



## Impact of the energy use of biodegradable waste on CO<sub>2</sub> emission reduction

Mohamed ALWAEELI<sup>1</sup>

*1 Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii Urządzeń i Zagospodarowania Odpadów, ul. Konarskiego 18.44-100 Gliwice, tel.: 32-237-21-15, e-mail: mohamed.alwaeli@polsl.pl*

### Abstract

The constant increase of energy consumption and the global greenhouse effect are the reasons for introducing the policy of replacement of conventional energy sources by renewable energy sources in EU. As a result the Directive known as 3x20 was introduced in 2008. One of possible way of CO<sub>2</sub> emission reduction from combustion processes in Poland is thermal utilization of bio-fraction of municipal solid waste and sewage sludge as sources of energy. The potential and possible effect of this process in Silesia region is presented in the paper

**Keywords:** biodegradable waste, CO<sub>2</sub>, coal

### Streszczenie

#### Ocena wpływu wykorzystania odpadów biodegradowalnych na redukcję CO<sub>2</sub>

Wzrost zapotrzebowania na surowce energetyczne i wzrost cen paliw kopalnych oraz obawy związane z globalnym ociepleniem wymusiły na krajach Unii Europejskiej większe wykorzystanie alternatywnych źródeł energii w celu zastąpienia paliw konwencjonalnych oraz ograniczenia emisji dwutlenku węgla. Według Dyrektywy zwanej 3 razy 20% (2009/28/EC) Polska zobowiązała się do roku 2020 ograniczyć emisji gazów cieplarnianych o 20% (w porównaniu z rokiem 1990). W pracy przedstawiono potencjał energetyczny odpadów biodegradowalnych w województwie śląskim oraz możliwości ich wykorzystania dla zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>.

**Słowa kluczowe:** odpady biodegradowalne, CO<sub>2</sub>, węgiel

### 1. Wstęp

Gospodarka odpadami stała się w ostatnich latach bardzo istotnym zagadnieniem, głównie z powodu narastającej ich ilości. Przyczyną powstawania nadmiernej ilości odpadów jest model cywilizacji charakteryzujący się nieracjonalną gospodarką zasobami, wzrostem standardu życia jak również rozwojem gospodarczym i przemysłowym [1-4]

Styl życia, rosnąca zamożność oraz rozwój gospodarczy miały w ostatnich latach wielki wpływ na wzrost konsumpcji energii. Energia z paliw kopalnych wywiera wpływ na środowisko w całym jej cyklu życia: od wydobycia, poprzez wytworzenie i transport, do zużycia końcowego i utylizacji powstałych odpadów. Wykorzystanie energii odnawialnej minimalizuje te skutki.

Czynniki takie jak wzrost zapotrzebowania na surowce energetyczne i wzrost cen kopalni konwencjonalnych (koszty paliw kopalnych, zwłaszcza ropy naftowej, stale rosną od 1998r.) oraz obawy związane z globalnym ociepleniem wymusiły na krajach Unii Europejskiej większe wykorzystanie alternatywnych źródeł energii w celu zastąpienia paliw kopalnych, zróżnicowania dostaw energii i ograniczenia emisji dwutlenku węgla. W grudniu 2008 roku uzgodniona została ostateczna wersja dyrektywy dotyczącej odnawialnych źródeł energii. Zgodnie z dyrektywą [5] do 2020 roku kraje Unii Europejskiej muszą spełnić następujące założenia:

- zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> o 20%,
- zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych do 20%,

- zwiększenie efektywności energetycznej o 20%.

W województwie śląskim zalega 1028 tys. Mg odpadów (stan na koniec 2009 roku). Odpady te oprócz degradacji środowiska naturalnego, zajmowania obszarów oraz ogromnych środków finansowych przeznaczonych na budowę i utrzymywanie składowisk, stanowią potencjalne źródło paliw. Jednym z ważnych kierunków gospodarki odpadami komunalnymi jest ich spalanie z odzyskiem energii. W związku z tym, produkcja energii ze spalania odpadów biodegradowalnych może stać się ważnym w Polsce źródłem energii odnawialnej i w ten sposób może wpłynąć na redukcję CO<sub>2</sub>. W pracy przedstawiono potencjał energetyczny odpadów biodegradowalnych w województwie śląskim oraz wpływ ich wykorzystania na zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub>.

