozyskiwanych odpadów kuchennych była znacznie większa niż w późniejszych okresach. Wyniki badań ankietowych przeprowadzone po kilku miesiącach od zainicjowania systemu wykazały, że początkowe niepokoje dotyczące higieny (obawa przed szczurami, nieprzyjemnymi zapachami) czy niesprawnej organizacji (brak odbioru odpadów, brak worków, zmiana wyznaczonego dnia odbioru) - okazały się nieuzasadnione [24].

Można podejmować różnorakie zabiegi organizacyjne zwiększające poziom uczestnictwa mieszkańców. Podstawowe znaczenie ma tu zapewnienie odpowiednich zbiorników do selektywnego zbierania. W przypadku odpadów kuchennych zamiast tradycyjnie stosowanych worków z tworzyw sztucznych preferuje się nierozrywalne worki papierowe umieszczane w specjalnie zaprojektowanych pojemnikach. Zaleca się organizację systemów zbierania w określonym dniu [6]. Wprowadzenie systemu identyfikatorów [10] może być czynnikiem motywującym mieszkańców do większej staranności podczas selektywnego zbierania. Poza tym firmy wprowadzają dodatkowe systemy wykrywające nieprawidłowości, np. metale ciężkie zanieczyszczające frakcję „bio” [3]. Do utrzymania ciągłości zbierania na zadowalającym poziomie pod względem określonej ilości i jakości odpadów, niezbędne jest ustalenie kary za nieprzestrzeganie regulaminu zbierania.

Pozyskiwaniu bioodpadów z terenów zamieszkałych powinna towarzyszyć odnawiana co parę miesięcy akcja edukacyjno-uświadamiająca [3]. Mieszkańcy obawiają się problemów z uciążliwymi zapachami oraz z zachowaniem standardów higienicznych, dlatego odpowiednią metodą postępowania jest systematyczne instruowanie i edukacja. Systemy nakazowe bowiem nie przynoszą zazwyczaj skutków i mogą zniechęcać [2]. W Austrii hasła marketingowe, które najskuteczniej zachęcały mieszkańców do uczestnictwa w procesie selektywnego zbierania, miały brzmienie: „ekologia”, „trwałość”, „odpowiedzialność za przyszłe pokolenia” [6].

Optymalizacja polega na zwiększeniu ilości selektywnie zbieranych odpadów z równoczesnym utrzymaniem odpowiedniej ich jakości (przestrzeganie dopuszczalnego poziomu zanieczyszczeń) [4]. W segregowanych odpadach kuchennych w Wielkiej Brytanii ten poziom zazwyczaj nie przekraczał 0,5% [39], w Niemczech było to 1-3% (przyjęto, że warunkiem brzegowym jest maksimum 5% innych frakcji). Na terenach wiejskich selektywnie zbierane bioodpady z reguły są mniej zanieczyszczone.

W Polsce nie występuje zjawisko społecznej presji ekologicznej, które jest obecne w krajach o bardziej dojrzałych systemach demokracji. W związku z tym trudniej jest wdrożyć i zaprojektować jakiekolwiek innowacyjne rozwiązania technologiczne z zakresu ochrony środowiska [40]. Wobec tego przedsiębiorstwo zainteresowane zastosowaniem zaproponowanych w niniejszej publikacji rozwiązań, powinno poświęcić o wiele więcej uwagi na informowanie i zapoznanie przyszłych uczestników systemu (są nimi nie tylko mieszkańcy, lecz także projektanci, wykonawcy, deweloperzy i administratorzy osiedli), ze specyfiką wprowadzanego systemu i potencjalnymi korzyściami z jego użytkowania.

Tabela 7. Możliwość optymalizacji systemu zbierania w celu zwiększenia ilości zbieranych odpadów lub/i poprawy ich jakości (zmniejszenia procentowego udziału zanieczyszczeń).

