

Małgorzata PIASKOWSKA-SILARSKA\*

## Analiza możliwości pozyskania energii z odpadów komunalnych

**STRESZCZENIE.** W pierwszej części artykułu przedstawiono właściwości odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce. Ze względu na skład morfologiczny możemy podzielić je na cztery podstawowe grupy: odpady podatne na procesy przekształcania biochemicznego, termicznego, surowce wtórne oraz odpady nieaktywne. Biorąc natomiast pod uwagę miejsce ich powstawania, wyróżniamy odpady wytworzone w gospodarstwach domowych (68,6%), odpady z handlu, małego biznesu, biur, instytucji (26%) oraz usług komunalnych (5,4%). Jak łatwo zauważyć największą grupę stanowią odpady powstające w gospodarstwach domowych, a wśród nich dominują odpady kuchenne i biologiczne oraz papier, tektura i karton. Są to odpady, które można wykorzystywać do produkcji energii – z biogazu i termicznego unieszkodliwiania.

W dalszej części artykułu przedstawiono uwarunkowania prawne pozyskiwania energii z procesu termicznego przekształcania odpadów komunalnych. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy (Dz.U. 2005 nr 186, poz. 1553), od 2013 r. będzie obowiązywał zakaz składowania odpadów komunalnych o wartości opałowej większej niż 6 MJ/kg. Zatem część odpadów trafiających obecnie na składowiska powinna być spalana w zakładach termicznego przekształcania odpadów. Aby jednak inwestycje takie miały sens, musi być zapewniona minimalna wydajność spalarni na 60 000 Mg odpadów rocznie, średnia produkcja odpadów przypadająca na jednego mieszkańca – około 300 kg rocznie i odzysk surowców wtórnych na poziomie 25%. Stosując powyższe założenia można określić wymaganą ilość mieszkańców, przy której budowa zakładu termicznego przekształcania odpadów jest uzasadniona, na około 270 000.

W punkcie trzecim artykułu omówiono uwarunkowania prawne wykorzystania gazu składowiskowego. Zgodnie z nimi, aktywne odgazowanie z odzyskiem energii zaleca się w przy-

---

\* Dr inż. – Instytut Techniki, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

padku składowiska dostarczającego ilość gazu dostateczną do zapewnienia minimum opłacalności inwestycji. Natomiast odgazowanie pasywne dopuszcza się na składowisku generującym resztkowe ilości gazu, nie zagrażającego środowisku, gdzie zastosowanie aktywnego systemu odgazowania nie jest uzasadnione technicznie i ekonomicznie. Według danych Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ekologii Miast (OBREM), opłacalne jest wykorzystanie energii biogazu, gdy powierzchnia składowiska ma powyżej 3 ha i miąższość złoża wynosi co najmniej 5 m. Najkorzystniejszą metodą pozyskiwania energii, ze względu na dużą sprawność procesu, jest kogeneracja, czyli jednoczesna produkcja energii elektrycznej i ciepłej.

SŁOWA KLUCZOWE: odpady komunalne, gaz składowiskowy, termiczne przekształcanie odpadów, odgazowanie składowisk odpadów

## Wprowadzenie

Z roku na rok wytwarza się w Polsce coraz więcej odpadów komunalnych. Zdecydowana większość z nich trafia na składowiska odpadów (73%), pozostała część poddawana jest recyklingowi (18%), kompostowaniu (8%) i termicznemu odzyskowi (1%). Należy dodać, że tylko niewielka część polskich składowisk wyposażona jest w instalacje odgazowania. Problem zatem jest ogromny i daleki od rozwiązania. Odpady komunalne, z których nie można pozyskać surowców wtórnych ani kompostu należy poddawać termicznemu przekształcaniu z odzyskiem energii. Natomiast biogaz, powstający na składowiskach odpadów komunalnych, powinno się ujmować i również wykorzystywać energetycznie. Na ile te zabiegi są opłacalne oraz możliwe z technicznego i prawnego punktu widzenia, postarano się odpowiedzieć w dalszej części artykułu.