## 2. Warunki kwalifikowania energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów komunalnych jako energii z odnawialnego źródła energii

Jednym ze sposobów zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> z procesów spalania paliw jest wykorzystanie energii biomasy i odpadów w miejsce paliw nieodnawialnych emitujących dwutlenek węgla. Jednak warunkiem zaliczenia energii uzyskanej w ten sposób jest prowadzenie procesu spalania tylko dla wyróżnionych rodzajów frakcji odpadów i w warunkach, które zapewniają minimalizację szkodliwego oddziaływania na środowisko. Dotyczy to w szczególności frakcji organicznej odpadów oraz odpadów biologicznych.

Ustawy i Rozporządzenia obowiązujące w Polsce określają m.in. warunki kwalifikowania energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów komunalnych jako energii z odnawialnego źródła energii. Zastosowanie tych warunków wymaga zdefiniowania pojęć związanych z odpadami, odzyskiem energii i instalacjami służącymi do spalania odpadów.

### 2.1. Definicje pojęć stosowanych w przepisach prawnych

Ustawa o odpadach [6] definiuje pojęcia odpadów komunalnych oraz frakcji biodegradowalnej tych odpadów:

**Odpady komunalne** [art. 3, ust. 3, punkt 4] - rozumie się przez to odpady powstające w gospodarstwach domowych, a 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;

**Odpady ulegające biodegradacji** [art. 3, ust. 3, punkt 7] - rozumie się przez to odpady, które ulegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów;

**Odzysk energii** [art. 3, ust. 3, punkt 10] - rozumie się przez to termiczne przekształcanie odpadów w celu odzyskania energii;

„Ustawa o odpadach” [6], wprowadza również uwarunkowania dotyczące termicznego przekształcania odpadów:

**Termiczne przekształcanie odpadów** [art. 3, ust. 3, punkt 17 i 21a] - może być prowadzone w spalarniach odpadów lub we współspalarniach odpadów.

**Spalarnia odpadów** - to cały teren zakładu, na którym funkcjonuje instalacja (urządzenie techniczne), której głównym celem jest unieszkodliwienie odpadów poprzez ich termiczne przekształcenie. W skład spalarni wchodzi też wszystkie urządzenia umożliwiające prawidłowe ich funkcjonowanie, w tym służące do przyjmowania odpadów, ich tymczasowego gromadzenia, wstępnej obróbki czy zagospodarowania pozostałości procesów termicznego przekształcania odpadów.

**Współspalarnia** - jest to cały teren zakładu, gdzie funkcjonuje instalacja (urządzenie techniczne), której głównym celem jest wytwarzanie energii lub produktów materialnych przy wykorzystaniu odpadów jako paliwa zwykłego lub dodatkowego bądź w której odpady są poddawane termicznemu przekształceniu (zakres działań i dodatkowych urządzeń jak w przypadku spalarni) w celu ich unieszkodliwienia. Współspalarnią jest np. cementownia czy zakład energetyczny wykorzystujący odpady jako nośnik energii obok podstawowego paliwa. Wymagania, jakim powinny odpowiadać spalarnie i współspalarnie, co do zasady są jednakowe. Kierownikiem tych obiektów może być wyłącznie osoba, która posiada świadectwo stwierdzające kwalifikacje w zakresie gospodarowania odpadami. Spalanie odpadów wymaga uzyskania zezwolenia na gospodarowanie odpadami, którego uzyskanie jest już obowiązkiem ogólnym, a nie wynikającym tylko z rozdziału 6 ustawy o odpadach.