Możliwość optymalizacji		Zwiększenie ilości odpadów	Poprawa jakości odpadów
Funkcja zabudowy i zagospodarowania terenu	Centrum miasta i tereny silnie zurbanizowane		
	Tereny zurbanizowane poza ścisłym centrum, zabudowa wielorodzinna		
	Przedmieścia lub małe miasta, zabudowa jednorodzinna	+	++
	Obszary niezurbanizowane (wiejskie)	+	++
Obowiązek uczestnictwa w systemie	Obowiązek z wyłączeniem możliwości wykorzystania w przydomowym kompostowniku		+
	System dobrowolnego uczestnictwa		++
++ Duże możliwości optymalizacji		+ Średnie możliwości optymalizacji	Nie odnotowano możliwości optymalizacji

Źródło: [10].

Na poziom uczestnictwa mieszkańców wpływa m.in. wysokość opłaty odpadowej - w miejscach, w których była ona niska, mieszkańcy znacznie chętniej uczestniczyli w procesie selektywnego zbierania. Jednak należy podkreślić, że nie istnieje żaden gotowy wzór na optymalną wysokość opłaty odpadowej. Dlatego zalecane jest wykonanie oddzielnych badań dla poszczególnych lokalizacji [2]. W niektórych miejscach zredukowanie opłaty do zera może nie wpłynąć na zwiększenie poziomu pozyskiwanych bioodpadów [10]. Nie zaleca się, aby była ona zbyt niska, ponieważ stanowi swoisty bodziec do podejmowania przez mieszkańców czynności selektywnego zbierania. Z pewnością odradza się nakazowe podejście - w miejscach, w których je zastosowano - odnotowano wzrost zanieczyszczeń substancjami nienadającymi się do dalszego przetwarzania.

W Niemczech właściciele przedsiębiorstw zajmujących się selektywnym zbieraniem odpadów kuchennych uważają, że warunki brzegowe opłacalności prowadzenia działalności gospodarczej w tym obszarze [4], [3] to:

- poziom uczestnictwa min. 70-75%,
- poziom zanieczyszczenia niepożądanymi substancjami nieprzekraczający 3% masy segregowanych bioodpadów,
- jednostkowe ilości selektywnie zbieranych odpadów kuchennych i ogrodowych (biotona) wynoszą min.:
50 kg/M/r - dla terenów wysoce zurbanizowanych, 80 kg/M/r - dla terenów przedmieść i małych miast, 120 kg/M/r - dla terenów wiejskich⁴.

Tabela 8. Możliwość pozyskiwania selektywnie zbieranych odpadów kuchennych i ogrodowych z terenów o różnej funkcji zabudowy i zagospodarowania terenu.

	Gęstość zaludnienia M/km ²	Ilość odpadów kuchennych i ogrodowych kg/M/r	Poziom partycypacji
Centrum miasta i tereny silnie zurbanizowane	>1 750	23-58 (śr. 38)	22-45%
Tereny zurbanizowane poza ścisłym centrum, zabudowa wielorodzinna	750-1750	10-130 (śr. 72)	
Przedmieścia lub małe miasta, zabudowa jednorodzinna	150-1000	58,4-77,9 (śr. 58)	70-79%
Obszary niezurbanizowane (wiejskie)	<150	30-90 (śr. 82)	70-79%

Źródło:[1], [2], [3].

Na terenach zurbanizowanych o dużej gęstości zaludnienia dominuje typ zabudowy wysokościowej lub kamienicznej 2-6 piętrowej. Charakteryzują się one niewielkim dostępem do miejsc czasowego magazynowania odpadów (ze względu zarówno na małe kuchnie, jak i gęstość zabudowy), co stanowi główny czynnik wpływający na niski poziom partycypacji mieszkańców. W zabudowie wysokiej przeważnie wykorzystuje się zsypy na odpady zmieszane na każdym piętrze (obecnie coraz rzadziej stosowane), co uniemożliwia efektywną organizację zbierania. Dlatego też nie zaleca się wprowadzania systemu selektywnego zbierania odpadów kuchennych w zabudowie wielorodzinnej w centrach miast, gdzie gęstość zaludnienia przekracza 1 000 M/km².