### 1. Charakterystyka odpadów komunalnych

Ilość i skład odpadów komunalnych w dużym stopniu zależy od miejsca powstawania, a także od zamożności społeczeństwa. Do czynników wpływających na ich charakter, czyli skład fizyczny i chemiczny, możemy zaliczyć: rodzaj zabudowy miejskiej (przede wszystkim nasycenie jej obiektami usługowymi), styl życia mieszkańców, sposób ogrzewania, a także porę roku. Odpady komunalne w Polsce składają się głównie z substancji organicznej (40–50%), części mineralnych (około 50%), azotu (0,53–0,87%), fosforu (0,45–0,88%) oraz potasu (0,14–0,48%) ([www.technologia.gda.pl](http://www.technologia.gda.pl)).

Szczegółowe badania ilościowe i jakościowe oddają w pełni charakter odpadów powstających na danym terenie. Dzięki tym badaniom możliwe jest określenie: ilości i właściwości powstających odpadów, możliwości zapobiegania ich powstawaniu oraz metod zagospodarowania. Cykl tych badań powinien trwać minimum rok. Badania ilościowe

pozwalają przede wszystkim obliczyć liczbę środków transportu, ustalić częstotliwość wywozu, założyć niezbędną powierzchnię gromadzenia odpadów na składowiskach oraz wielkość pozostałych obiektów unieszkodliwiania. Pomiar ilościowe dla danej jednostki przeprowadza się dzieląc jej obszar na mniejsze rejony, uwzględniając: liczbę mieszkańców, system zabudowy, wyposażenie techniczne budynków (rodzaj ogrzewania, kanalizacja), sposób gromadzenia odpadów (rodzaj pojemników i częstotliwość ich wywozu), obecność innych źródeł powstawania odpadów komunalnych poza gospodarstwami domowymi (obiekty handlowo-usługowe itp.). Masę odpadów w tych badaniach określa się z różnicy wagi samochodów transportowych wypełnionych odpadami i po ich opróżnieniu. Pomiar objętości odpadów przeprowadza się na podstawie liczby opróżnionych pojemników i ich pojemności (d'Obyrn, Szalińska 2005). Z kolei badania jakościowe pozwalają nam wybrać najbardziej odpowiednią metodę do ich unieszkodliwiania (składowanie, kompostowanie bądź procesy termiczne). Ponadto mają na celu ocenę składu chemicznego odpadów, ich stopnia rozdrobnienia i możliwości wtórnego wykorzystania. Badań jakościowych dokonuje się za pomocą analizy sitowej, morfologicznej oraz technicznej i chemicznej. Analiza sitowa, inaczej nazywana frakcyjną, prowadzona jest w celu uzyskania informacji dotyczących wyselekcjonowania i wykorzystania niektórych składników. Przeprowadza się ją na sitach wstrząsowych oraz w bębnach obrotowych. W odpadach komunalnych możemy wyróżnić cztery frakcje: drobną (<10 mm), średnią (10–40 mm), grubą (40–100 mm) oraz odsiew (>100 mm). ([www.zuo.nazwa.pl](http://www.zuo.nazwa.pl)) Analiza morfologiczna polega na wyodrębnieniu jak największej ilości składników występujących w odpadach. Dostarcza ona informacji odnośnie możliwości ich wtórnego użycia. Kolejna analiza określa udział procentowy poszczególnych frakcji, ilości substancji stałych i wody oraz ciepło spalania. Analiza techniczna umożliwi z kolei wstępną ocenę składu, jak i wstępny wybór odpowiedniej technologii unieszkodliwiania. Analiza chemiczna pozwala zaś na wybór konkretnej i najbardziej odpowiedniej metody unieszkodliwiania. Prowadzona jest w celu zbadania podatności odpadów na procesy biochemiczne i termiczne.

Oprócz znacznej zmienności ilościowo-jakościowej w cyklu rocznym, czy też w poszczególnych porach roku oraz niejednorodności składu morfologicznego i chemicznego, do bardzo istotnych wad odpadów możemy zaliczyć niebezpieczeństwo związane z zakażeniem higieniczno-sanitarnym, które powstaje w wyniku obecności drobnoustrojów chorobotwórczych. Podatność substancji organicznej na rozkład w warunkach beztlenowych, wydzielanie nieprzyjemnych zapachów oraz zanieczyszczenie niektórych składników substancjami niebezpiecznymi, należy również zaliczyć do niekorzystnych cech odpadów.