Z kolei Ustawa „Prawo energetyczne” [7], wprowadza definicje odnawialnych źródeł energii:

**Odnawialne źródło energii** [art. 3, punkt 20] – źródło wykorzystujące w procesie przetwarzania energię wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalną, fal, prądów i pływów morskich, spadku rzek oraz energię pozyskiwaną z biomasy, biogazu wysypiskowego, a także biogazu powstałego w procesach odprowadzania lub oczyszczania ścieków albo rozkładu składowanych szczątków roślinnych i zwierzęcych.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki [8,9] w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle definiuje następujące pojęcia:

**Biomasa** [§ 2, punkt 1] - stałe lub ciekłe substancje pochodzenia rolnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemyślu przetwarzającego ich produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji, oraz ziarna zbóż niespełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym określonych w art. 4 rozporządzenia Komisji (WE) nr 687/2008 z dnia 18 lipca 2008 r. ustanawiającego procedury przejścia zbóż przez agencje płatnicze lub agencje interwencyjne oraz metody analizy do oznaczania jakości zbóż (Dz. Urz. UE L 192 z 19.07.2008, str. 20) i ziarna zbóż, które nie podlegają zakupowi interwencyjnemu;

**Biogaz** [§ 2, punkt 3] - gaz pozyskany z biomasy, w szczególności z instalacji przeróbki odpadów zwierzęcych lub roślinnych, oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów;

**Mieszane paliwo wtórne** [§ 2, punkt 4] - paliwo będące mieszkanką biomasy lub biogazu oraz innych paliw, przygotowane poza jednostką wytwórczą zużywającą to paliwo;

**Spalanie biomasy z paliwami nie jest traktowane jako współspalanie.** Jest to jednoczesne spalanie dwóch paliw. Natomiast jeżeli w instalacji jednocześnie wraz z paliwami spalane są odpady inne niż niebezpieczne w ilości nie większej niż 1 % masy tych paliw, to nie jest to również instalacja współspalania. Zgodnie z [§ 16 ust. 3], przez instalację współspalania odpadów rozumie się każdą instalację, której głównym celem jest wytwarzanie energii lub innych produktów w której wraz z paliwami spalane są odpady w celu odzyskania zawartej w nich energii lub w celu unieszkodliwienia; obejmuje to spalanie przez utlenianie odpadów i paliw, jak również inne procesy przekształcania termicznego odpadów, w tym pirolizę, zgazowanie i proces plazmowy, o ile substancje powstające podczas przekształcania są następnie współspalane z paliwami. Jeżeli w instalacji jednocześnie wraz z paliwami są spalane odpady inne niż niebezpieczne w ilości nie większej niż 1 % masy tych paliw, to do instalacji tej nie stosuje się przepisów niniejszego rozdziału, z tym że do źródeł spalania paliw, w których współspalane są odpady, stosuje się w takim przypadku przepisy rozdziału 2 (dotyczy spalarni odpadów).

Rozporządzenie Ministra Środowiska [10] w sprawie szczegółowych warunków technicznych kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów komunalnych definiuje następujące pojęcia:

**Fracje biodegradowalne odpadów komunalnych** [§ 3] - do rodzajów frakcji biodegradowalnych zalicza się następujące frakcje:

- frakcję podsitową o granulacji 0 - 20 mm;
- odpady kuchenne pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, ogrodowe oraz z terenów zieleni;
- drewno;
- papier lub tekturę;
- tekstylia z włókien naturalnych;
- odpady wielomateriałowe, w tym odpady z utrzymania higieny;
- skórę.