Równie problematyczna jest organizacja selektywnego zbierania na terenach silnie zurbanizowanych. Na nich bowiem zazwyczaj brakuje miejsca na ustawianie oddzielnych pojemników na odpady kuchenne oraz nie można zachować odpowiednich standardów higieny (obecność gryzoni i owadów). Selektywna zbiórka odpadów kuchen

4) Zupełnie inaczej proporcje te układają się dla odpadów zmieszanych. Nie stanowi to jednak przedmiotu rozważań niniejszego opracowania.

nych będzie utrudniona również w zabudowie wielorodzinnej wysokiej, w której występuje ryzyko niskiego poziomu uczestnictwa mieszkańców [1], [2], [3].

W zabudowie na przedmieściach miast lub w mniejszych miejscowościach gęstość zaludnienia jest niższa. Dominuje tam zabudowa jednorodzinna zwarta, ale występują też niższe budynki wielorodzinne (3-6 kondygnacji o wysokości 12-25 m). Zazwyczaj w takich lokalizacjach jest wyznaczone miejsce na czasowe magazynowanie odpadów z gospodarstw domowych. Istnieje też możliwość ich odbioru. Na tych terenach udaje się osiągnąć zadowalający poziom uczestnictwa mieszkańców (powyżej 70%). Poza tym występują tam najkorzystniejsze warunki dla pozyskiwania bioodpadów i z tego względu stanowią docelowy teren prowadzenia selektywnego zbierania. Z jednej strony w zabudowie jednorodzinnej szeregowej na małych działkach (poniżej 500 m²), wprawdzie może często brakować miejsca na ustawianie oddzielnych pojemników do segregacji, ale z drugiej strony - nie ma tam również możliwości prowadzenia własnego kompostownika. To z kolei zwiększa możliwość pozyskiwania selektywnie zbieranej frakcji bioodpadów. Ze względu na powyższe uwagi każda lokalizacja musi być analizowana oddzielnie.

W zabudowie wiejskiej, czyli z reguły rozproszonej, koszty organizacji logistyki i odbioru bezpośrednio u źródła są wysokie. Ponadto, na tych terenach stan dróg nie pozwala zazwyczaj na organizację sprawnego odbioru odpadów w miesiącach zimowych (a opłacalność zbierania w dużej mierze zależy od kosztów transportu). Silna jest również tradycja zagospodarowywania bioodpadów w przydomowych kompostownikach. Dlatego ich selektywna zbiórka z terenów o gęstości zaludnienia poniżej 150 M/km², nie ma sensu z ekonomicznego punktu widzenia. Dla terenów wiejskich, poniżej pewnej gęstości zaludnienia, podejmowanie selektywnego zbierania nie jest zalecane. Celowym działaniem jest oddzielanie frakcji roślinnej z odpadów kuchennych i kierowanie jej do przydomowych kompostowników. Jest to zatem kontynuacja długoletniej tradycji zagospodarowywania bioodpadów w ten właśnie sposób. Na terenach wiejskich czasami dopuszcza się również palenie gałęzi (np. w województwie mazowieckim zgodnie z WPGO).

Na terenach o małej gęstości zaludnienia można wywozić selektywnie zbierane odpady kuchenne razem z innymi odpadami pochodzenia komunalnego. Do tego niezbędne jest posiadanie odpowiednio przystosowanego taboru samochodowego z wydzielonymi komorami [3].



Fotografia 7. Śmieciarka NTM Quatro 8,5 t z 4 komorami do selektywnego zbierania odpadów (9,4 + 4,8 + 4,4 + 2,1 m³).
Źródło: [41].

W alternatywnym systemie - to mieszkańcy mogą przywozić bioodpady do punktów selektywnego zbierania (tzw. bringsystem). Uczestnicy takiej selektywnego zbierania zostają wyposażeni w karty chip, na których po wrzuceniu bioodpadów jest naliczana specjalna premia do odebrania np. w lokalnych punktach handlowych w postaci nowych darmowych worków [6]. Na terenach słabo zaludnionych, zbieranie bioodpadów za pośrednictwem punktów przyulicznej zbierania, zwiększa częstotliwość odbioru, usprawnia proces logistyki i uzasadnia ekonomicznie organizację systemu zbierania [4].