Ze względu na skład morfologiczny możemy podzielić odpady na cztery podstawowe grupy: odpady podatne na procesy przekształcania biochemicznego (czyli odpady organiczne), termicznego (inaczej odpady trudno biodegradowalne, czyli guma, skóra, drewno, tekstylia), odpady surowcowe (podlegające segregacji tj. papier i tektura, szkło, metale, tworzywa sztuczne) oraz odpady nieaktywne (czyli cała drobna frakcja tj. popiół, gruz).

Biorąc pod uwagę właściwości technologiczne odpadów komunalnych, stopień szkodliwości dla środowiska, a przede wszystkim miejsce ich powstawania możemy wyróżnić kilka grup. Jak pokazuje rysunek 1, najliczniejszą grupą są odpady powstające w gospodarstwach domowych.



Rys. 1. Źródła pochodzenia odpadów komunalnych w 2010r. (Główny... 2011)

Fig. 1. Sources of municipal waste 2010 (Główny... 2011)

Są to wszystkie odpady związane z bytowaniem ludzi na terenie gospodarstw domowych. Ich skład procentowy ulega ciągłym zmianom. W tej grupie można wyróżnić następujące rodzaje odpadów: odpady ulegające biodegradacji, papier i wyroby celulozowe, szkło, tworzywa sztuczne, metale, wyroby tekstylne oraz odpady niebezpieczne. Największą grupę w gospodarstwach domowych w Polsce stanowią odpady kuchenne i biologiczne, na drugim miejscu plasuje się papier, natomiast najmniejszą, prawie znikomą ilością charakteryzują się odpady niebezpieczne. Skład odpadów powstających w gospodarstwach domowych został przedstawiony w tabeli 1. Kolejną, nieco specyficzną grupą odpadów komunalnych są odpady wielkogabarytowe. Stanowią one około 5–7% ogólnej ich masy i nie stwarzają zagrożeń dla środowiska. Do tej kategorii zaliczamy m.in. zużyte lodówki, tele-

TABELA 1. Skład odpadów powstających w polskich gospodarstwach domowych [% wagowe] (Grochowicz, Korytkowski 1998)

TABLE 1. Composition of household waste in Poland [% weight] (Grochowicz, Korytkowski 1998)

Rodzaj odpadu	Udział procentowy
Odpady kuchenne i biologiczne	31,8
Papier, tektura, karton	22,6
Drewno, korek	4,8
Tworzywa sztuczne	5,4
Tekstylia	3,5
Części mineralne, gruz, popiół, drobne odpady	15,5
Złom żelazny i metale kolorowe	4,7
Szkło	11,7

wizory, meble oraz pralki. Następną grupą są odpady uliczne, czyli zawartości koszy ulicznych (papier, tworzywa sztuczne, odpady spożywcze) oraz zmiotki z powierzchni ulic, chodników i placów (pyły mineralne, liście). W strumieniu odpadów komunalnych możemy również wyróżnić odpady z obiektów użyteczności publicznej. Zaliczamy do nich odpady pochodzące z obiektów handlowych, szkół, obiektów kultury itp. Ta grupa odpadów jest zróżnicowana pod względem ilości i składu morfologicznego, ponieważ w dużej mierze zależy od rodzaju obiektu.