**Energia z odnawialnego źródła energii** [§ 4, ust. 1] - część energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów komunalnych zawierających frakcje, o których mowa w § 3, może być zakwalifikowana jako energia z odnawialnego źródła energii, jeżeli są spełnione łącznie następujące warunki techniczne:

- spalane są zmieszane odpady komunalne zawierające co najmniej jedną z frakcji biodegradowalnych;
- odpady, o których mowa w pkt 1, pochodzą wyłącznie z obszarów, na których, zgodnie z regulaminem utrzymania czystości i porządku na terenie gminy, są selektywnie zbierane odpady przeznaczone do innych procesów odzysku, w tym do procesów recyklingu;

- frakcja podsitowa, o której mowa w § 3 pkt 1, stanowi część zmieszanych odpadów komunalnych, które ulegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów;
- wartość ryczałtowa udziału energii chemicznej frakcji biodegradowalnych w energii chemicznej całej masy zmieszanych odpadów komunalnych kierowanych do termicznego przekształcania osiąga poziom 42 % całości energii odzyskanej w wyniku termicznego przekształcania tych odpadów;
- wartość, o której mowa w pkt 4, jest wartością kwalifikującą część energii odzyskanej z termicznego przekształcania zmieszanych odpadów komunalnych jako energii odzyskanej z odnawialnego źródła energii;
- prowadzone są badania udziału energii chemicznej frakcji biodegradowalnych w energii chemicznej całej masy zmieszanych odpadów komunalnych kierowanych do termicznego przekształcania, na podstawie metodyki badań potwierdzających rzeczywisty udział energii chemicznej frakcji biodegradowalnych w całkowitej energii z termicznego przekształcania zmieszanych odpadów komunalnych, określonej w załączniku do rozporządzenia, zwane dalej "badaniami";
- badania są wykonywane przez laboratoria akredytowane lub posiadające certyfikat wdrożonego systemu jakości badań lub uprawnienia do badania właściwości fizykochemicznych, toksyczności i ekotoksyczności substancji i preparatów nadane w trybie określonym w przepisach o substancjach i preparatach chemicznych;
- termiczne przekształcenie zmieszanych odpadów komunalnych zawierających frakcje biodegradowalne odbywa się zgodnie z warunkami określonymi w przepisach dotyczących termicznego przekształcania odpadów, w szczególności w zakresie emisji zanieczyszczeń do powietrza;
- prowadzona jest wiarygodna dokumentacja dotycząca:
  - a. ilości i jakości odpadów dostarczonych do procesu termicznego przekształcania odpadów w postaci ewidencji odpadów, o której mowa w art. 36 ust. 1 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach,
  - b. wyników badań.

W przypadku spalania biomasy razem z paliwami konwencjonalnymi w jednej instalacji udział energii ze źródeł odnawialnych w całej ilości wytwarzanej energii cieplnej lub elektrycznej wyznacza się zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. [8]:

Zgodnie z § 6. 1. W jednostce wytwórczej, w której są spalane biomasa lub biogaz wspólnie z innymi paliwami, do energii wytwarzanej w odnawialnych źródłach energii zalicza się część energii elektrycznej lub ciepła odpowiadającą udziałowi energii chemicznej biomasy, lub biogazu w energii chemicznej paliwa zużywanego do wytwarzania energii, obliczaną na podstawie rzeczywistych wartości opałowych tych paliw, z zastrzeżeniem § 9 ust. 1, według wzoru:

$$E_{OZE} = \frac{\sum_{i=1}^n M_{Bi} \cdot W_{Bi}}{\sum_{i=1}^n M_{Bi} \cdot W_{Bi} + \sum_{j=1}^m M_{Kj} \cdot W_{Kj}} \quad [1]$$

gdzie poszczególne symbole oznaczają:

$E_{OZE}$  - ilość energii elektrycznej lub ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii, MWh lub GJ.

$E$  - ilość energii elektrycznej lub ciepła wytworzonych w jednostce wytwórczej, w której jest spalana biomasa lub biogaz wspólnie z innymi paliwami, MWh lub GJ;

$M_{Bi}$  - masę biomasy lub biogazu, spalonych w jednostce wytwórczej, Mg;

$M_{Kj}$  - masę paliwa innego niż biomasa lub biogaz, spalonego w jednostce wytwórczej, Mg;

$W_{Bi}$  - wartość opałową biomasy lub biogazu spalonych w jednostce wytwórczej, MJ/Mg;

$W_{Kj}$  - wartość opałową paliwa innego niż biomasa lub biogaz, spalonego w jednostce wytwórczej, MJ/Mg;

$n$  - liczbę rodzajów biomasy lub biogazu spalonych w jednostce wytwórczej;

$m$  - liczbę rodzajów paliw innych niż biomasa lub biogaz, spalonych w jednostce wytwórczej.