Na terenach wiejskich zaleca się wykorzystywanie systemu samodzielnej zbierania lub specjalistycznego sprzętu posiadającego oddzielne komory do zbierania różnych rodzajów odpadów [41].

Kiedy należy zastosować przeładunek przewożonych bioodpadów?

W miejscach, w których odległości między punktem odbioru bioodpadów a instalacją ich przetwarzania są zbyt duże, zaleca się tworzenie punktów przeładunkowych (bezpośredni transport pojazdami zbierającymi odpady byłby kosztowniejszy od sumarycznych kosztów przeładunku i transportu dalekobieżnego). Zastosowanie stacji przeładunkowych pozwala efektywniej wykorzystywać specjalistyczne pojazdy do odbioru odpadów, pomimo tego iż same stacje mają zastosowanie głównie w przypadku odpadów zielonych. Transport dalekobieżny za pomocą ciągników siodłowych jest bardziej ekonomiczny [25].

Mniejszy tabor samochodowy odbiera bioodpady od gospodarstw (punkt A) i zawozi je do stacji przeładunkowej (punkt B). Stamtąd są zabierane już w większej ilości do docelowego miejsca przetwarzania (punkt C). Systemy takie stosowano w Wielkiej Brytanii, gdy czas dowozu z punktu A do punktu C przekraczał 0,5 h. Ten sposób transportowania odpadów nazywany jest również systemem dwustopniowym i zaleca się go także wówczas, gdy odległość między punktami A i C przekracza 30-50 km [24].



Foto 8. Pielęgnacja zieleni osiedlowej.
Źródło: zasoby własne.

Do optymalizacji logistyki odbioru i przewozu odpadów kuchennych można posłużyć się danymi z Wielkiej Brytanii: śmieciarka o dopuszczalnej masie całkowitej 7,5 t w czasie jednego kursu może obsłużyć 1300-1400 gospodarstw, a do obsługi konieczna jest obecność 2 osób personelu. Zakłada się 6. godzinny czas pracy, do którego nie wlicza się zabiegów organizacyjnych [24].

Do transportu bioodpadów z punktu przeładunkowego zazwyczaj wykorzystuje się ciągnik siodłowy z naczepą w zamkniętej obudowie. Pojazd ten jest wyposażony dodatkowo w system pras w naczepie, dzięki czemu można zwiększyć gęstość nasypową przewożonych odpadów, a tym samym opłacalność transportu.

Optymalizacja logistyki

Organizacja logistyki zależy w dużej mierze od formy i gęstości nasypowej bioodpadów. Ta ostatnia w przypadku odpadów kuchennych i gastronomicznych waha się w granicach 250-1000 kg/m³ w zależności od źródła ich pochodzenia. Wartości zalecane do przyjmowania w obliczeniach to 850 kg/m³ dla odpadów gastrono-

micznych z większych kuchni oraz 450 kg/m³ - z mniejszych punktów gastronomicznych oraz odpadów kuchennych z terenów zamieszkałych. Odpady kuchenne i ogrodowe z terenów wiejskich charakteryzują się gęstością nasypową 450 kg/m³, a z terenów miejskich - 850 kg/m³ [24], [11]. Odpady gastronomiczne często poddaje się sprasowywaniu. Jeśli trawa nie jest zbierana na kiszonkę, optymalnym rozwiązaniem z perspektywy logistyki odbioru byłoby pozostawienie jej przez parę dni do podsuszenia. Nie zawsze jest to możliwe ze względu na wymagania zleceńodawców (np. stosowany często wymóg zgrabiania bezpośrednio po koszeniu). W celu optymalizacji kosztów logistyki odpadów zdrewniałych, można stosować zrębkowanie na miejscu. Jednak nie zawsze się je rozdrabnia. Dlatego ważna jest ocena ich gęstości nasypowej [9], [42]. Informacje te służą do obliczania częstotliwości odbierania bioodpadów oraz do określania wymaganej objętości taboru samochodowego i przewidywanego zużycia paliwa. Gęstość nasypowa bioodpadów zielonych, zdrewniałych i pociętych wynosi 0,4-0,6 Mg/m³, świeżych zrębków drzewnych - 0,35 Mg/m³, a odpadów zielonych z pielęgnacji zieleni przyulicznej - 0,8 Mg/m³ [43], [44].