Odpady z terenów zieleni zorganizowanej oraz jej pielęgnacji stanowią kolejną grupę. Zaliczamy do nich gałęzie, liście, ściętą trawę, pnie i konary drzew, które pochodzą z trawników oraz parków. Odpady roślinne posiadają bardzo istotną zaletę – z uwagi na to, że zawierają cenne zasoby składników mineralnych mogą być stosowane do nawożenia i użyźniania gleb. Następną grupą tej kategorii odpadów są śnieg i lód, usuwane z powierzchni ulic i chodników. Zawierają one ołów, chlorek sodu i wapnia, dlatego też wywożone są w odpowiednie miejsca, które ze względu na bezpieczeństwo dla środowiska powinny być rekultywowane. Do odpadów komunalnych zaliczamy również urobek ziemny z prac budowlanych, odpady z remontów i rozbiórki budynków oraz odpady gospodarczo-bytowe z obiektów przemysłowych. Odpady z remontów stanowią przede wszystkim: cegła, gruz, drewno, a także instalacje metalowe oraz przewody wodociągowe i kanalizacyjne. Natomiast do ostatniej grupy zaliczamy wszystkie odpady pochodzące z pomieszczeń biurowych i socjalnych. Charakteryzują się one bardzo podobnymi właściwościami do odpadów usuwanych z gospodarstw domowych. Wśród odpadów komunalnych znajdują się również odpady niebezpieczne. Ze względu na skład chemiczny, biologiczny oraz specyficzne właściwości, stanowią one zagrożenie zarówno dla środowiska, jaki i dla zdrowia człowieka. Należą do nich między innymi substancje toksyczne, palne oraz wszelkiego rodzaju substancje zakażone mikroorganizmami chorobotwórczymi. Akumulatory, baterie, lakiery, rozpuszczalniki, kwasy, detergenty, czyli wszystkie odpady zawierające aerozole, rtęć i freon są odpadami niebezpiecznymi. Podobnie jak azbest ze zdejmowanych pokryć dachowych. Ilość tych odpadów w krajach wysoko rozwiniętych jest znacznie większa niż w Polsce. W naszym kraju na jednego mieszkańca przypada około 1,3 kg rocznie.

W tabeli 2 przedstawiony został średni skład morfologiczny wytworzonych w Polsce odpadów komunalnych. Badania przeprowadzono w latach 2004 i 2008 (Krajowy... 2010). Podobnie jak w przypadku odpadów powstających w gospodarstwach domowych (tab. 1), w całej masie odpadów komunalnych również dominują odpady kuchenne i biologiczne, a papier i tektura zajmują znaczącą pozycję (w 2008 roku znalazły się na trzecim miejscu pod względem ilości, tuż za tworzywami sztucznymi).

Największym wzrostem ilości charakteryzują się odpady kuchenne i ogrodowe. W ciągu czterech lat przybyło ich aż o 1038,6 tys. Mg. Natomiast największym spadkiem ilości (o 660,5 tys. Mg) w tym czasie, odznacza się papier i tektura. Skład morfologiczny odpadów jest różny w zależności od miejsca ich wytwarzania, jaki i standardów życia ludności. Wpływ na zawartość poszczególnych grup odpadów ma również sposób ogrzewania budynków. Różnice te można zaobserwować także w tabeli 2. W małych miejscowościach i na wsiach, grupa odpadów innych, do których zaliczamy popiół i gruz stanowi ponad 5%, natomiast w większych miastach około 3%. Spowodowane jest to przede

TABELA 2. Skład morfologiczny odpadów komunalnych w Polsce wytworzonych w latach 2004 i 2008 (Krajowy... 2010)

TABLE 2. Morphological composition of municipal waste in Poland 2004 and 2008 (Krajowy... 2010)

Lp.	Rodzaj odpadów	Masa wytworzonych odpadów [tys. Mg]				
		2004	2008			
		ogółem	ogółem	w tym		
			w dużych miastach (>50 tys.)	w małych miastach	na terenach wiejskich	
1.	Papier i tektura	2 181	1 520,5	1 045,0	302,5	173,0
2.	Szkło	962	1 216,3	545,9	323,4	347,0
3.	Metale	531	279,0	146,0	48,5	84,5
4.	Tworzywa sztuczne	1 560	1 533,6	830,9	346,1	356,6
5.	Odpady wielomateriałowe	711	401,2	134,7	124,5	141,9
6.	Odpady kuchenne i ogrodowe	2 850	3 888,6	1 582,3	1 156,7	1 149,7
7.	Odpady mineralne	1 472	467,9	173,0	89,1	205,8
8.	Fracja < 10 mm		1 030,7	229,7	215,7	585,3
9.	Tekstylia	174	325,8	124,8	126,8	74,2
10.	Drewno	192	44,8	12,8	9,3	22,7
11.	Odpady niebezpieczne	93	89,4	41,1	20,0	28,2
12.	Inne kategorie	251	485,7	173,0	142,4	170,3
13.	Odpady wielkogabarytowe	499	268,3	141,8	82,0	44,5
14.	Odpady z terenów zielonych	326	549,4	292,1	166,8	90,6