Jak wynika z przedstawionego zestawienia pojęcia związane z termiczną utylizacją odpadów komunalnych dość precyzyjnie określają rodzaje frakcji odpadów oraz procesy, które mogą być uznane za zero emisyjne z względu na CO<sub>2</sub>. Poniżej przedstawiono możliwości realizacji takich procesów w województwie śląskim.

### 3. Źródła oraz skład morfologiczny odpadów komunalnych na Śląsku

Źródłami powstawania odpadów komunalnych są:

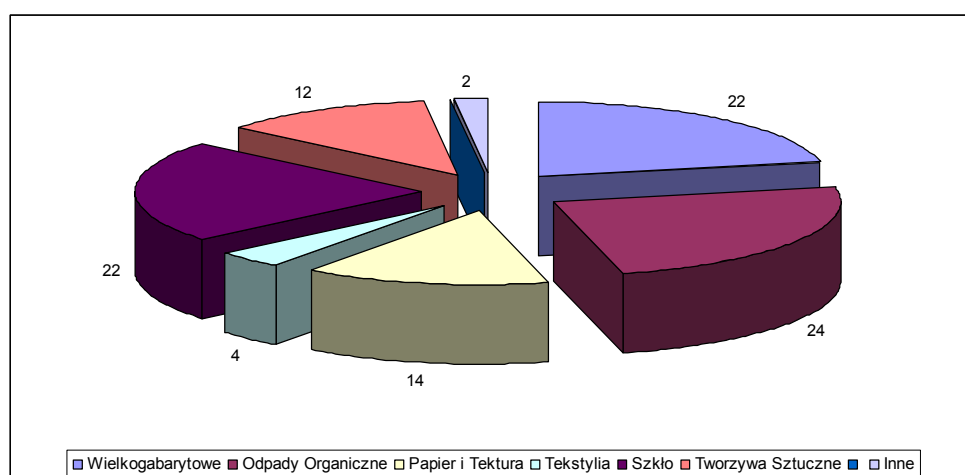
- gospodarstwa domowe,
- obiekty infrastruktury (handel, usługi, rzemiosło, szkolnictwo, przemysł w części socjalnej i inne).

Z danych statystycznych wynika, że około 2/3 odpadów komunalnych powstaje w gospodarstwach domowych, 1/3 tych odpadów generują obiekty infrastruktury (Rys. 1). W 2009 roku w województwie śląskim wytworzono 1652 tys. ton odpadów, co stanowi około 14% ilości odpadów wytworzonych w Polsce. W przeliczeniu na jednego mieszkańca średnio w województwie wytworzono 356 kg odpadów. Najwięcej odpadów komunalnych powstało w Katowicach 9,4%, Częstochowie – 5,7% oraz w Gliwicach 5,6% [10].



Rys.1. Źródła odpadów komunalnych (%) w województwie śląskim (źródło: opracowanie własne na podstawie [11])

Odpady komunalne są bardzo zróżnicowane pod względem składu morfologicznego. Ich skład zależy głównie od zamożności społeczeństwa, rodzaju zabudowy, wyposażenia budynków w urządzenia techniczno-sanitarne (głównie sposobu ogrzewania). Skład morfologiczny odpadów komunalnych przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Skład morfologiczny (%) odpadów komunalnych w województwie śląskim w 2009 (źródło: opracowanie własne na podstawie [12])

Zdecydowana większość odpadów trafia na składowiska, gdzie stają się potencjalnym źródłem zanieczyszczeń i zagrożeń. Odpady te nie powinny być traktowane jako balast. Wśród odpadów komunalnych w województwie śląskim, aż (38%) stanowią odpady biodegradowalne, które można spalać z odzyskiem energii. Potencjalne odpady do spalania stanowią:

- odpady organiczne,
- papier i tektura.