Tabela 9. Wskaźniki do obliczania gęstości nasypowej różnego rodzaju bioodpadów pochodzenia komunalnego.

Bioodpady	Masa [Mg]>Objętość [m³]	Objętość [m³]> Masa [Mg]
Odpady zielone	x 6,7	x 0,15
Liście	x 5,3	x 0,19
Pokos trawy	x 2,60	x 0,39
Odpady kuchenne	x 1,60	x 0,63
Biotona	x 3,0	x 0,33
Kompost	x 1,67	x 0,60

Źródło: [45].

W przypadku transportu należy zwrócić uwagę na gęstość nasypową transportowanych bioodpadów. Przykładowo, jeśli dostawa biomasy jest opłacana zależnie od objętości kontenera, to na miejscu zbierania kontener może być wypełniony w 100%. Jednak w czasie transportu gęstość bioodpadów zwiększy się i z tego względu po otwarciu kontenera u odbiorcy końcowego, np. elektrociepłowni, może okazać się, że kontener jest napełniony tylko częściowo, np. w 90% [46]. Odległość dowożenia odpadów zielonych nie powinna przekraczać 20 km [4], choć w praktyce bioodpady zbiera się z odległości nawet do 70 km. W Niemczech porównano możliwość pozyskiwania energii z odpadów zielonych z nakładami energetycznymi przeznaczanymi na ich transport. Analiza dla Hamburga wykazała, że w przypadku dowożenia z odległości 20 km, transport pochłania 1-5% energii zawartej w materiale organicznym (1-2% dla odpadów trawiastych, 5% dla zdrewniałych) [9], a dla gazu ziemnego i oleju opałowego wartość ta wynosi aż 10% [46]. Koszty transportu w dużej mierze zależą zarówno od ładowności taboru samochodowego, jak i od aktualnych cen paliw. Zużycie paliwa przez ciężarówkę o ładowności 0,5 Mg to średnio 25 litrów/100 km, a dla ciągnika siodłowego z naczepą 10 Mg - 40 litrów paliwa na 100 km [9]. Tabor samochodowy stosowany do odbioru bioodpadów gastronomicznych to przykładowo pojazd 380PS o tonażu 14,5 ton wyposażony w prasę i system mycia kontenerów [11].

Tabela 10. Czas wykonywania czynności związanych z odbiorem bioodpadów.

Objętość kontenera	Czas dojazdu (min.)		Opróżnianie i mycie
	Tereny miejskie	Tereny wiejskie	
120-240 l	0,2	1,1	1,0
9-120 l	0,2	1,0	0,9
60 l	0,1	0,5	0,4
Worki papierowe 8 l	0,1	0,4	0,3

Źródło: [11].

Kiedy opłaca się zbierać selektywnie?

Opłaty za dostarczenie 1 Mg odpadów do przekształcania termicznego w spalarni w Austrii wynoszą 140 EUR/Mg (200-220 EUR/Mg po uwzględnieniu kosztów transportu). Natomiast alternatywne przekształcanie (z wliczonym transportem do kompostowni) to koszt rzędu 44-46 EUR/Mg, przetwarzanie i logistyka bioodpadów w biogazowni to opłaty rzędu 100-110 EUR/Mg (60-70% tej kwoty to koszt transportu). Różnica między tymi wartościami powinna być zachętą ekonomiczną do zastosowania wybranego rozwiązania technologicznego [6].