wszystkim dominacją zabudowy jednorodzinnej, która wyposażona jest w kotły przystosowane do spalania paliwa stałego. W dużych miastach dominują odpady kuchenne, jak i papierowe, ponieważ w budownictwie wielorodzinnym nie ma możliwości spalania odpadów w piecach oraz dokarmiania zwierząt hodowlanych odpadami kuchennymi. Tworzywa sztuczne również charakteryzują się dużym udziałem w wielkich miastach, tj. ponad 15%. Przyczyną tego jest duża konsumpcja produktów w opakowaniach jednorazowych. Odpady drzewne natomiast produkowane są w znacznie większych ilościach na wsiach. Jeżeli chodzi o odpady niebezpieczne, to ze względu na rozwijającą się infrastrukturę, największe ich ilości powstają w dużych miastach.

W przyszłości przewiduje się dalsze zmiany składu morfologicznego odpadów komunalnych. Będzie to przede wszystkim zwiększenie ilości tworzyw sztucznych oraz papieru i tektury na skutek wzrostu udziału opakowań. Natomiast znacznie zmniejszy się udział popiołu, gdyż ludność w coraz to większym stopniu zacznie używać gazu w instalacjach grzewczych.

## 2. Uwarunkowania prawne, techniczne i ekonomiczne termicznego unieszkodliwiania odpadów komunalnych z odzyskiem energii

Podstawowym aktem prawnym dotyczącym odpadów, obowiązującym w Polsce, jest ustawa o odpadach uchwalona przez sejm 27.04.2001 r. (Dz.U. 2001 nr 62, poz. 628 z późn. zm.) Zgodnie z nią najważniejszym działaniem jest zapobieganie powstawaniu odpadów, następnie ograniczenie zarówno ich ilości, jak i uciążliwości, odzysk, unieszkodliwianie, natomiast składowanie jest najmniej preferowane. Oznacza to, że spalaniu powinny podlegać tylko te odpady, które nie zawierają surowców wtórnych. W podobnym duchu jest napisana najnowsza dyrektywa UE, promująca ideę „społeczeństwa recyklingu”. Zobowiązuje ona państwa członkowskie do zapewnienia segregacji „u źródła” oraz zbierania i recyklingu priorytetowych strumieni odpadów (papieru, metalu, tworzyw sztucznych, szkła, opakowań wielomateriałowych, odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, w tym odpadów opakowaniowych ulegających biodegradacji). Kolejnym dokumentem o którym należy tu wspomnieć jest rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 7.09.2005 r. (Dz.U. 2005 nr 186, poz. 1553), wprowadzające zakaz składowania odpadów komunalnych o wartości opałowej większej niż 6 MJ/kg od 2013 r. (Wielgosiński 2003).

Podsumowując należy stwierdzić, że z prawnego punktu widzenia znaczną część odpadów komunalnych trafiających na składowiska, powinno się poddawać termicznemu unieszkodliwieniu z odzyskiem energii. Jak to jednak wygląda od strony ekonomicznej?

Przyjmuje się, że inwestycja w zakład termicznego przekształcania odpadów komunalnych ma sens, jeśli spełnione są następujące warunki:

- ✧ minimalna wydajność spalarni: 60 000 Mg odpadów rocznie,
- ✧ średnia produkcja odpadów przypadająca na jednego mieszkańca: około 300 kg rocznie,
- ✧ odzysk surowców wtórnych na poziomie 25% (pozostałe 75% odpadów jest spalane).

Stosując powyższe założenia można określić wymaganą liczbę mieszkańców, przy której budowa zakładu termicznego przekształcania odpadów jest uzasadniona, na około 270 000.

Koszty budowy spalarni odpadów komunalnych wynoszą od kilkudziesięciu do kilkuset milionów złotych, w zależności od planowanego przerobu. Do tego należy doliczyć wydatki związane z działalnością informacyjną, edukacyjną i dialogiem społecznym oraz uzgodnieniem lokalizacji, wyceny gruntów i ich pozyskania, uzbrojeniem terenów pod budowę,

dokumentacją techniczną. Pieniądze na budowę zakładów termicznego przekształcania odpadów można pozyskać z funduszy unijnych, w szczególności z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko – Działanie: 2.1. Dotacje są udzielane maksymalnie do 85% wartości kosztów kwalifikowanych. W programie tym są dwa rodzaje wsparcia: zaliczki na poczet ponoszonych w przyszłości kosztów oraz refundacja kosztów wcześniej poniesionych. Na mniejsze projekty realizowane np. przez gminy wiejskie lub miejsko-wiejskie dofinansowania należy szukać w regionalnych programach operacyjnych oraz w Programie Rozwoju Obszarów Wiejskich. Wsparcie można otrzymać także w formie preferencyjnych pożyczek i dotacji z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz z funduszy wojewódzkich ([www.biznes.gazetaprawna.pl](http://www.biznes.gazetaprawna.pl)).