Oprócz wyżej wymienionych odpadów, do spalania przeznaczono osady ściekowe z województwa śląskiego. Wartość opałowa odpadów biodegradowalnych oraz osadów ściekowych podano w tabeli poniżej. Natomiast wartość opałowa dla papieru i tektury podano w tabeli 3.

Tab. 1. Masa i wartość opałowa odpadów oraz osadów ściekowych przeznaczonych do spalania na Śląsku.

ELEMENT	ODPADY BIODEGRADOWALNE	PAPIER I TEKTURA	OSAD ŚCIEKOWY
wartość opałowa $W_d$ [MJ/kg]	3 <sup>[13]</sup>	17 <sup>[14]</sup>	14 <sup>(a)</sup>
masa [tys. ton]	396,48 <sup>[12]</sup>	231,28 <sup>[12]</sup>	94,9 <sup>[11]</sup>

<sup>(a)</sup> suchy

Spalanie z odzyskiem energii bioodpadów cechuje się zerową emisją CO<sub>2</sub> i niewielką lub zerową emisją innych zanieczyszczeń, co zapewnia pozytywne efekty ekologiczne.

Aby określić przydatność osadów ściekowych do ich termicznego przekształcania należy poznać ich podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne. Skład elementarny osadów ściekowych, zawartość pierwiastków śladowych oraz związków nieorganicznych, czy też substancji toksycznych jak chociażby WWA zależy od wielu czynników, przy czym główną rolę może odgrywać region kraju [15]. W tabeli 2 pokazano średni, przykładowy skład elementarny ustabilizowanych, wysuszonych osadów ściekowych [16].

Tab. 2. Średni skład elementarny ustabilizowanego biologicznie i częściowo wysuszonego osadu ściekowego

SKŁADNIK	ILOŚĆ %
C	28,00
H	4,00
O	2,42
N	3,50
S	1,00
CL	0,03
Wilgoć	41,05
P	20,00
$W_d$ , MJ/kg	ok. 7,25

#### 4. Możliwości redukcji emisji CO<sub>2</sub> przez odzysk energii z odpadów biodegradowalnych

Jak pokazano powyżej istnieją realne możliwości zastąpienia części energii zużywanej w gospodarce przez energię odzyskaną z odpadów komunalnych i osadów ściekowych, które można zaliczyć do źródeł

odnawialnych, chociaż ich termiczne wykorzystanie musi podlegać wymaganiom stawianym spalarniom i współspalarniom odpadów.

W ostatnim czasie zagadnienie związane z wykorzystaniem odpadów biodegradowalnych oraz z redukcją emisji gazów cieplarnianych stało się przedmiotem wielu badań [16, 17, 18, 19, 20, 21]. W przedstawionej pracy, przeprowadzono szacunkowe obliczenia tej energii dla województwa śląskiego opierając się na wielkościach podanych w statystykach. Obliczono ilość energii zawartej we frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych wytworzonych w województwie oraz ilość energii zawartej w osadach z oczyszczalni ścieków. Oparto się przy tym na średnich parametrach termicznych frakcji biodegradowalnej i osadów ściekowych.

Dla obliczenia ilości unikniętej emisji CO<sub>2</sub>, energię możliwą do uzyskania ze spalania bioodpadów przeliczono na ilość węgla, którego spalanie daje tę samą ilość energii. Następnie tę ilość węgla przeliczono na unikniętą emisję CO<sub>2</sub> przy założeniu zerowej emisji odpadów i osadów. Oznacza to przyjęcie również założenia, że cała energia możliwa do uzyskania ze spalania bioodpadów i osadów zostanie wykorzystana w instalacjach obecnie spalających węgiel, co wzięwszy pod uwagę uwarunkowania techniczne i ekologiczne jest bliskie warunkom rzeczywistym.