Dodatkowa działalność gospodarcza w sektorze selektywnego zbierania odpadów zielonych jest wrażliwa na wahania koniunktury gospodarczej, a tym samym możliwość pozyskania biomasy zależy od zasobności funduszy publicznych. W czasie kryzysu gospodarczego fundusze przeznaczone na konserwację zieleni miejskiej mogą zostać znacznie ograniczone. Wiele przedsiębiorstw zwracało już uwagę na to, że oszczędności w tym zakresie dotyczą w głównej mierze koszenia traw, a w przypadku konserwacji drzew i krzewów wahania koniunkturalne są znacznie mniejsze.

W Niemczech koszt zabiegów podejmowanych w zakresie konserwacji zieleni wynosi 500-1000 EUR/ha, co odpowiada 20-30 EUR/Mg świeżej masy. Po uwzględnieniu nakładów przeznaczanych na zbiórkę i transport koszty wzrastają o 30% [9]. Przekształcanie odpadów zielonych zdrewniałych (po uwzględnieniu kosztów transportu) na paliwo energetyczne (np. zrębki) to koszt 20-45 EUR/Mg, dlatego cena sprzedaży tego paliwa w Niemczech oscyluje zazwyczaj w okolicy 40 EUR/Mg [47] i zależy w dużej mierze od jego jakości. Przykładowo, zrębki drzewne mogą charakteryzować się wilgotnością 40% lub 25% (po podsuszeniu), w związku z tym ich cena jest odpowiednio wyższa lub niższa.

Należy zaznaczyć, że koszty pozyskiwania odpadów zielonych są obecnie większe niż biomasy leśnej (10-18 EUR/Mg [46]) i zyski można osiągać jedynie wtedy, gdy selektywne zbieranie odpadów zielonych stanowi dodatkowe źródło dochodów do podstawowej działalności gospodarczej. Przedsiębiorcy, z którymi przeprowadzono wywiady, stwierdzili, że z powodu bardzo wysokich opłat za odbiór odpadów zielonych ustalonych przez RIPOK bardzo chętnie oddawaliby wytworzone odpady zdrewniałe do elektrociepłowni nawet za darmo.

Analiza możliwości pozyskania substratów z danego terenu

Gęstość zaludnienia w zasadzie determinuje opłacalność selektywnego zbierania odpadów kuchennych z gospodarstw domowych. Pamiętając o tym, że nie powinna być ona mniejsza niż 150 M/km², należy stwierdzić, że działalność MŚP w zakresie selektywnego zbierania odpadów kuchennych i ogrodowych powinna koncentrować się w południowo-zachodniej części województwa [48]. Trzeba jednak zaznaczyć, że poziom powiatu z nieuniknionymi, daleko idącymi uproszczeniami nie jest odpowiedni do wykonywania analizy, która powinna uwzględniać bardziej szczegółowo zabudowę w tkance miejskiej. Analiza taka została przeprowadzona w opisie studium przypadku wschodniej Białoleki (dzielnicy m.st. Warszawy), który można odnaleźć w podręczniku opisującym działanie kalkulatora zasobowo-energetycznego.

Więcej informacji oraz elektroniczna wersja poradnika, znajduje się na stronie internetowej pod adresem: <http://www.bioenergiadlaregionu.eu/pl/naukowcy-dla-gospodarki-mazowska/recykling-organiczny/>.