W Polsce poważnym problemem jest również lokalizacja zakładów termicznego przekształcania odpadów komunalnych ze względu na występujące powszechnie protesty mieszkańców. Zmusza to inwestorów do budowy spalarni na obrzeżach miast, co dodatkowo podnosi koszty.

Kolejnym problemem, który należy uwzględnić, rozważając budowę zakładu termicznego przekształcania odpadów komunalnych jest ich wartość opałowa. W przypadku, gdy jest nie mniejsza niż 5800 kJ/kg nie ma potrzeby uzupełniania odpadów paliwem o wyższej wartości opałowej, aby wspomóc proces spalania. W Polsce wartość opałowa odpadów wynosi średnio 6200 kJ/kg i jest znacznie zróżnicowana w zależności od ich składu. Dla przykładu korzystny z punktu widzenia wartości opałowej składnik odpadów, jakim jest papier, w krajach wysoko rozwiniętych stanowi około 38% całkowitej masy odpadów, w krajach średnio rozwiniętych około 22%, w krajach rozwijających się około 2%. Odwrotne proporcje występują w organicznych składnikach odpadów. I tak w odpadach krajów wysoko rozwiniętych stanowią one 25%, w krajach średnio rozwiniętych – 42%, w krajach rozwijających się – 65%. W Polsce średni udział masowy papieru w odpadach komunalnych wynosi około 10%, przy czym w dużych miastach jest znacznie wyższy i wynosi około 20%. Natomiast udział masowy składników organicznych dla całego kraju jest zbliżony i wynosi około 35%. Wynika stąd, że w skład odpadów komunalnych z dużych aglomeracji miejskich i krajów wysoko rozwiniętych wchodzi duża masa frakcji odpadowej o wysokiej wartości opałowej. W przypadku ośrodków mniejszych i krajów rozwijających się udział frakcji odpadowej o wysokiej wartości opałowej jest niewielki (Pająk 2001, 2008).

### 3. Uwarunkowania prawne, techniczne i ekonomiczne energetycznego wykorzystania gazu składowiskowego

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz.U. 2003 nr 61, poz. 549, z późn. zm.), stawia następujące wymagania:



- ✧ składowisko odpadów, na którym przewiduje się składowanie odpadów ulegających biodegradacji, wyposaża się w instalację do odprowadzania gazu składowiskowego,
- ✧ gaz składowiskowy oczyszcza się i wykorzystuje do celów energetycznych, a jeżeli jest to niemożliwe – spala w pochodni.

Zarówno Dyrektywa Rady 1999/31/WE i DE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów, jak i Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. 2002 nr 220, poz. 1858), w odniesieniu do gazu składowiskowego, określają zadania monitoringu składowisk odpadów w fazie przedeksploatacyjnej, eksploatacyjnej i poeksploatacyjnej.

Zgodnie z przepisami polskimi, jak i unijnymi, gospodarka gazem składowiskowym powinna zależeć od parametrów samego składowiska (takich jak lokalizacja, miąższość i wiek odpadów, uszczelnienie, ilość generowanego gazu, gospodarka odciekami, bezpieczeństwo otoczenia i stopień zagrożenia gazem, czynniki operacyjne) oraz od uwarunkowań ekonomicznych. Aktywne odgazowanie z odzyskiem energii zaleca się w przypadku składowiska dostarczającego ilość gazu dostateczną do zapewnienia minimum opłacalności inwestycji. Natomiast odgazowanie pasywne dopuszcza się na składowisku generującym resztkowe ilości gazu, nie zagrażającego środowisku, gdzie zastosowanie aktywnego systemu odgazowania nie jest uzasadnione technicznie i ekonomicznie.