Tab. 3. Ilości wytworzonych odpadów, energii uzyskanej ze spalania oraz uniknięta emisja CO<sub>2</sub> w 2010 roku

WYTWORZONE ODPADY KOMUNALNE	ILOŚĆ	JEDNOSTKA
		1652
<i>W tym:</i>		
Bioodpadów	396,48	tys. Mg
<i>Wartość opałowa bioodpadów <math>W_{d,bio}</math></i>	3,0	MJ/kg mokr.
Papier i tektura	231,28	tys. Mg
<i>Wartość opałowa papieru <math>W_{d,pap}</math></i>	17	MJ/kg
Osady ściekowe suche	94,900	tys. Mg. suchych
<i>Wartość opałowa osadów uchlanych <math>W_{d,o}</math></i>	14	MJ/kg.such.
Energia uzyskana ze spalania		
Bioodpadów	1189,440	MJ
Papieru	3931,760	MJ
Osadów	1328,600	MJ
<b>Razem</b>	<b>6449,800</b>	<b>MJ</b>
Węgiel KWK Sośnica - Miał II [22]		
$W_d$	24	MJ/kg
Popiół	17	%
Wilgoć	8	%
Siarka	0,8	%
Węgiel C	67,54	%
Ilość węgla dla uzyskania energii	268741,7	Mg
Ilość CO <sub>2</sub> ze spalania 1 kg węgla (m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> )	2,476	kg CO <sub>2</sub> /kg w.
<b>Ilość unikniętej emisji CO<sub>2</sub></b>	<b>665494,715</b>	<b>Mg CO<sub>2</sub></b>

Na podstawie III KPRU (Krajowy Plan Rozdziału Uprawnień) 2013-2020, Śląsk otrzyma 70% obecnych uprawnień do emisji CO<sub>2</sub>. Oznacza to, że 30% uprawnień, to jest 8.427.176 Mg zakłady zmuszone będą nabyć na aukcjach. Na tej podstawie można oszacować jaką część tej brakującej emisji można zastąpić unikniętą emisją pochodzącą z bioodpadów (Tabela 4).

Tab. 4. Udział emisji CO<sub>2</sub> z bioodpadów w całkowitej emisji na Śląsku.

WIELKOŚĆ		ILOŚĆ	JEDNOSTKA
Całkowita emisja CO <sub>2</sub> na Śląsku		28.090.587	Mg CO <sub>2</sub>
Emisja do zakupu	30%	8.427.176	Mg CO <sub>2</sub>
Taka emisja odpowiada spalaniu węgla		11.343.608	Mg węgla
Emisja uniknięta z bioodpadów (Tab.3):		665.494,7	Mg CO <sub>2</sub>
- udział emisji z bioodpadów w całkowitej emisji		2,37	%
- udział emisji z bioodpadów w emisji zakupionej		7,90	%

## 5. Podsumowanie

Jak wynika z przedstawionych danych znaczna ilość odpadów biodegradowalnych pochodzących z odpadów komunalnych wytwarzanych w województwie śląskim może być termicznie zutylizowana. Poza zmniejszeniem objętości składowisk potrzebnych do ich składowania uzyskuje się przy tym znaczną redukcję emisji dwutlenku węgla powstającego przy spalaniu węgla dla potrzeb energetycznych. Biorąc pod uwagę, że począwszy od roku 2013 Polska będzie zmuszona do zakupu uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> w cenie około 20 €/Mg termiczna utylizacja odpadów biodegradowalnych może zmniejszyć tę ilość o około 8%. Efekt ten może zostać osiągnięty zarówno przez spalanie samych odpadów jak i przez spalanie paliw wytworzonych z tych odpadów.