- [1] Witzenhausen-Institut GmbH (2012). Biogas-Atlas 2011/2012 Anlagenhandbuch der Vergärung biogener Abfälle in Deutschland.
- [2] Knappe F., Vogt R. (2010). Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen in Baden-Württemberg, http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/66390/bio_und_gruenabfaelle.pdf?command=downloadContent&filename=bio_und_gruenabfaelle.pdf, dostęp: październik 2013.
- [3] Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V. (VHE) , Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V. (BGK) (2009). Studie Einführung und Optimierung der getrennten Sammlung zur Nutzbarmachung von Bioabfällen.
- [4] Kern M., Raussen T., Graven T., Bergs C.G., Hermann T. (2012). Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen Anregungen für kommunale Entscheidungsträger.
- [5] Bernstad A., Davidsson A., Tsai J., Persson E., Bissmont M., & La Cour Jansen J. (2013). Tank-connected food waste disposer systems-current status and potential improvements. *Waste management* 33 (1) , s. 193-203.
- [6] Wimmer W., Huber M., Pamminer R. (2009). Erstellung eines Logistikkonzepts zur effizienten Sammlung von biogenen Abfällen als Input für eine energetische Nutzung in Biogasanlagen. Raport programu: Energiesysteme der Zukunft.
- [7] Konsultacja z prof. dr hab. Guranowską-Gruszecką K., pracownikiem naukowym Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej oraz właścicielką pracowni urbanistycznej Studio KA, październik 2013.
- [8] Pick D. (2011). Mikro-Biogas - Entwicklung übertragbarer Konzepte zur nachhaltigen Erschließung biogener Rest- und Abfallstoffe für die Mikro Biogasproduktion in Gemeinden und Landkreisen. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.
- [9] Landwirtschaftskammer Hamburg (2009). Energie aus heimischer Biomasse Studie zum Biomassepotential in der Freien und Hansestadt Hamburg. W ramach projektu grantowego: Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg.
- [10] Kern M., Raussen T., Funda K., Lootsma A., Hofmann H. (2010). Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz.
- [11] Part F. (2010). Methodik zur Erhebung des Aufkommens von betrieblichen Küchen- und Speiseabfällen am Beispiel des Bundeslandes Salzburg. Praca dyplomowa BOKU, Wiedeń.
- [12] <http://www.hogapartner.ch/>, dostęp: październik 2013.
- [13] Seetaler Bote (2011). Eine saubere Lösung für Küchenabfälle. Seetaler Bote 11 sierpnia 2011, <http://www.hogapartner.ch/>, dostęp: październik 2013.
- [14] Szulc A. (2013). Zielone miasto, zieleń przy ulicach. Agencja Promocji Zieleni.
- [15] Zigl drum P. (2011). Langfassung Konferenzbeitrag. Gas aus Gras - Biologie der Grasvergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.

- [16] Brozio S., Hempp S., Hahs M., Piorr H.P., Schleier C., Zeidler M. (2011). Potenzialanalyse von Landschaftspflegematerial in der Bioenergieregion Mecklenburgische Seenplatte. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.
- [17] Pick D., Dieterich M., Heintschel S. (2012). Biogas Production Potential from Economically Usable Green Waste. Sustainability 4 (12), s. 682-702.
- [18] Witzenhausen Institut (2011). Weiterentwicklung der stofflichen und energetischen Verwertung von Biomasse beim Regionale Abfallwirtschaft. Projekt: Zweckverbandes RegAb.
- [19] Generalna Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (2012). Zasady utrzymania i zakładania zieleni przydrożnej Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad.
- [20] Eilermann F., Bitter A.W., Schönbach Ch. (2011). PRONARO Projekt zur umfassenden Analyse der ökonomisch und ökologisch sinnvollen Nutzung Nachwachsender Rohstoffe auf Straßenbegleitflächen des Landesbetriebes Straßenbau NRW. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2marca 2011, Berlin.
- [21] Konsultacja z Tkaczyk W., właścicielem firmy Zieleń i ty, wrzesień 2013.
- [22] Löhr A. (2011) Energetische Verwertung von Schnitt- und Mähgut im Rahmen der Naturnahen Gewässerunterhaltung. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.
- [23] Engel A.M., Exner T., Fehrmann L., Wegener J. (2011). Landschaftspflegematerial im Land Niedersachsen: Potentiale für die energetische Nutzung. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.
- [24] Bridgwater E., Parfitt J. (2009). Evaluation of the WRAP Separate Food Waste Collection Trials. WRAP.
- [25] INTECUS Dresden GmbH (2010). Sprawdzona metody gospodarowania odpadami komunalnymi. Tłumaczenie publikacji w ramach projektu: Capacity Building Abfallwirtschaft in Polen, Stowarzyszenie Technologii Ekologicznych SILESIA.
- [26] BUND-Regionalverbände Donau-Iller & Neckar-Alb | Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (2009). Ermittlung des Potenzials energetisch nutzbarer Resthölzer aus der Landschaftspflege im PLENUM- und Biosphärengebiet Schwäbische Alb.
- [27] Slagstad, H., & Brattem, H. (2012). LCA for household waste management when planning a new urban settlement. Waste management (New York, N.Y.) 32 (7), s. 1482-1490.
- [28] Kaliampakos D., Benardos A. (2013). Underground Solutions for Urban Waste Management: Status and Perspectives. Report ISWA.
- [29] Robinson G. (2007). Beneath our streets, Trends in underground waste management, <http://www.waste-management-world.com/articles/prinMg/volume-8/issue-4/features/beneath-our-streets.html>, dostęp: październik 2013.
- [30] <http://www.molok.com>, dostęp: grudzień 2013.
- [31] Teerijoa, N., Moliis, K., Kuvaja, E., Ollikainen, M., Punkkinen, H., Merta, E. (2012). Pneumatic vs. door-to-door waste collection systems in existing urban areas: a comparison of economic performance. Waste Management 32, s. 1782-1791.
- [32] Konsultacja z dr Lelicińską-Serafin K., pracownikiem naukowym Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, sierpień 2013.
- [33] Fachagentur Nachwachsenderohstoffe (FNR) (2005). Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung Ergebnisse des Biogas-Messeprogramms. Institut für Energetik und Umwelt gGmbH; http://www.big-east.eu/downloads/FNR_HR_Biogas.pdf.