Danymi wyjściowymi do budowy instalacji odgazowania są:

- ✧ ilość gazu składowiskowego (zwykle od 80 do 160 m<sup>3</sup>/Mg wilgotnych odpadów) ujmowanego w hałdzie odpadów,
- ✧ planowana docelowa pojemność i powierzchnia hałdy odpadów,
- ✧ konieczność warstwowego przykrywania i zagęszczania odpadów, umożliwiająca bez-tlenowy rozkład substancji organicznych zawartych w odpadach,
- ✧ technologiczne możliwości energetycznego wykorzystania gazu składowiskowego (www.proekologia.pl).

Z energetycznego punktu widzenia najważniejszym składnikiem biogazu jest metan. Zawartość około 60% CH<sub>4</sub> i 40% CO<sub>2</sub> pozwala uzyskać wartość opałową około 21,5 MJ/m<sup>3</sup>, podczas gdy zawartość około 31,6% CH<sub>4</sub> i 34,8% CO<sub>2</sub> daje już tylko wartość opałową rzędu około 12,3 MJ/m<sup>3</sup>. Należy dodać, że do energetycznego wykorzystania nadaje się gaz, który ma w swym składzie 40–60% metanu.

Według danych Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ekologii Miast (OBREM), opłacalne jest wykorzystanie energii biogazu, gdy powierzchnia składowiska ma powyżej 3 ha i miąższość złoża wynosi co najmniej 5 m. Najkorzystniejszą metodą pozyskiwania energii, ze względu na dużą sprawność procesu, jest kogeneracja. W zależności od ilości i jakości (wartości opałowej) biogazu, sposobu jego zagospodarowania i zastosowanej technologii, a także cen rynkowych pozyskanego ciepła i energii elektrycznej, czas zwrotu poniesionych nakładów waha się od 2 do 10 lat. Oczywiście, podobnie jak w przypadku zakładów termicznego przekształcania odpadów komunalnych, można się starać o dofinansowanie m.in. ze środków Unii Europejskiej, Ekofunduszu, Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej i Powiatowych Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (Oszytko, Richter 2012).

W tabeli 3 przedstawiono czas amortyzacji nakładów poniesionych na budowę instalacji utylizacji gazu składowiskowego w wybranych krajach Europy Zachodniej. Jak łatwo zauważyć inwestycja zwraca się po dwóch do ośmiu lat (wyjątkiem jest Vasse w Holandii, gdzie nigdy się nie zwróci).

TABELA 3. Czas amortyzacji nakładów poniesionych na budowę instalacji utylizacji gazu składowiskowego (www.inig.pl)

TABLE 3. Amortisation period of landfill gas utilisation installation investment (www.inig.pl)

Kraj	Miejscowość/ składowisko	Nakłady inwestycyjne [USD]	Ilość produkowanego gazu [mln m <sup>3</sup> /rok]	Okres amortyzacji [lata]
Holandia	Wijster/Bejlen	990 000	5,0	2
	Vasse	510 000	1,7	straty
Wielka Brytania	Merseyside	brak danych	2,55	6
	Cuxton	1 060 000	5,0	3
	Marshal	815 000	3,0	3
Dania	Svebolle	1 700 000	1,78	7,6
Polska	Małopolska	962 000	1,0	5,4

## Podsumowanie

Przeprowadzona analiza aktów prawnych wykazała, że ilość odpadów komunalnych trafiających na polskie składowiska powinna zostać ograniczona do minimum. Odpady, które nie nadają się do kompostowania lub wtórnego odzysku powinny być poddane termicznemu przekształcaniu z odzyskiem energii. Z ekonomicznego punktu widzenia budowa spalarni odpadów komunalnych ma sens w szczególności na obrzeżach miast, gdzie liczba mieszkańców wynosi 270 000 lub więcej. Odpady takie charakteryzują się dodatkowo wyższą wartością opałową, w porównaniu do mniejszych miejscowości i wsi, dzięki czemu nie ma potrzeby dodawania paliwa wspomagającego proces spalania.