Przeprowadzone obliczenia redukcji emisji CO<sub>2</sub> jako gazu cieplarnianego powinny zostać uzupełnione o równoczesne zmniejszenie emisji metanu CH<sub>4</sub> zawartego w gazie składowiskowym a powstającego z biologicznego rozkładu tych frakcji odpadów. Efekt ten jest tym większy, że oddziaływanie metanu na efekt cieplarniany jest około 20 razy większe niż dwutlenku węgla.

## Literatura

1. Alwaeli M. : Municipal Solid Waste: Recycling and Cost Effectiveness. ISBN: 978-1-61324-853-9. Nova Publishers: New York. 2011.
2. Suocheng D., Tong K.W., Yuping W. : Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem. Utilities Policy, 2001, (10) 7-11.
3. Minghua Z., Xiumin F., Rovetta A., Qichang H., Vicentini F., Bingkai L., Giusti A., Yi L. : Country Report: Municipal solid waste management in Pudong New Area, China. Waste Management, 2009, (3) 1227-1233.
4. Ogawa H. : Sustainable solid waste management in developing countries, in: 7th ISWA International Congress and Exhibition. World Health Organization. Kuala Lumpur. <http://www.gdrc.org/uem/waste/swm-fogawa1.htm>. Accessed July 29, 2000.
5. EC. : European Commission: Directive of the European Parliament and of the Council 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Brussels, 23 April 2009
6. Ustawa o odpadach - Dz. U. Nr 62 z 2001 r., poz. 628 z późniejszymi zmianami.
7. Ustawa „Prawo energetyczne” - Dz. U. Nr 54 z 1997 r., poz. 348 z późniejszymi zmianami.
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym



- źródle energii (Dziennik Ustaw z 2008 r. Nr 156 poz. 969 - ze zmianami zawartymi w Dz. U. z 2010 r. Nr 34 poz. 182).
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 lutego 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii (Dz.U. 2010 nr 34 poz. 182)
  10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 czerwca 2010 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów komunalnych (Dz. U. Nr 117 poz. 788).
  11. GUS. : Główny Urząd Statystyczny. Ochrona Środowiska. Warszawa, 2010
  12. Raport o stanie środowiska w województwie śląskim w 2009 roku. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska. Katowice, 2010
  13. Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A. : Możliwości wykorzystania odpadów komunalnych jako paliw alternatywnych. Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska nr 20. Wyd. Politechnika Koszalińska. Koszalin 2001
  14. Wandasz J.W., Wandrasz A.J. : Paliwa formowane, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2006.
  15. Makuła-Włodarczyk M.: Badania przebiegu wymywania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych z osadów ściekowych, Ochrona Środowiska, 2003, nr 2, ss. 43-47.
  16. Nakamura S., Kondo Y.: Recycling, landfill consumption, and CO<sub>2</sub> emission: analysis by waste input-output model. Mater Cycles Waste manage 2002, (4), 2-11
  17. Liu Z., Geng Y., Xue B.: Inventorying Energy-related CO<sub>2</sub> for City: Shanghai Study. Energy Procedia 2011 (5), 2303–2307.
  18. Geng Y., Peng Ch., Tian M.: Energy Use and CO<sub>2</sub> Emission Inventories in the Four Municipalities of China. Energy Procedia 2011 (5), 370–376
  19. Burnley S., Phillips R., Coleman T., Rampling T.: Energy implications of the thermal recovery of biodegradable municipal waste materials in the United Kingdom. Waste Management 2011, (9-10), 1949–1959
  20. Mendes MR., Aramaki T., Hanaki K.: Assessment of the environmental impact of management measures for the biodegradable fraction of municipal solid waste in São Paulo City. Waste Management 2003 (23), 403–409
  21. Perkoulidis G., Papageorgio A., Karagiannidi A., Kalogirou S.: Integrated assessment of a new Waste-to-Energy facility in Central Greece in the context of regional perspectives. Waste Management 2010 (30), 1395–1406
  22. Kruczek S.: Kotły. Konstrukcje i obliczenia. Wyd. Pol. Wrocław. 2001.