- [34] <http://www.envacgroup.com/>, dostęp: grudzień 2013.
- [35] Lystad H. (2012). Biogas and waste management in Norway. IEA Bioenergy workshop.
- [36] Kosovska H. (2006). The Biological Treatment of Organic Food Waste. Praca magisterska w Szwedzkim Royal Institute of Technology (KTH).
- [37] MariMatic. (2011). Metro Tajfun Automatic Waste Collection. The next generation of Waste Collection Systems.
- [38] Begoña G. (2002). Ayuntamiento de León: Sistema de recogida neumática de residuos urbanos en el casco antiguo de León. <http://www.cardiff.ac.uk/archi/programmes/cost8/case/waste/leon.html>.
- [39] WRAP (2008). Kerbside Recycling: Indicative Costs and Performance Report.
- [40] Konsultacja z prof. dr hab. inż. arch. Ryńską D.E., pracownikiem naukowym Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej i wieloletnim praktykującym architektem, październik 2013.
- [41] <http://www.ntm.fi/document.aspx?DocID=299&MenuID=51&TocID=26>, dostęp: grudzień 2013.
- [42] Konsultacja z Żukowskim D., wiceprezesem firmy AG-Complex, lipiec 2013.
- [43] Bayerisches Landesamt fuer Umweltschutz (2002). Abfallvermeidung und -verwertung bei der Landschafts- und Gartenpflege. Dokumentacja z seminarium w Augsburgu 1 - 2 października 2002.
- [44] BWS Unternehmensberatung Umweltschutz (2011). Grünabfall- und Schnittholzholzverwertung in Schleswig-Holstein unter Klimaschutzaspekten.
- [45] Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (2007). Grundlagen für die Planung von Kompostierungs und Vergärungsanlagen.
- [46] Wittkopf S. (2005). Bereitstellung von Hackgut zur thermischen Verwertung durch Forstbetriebe in Bayern. Praca doktorska obroniona na Technische Universität München.
- [47] Baur F. (2011). Vorstellung der Foreninhalte und Diskussionsergebnisse Forum 1: Spannungsfeld kommunaler Reststoffe - Landschaftspflegematerial und Bioabfall, Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.
- [48] ARMSA (2011). Raport atrakcyjności inwestycyjnej województwa mazowieckiego wraz z oceną jego potencjału inwestycyjnego.