Jednocześnie, zgodnie z obowiązującymi przepisami, istniejące składowiska powinny być wyposażone w instalacje do ujmowania gazu składowiskowego. Wszędzie tam, gdzie ilość gazu jest wystarczająca do zapewnienia minimum opłacalności inwestycji, należy zastosować odgazowanie aktywne z odzyskiem energii. Dotyczy to składowisk o po-

wierzchni powyżej 3 ha i miąższości złoża co najmniej 5 m. Należy dodać, że najkorzystniejszą metodą pozyskiwania energii, ze względu na dużą sprawność procesu, jest kogeneracja. W zależności od ilości i jakości (wartości opałowej) biogazu, sposobu jego zagospodarowania i zastosowanej technologii a także cen rynkowych pozyskanego ciepła i energii elektrycznej, czas zwrotu poniesionych nakładów waha się od 2 do 10 lat.

## Literatura

- d'OBYRN K., SZALIŃSKA E., 2005 – Odpady komunalne – zbiórka, recykling, unieszkodliwianie. Wydawnictwo PK. Kraków.
- Główny Urząd Statystyczny 2011: Infrastruktura komunalna w 2010 r. Warszawa.
- GROCHOWICZ E., KORYTKOWSKI J., 1998 – Ochrona przed odpadami. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa.
- Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014: 2010. Warszawa.
- OSZYTKO P., RICHTER I., 2012 – Strategiczne uwarunkowania produkcji energii ze źródeł odnawialnych w Polsce. Polityka Energetyczna t. 15, z. 2.
- PAJAŁ T., 2001 – Termiczne unieszkodliwianie odpadów w systemie gospodarki odpadami komunalnymi. Wyd. AGH. Kraków.
- PAJAŁ T., 2008 – Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii. Energetyczne wykorzystanie odpadów komunalnych. Wyd. Tarbonus. Kraków.
- WIELGOSIŃSKI G., 2003 – Dostosowanie polskiego prawa do prawa Unii Europejskiej w odniesieniu do termicznych metod utylizacji odpadów. Polityka Energetyczna t. 6.
- Dz.U. 2001 nr 62, poz. 628, z późn. zm.
- Dz.U. 2002 nr 220, poz. 1858.
- Dz.U. 2003 nr 61, poz. 549, z późn. zm.
- Dz.U. 2005 nr 186, poz. 1553.
- [www.biznes.gazetaprawna.pl](http://www.biznes.gazetaprawna.pl)
- [www.inig.pl](http://www.inig.pl)
- [www.proekologia.pl](http://www.proekologia.pl)
- [www.technologie.gda.pl](http://www.technologie.gda.pl)
- [www.zuo.nazwa.pl](http://www.zuo.nazwa.pl)

Małgorzata PIASKOWSKA-SILARSKA

## Analysis of energy production possibilities from municipal waste

### Abstract

The characteristics of municipal waste generated in Poland are shown in the first part of this paper. Regarding the morphological composition, we can divide such waste into four basic groups: waste able to be biochemically processed, thermally processed, recyclable, and inert waste. The sources of waste generation are as follows: home waste (68%), trade, small business and office (26%), and waste from communal services (5.4%). We can easily see that the majority comes from households, mostly kitchen waste, bio waste, paper, and paperboard. This waste can be used to generate energy from biogas or by thermal processing.

The next part of this paper reviews legal regulations concerning energy generation from the thermal utilization of municipal waste. From 2013, the Minister of Economy and Labour ordinance from 7.09.2005 prohibits waste storage of more than 6 MJ/kg of calorific value. Part of this waste should be already being burnt in thermal utilization plants. To achieve profitability, minimal incineration plant efficiency must be 60,000 metric tons of waste yearly, the average waste production per person 300 kg yearly, and recycling at 25%. The minimum surrounding population size per plant should be 270,000 for the thermal utilization plant investment to be profitable.

The third part of this paper outlines legal restrictions on landfill gas use. Active landfill degassing with energy recovery is legitimate in cases where a landfill delivers enough gas for installation to become profitable. Passive degassing is allowed in a landfill generating small amounts of gas which doesn't harm the environment and where applying an active landfill degassing system isn't technically viable. According to figures from the Eco Town Research and Development Centre (OBREM), the use of biogas energy is profitable if the surface of a landfill is bigger than 3 ha and the deposit has a thickness of at least 5 m. The most effective means of energy generation, because of its processing characteristics, is cogeneration – the simultaneous production of electrical and thermal energy.

KEY WORDS: municipal waste, landfill gas, thermal utilization of waste, degassing of landfill