



Landfilling as the most common method of waste management in European Union countries

Martyna NOWAK¹, Sławomir STELMACH¹

¹ Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, ul. Zamkowa 1, 41-803 Zabrze, tel.: (32) 271-00-41, fax: (32) 271-08-09, e-mail: mnowak@ichpw.zabrze.pl

Abstract

In the article there are presented methods of waste management in Poland and other European Union Countries. Authors, basing on data from Central Statistical Office and European Statistical Office, discuss sources of waste generation, their amounts and present information about status of Polish landfills. Gasification was proposed as an alternative method of waste management.

Keywords: waste, waste landfilling

Streszczenie

Składowanie odpadów – główna metoda gospodarowania odpadami w krajach Unii Europejskiej

W artykule przedstawiono metody zagospodarowania odpadów w Polsce oraz innych krajach Unii Europejskiej. Przedstawiono źródła powstawania odpadów oraz ich ilości, w oparciu o dane statystyczne Głównego Urzędu Statystycznego oraz Europejskiego Urzędu Statystycznego. W pracy zawarto informacje na temat stanu składowisk odpadów w Polsce. Przedstawiono również propozycję alternatywnego zagospodarowania odpadów metodą zgazowania, jako jednej z szeregu technologii termicznego przekształcania odpadów.

Słowa kluczowe: odpady, składowanie odpadów

1. Wstęp

Każda działalność człowieka powoduje powstawanie różnego rodzaju odpadów. Źródłami powstawania odpadów są m.in.: obiekty infrastruktury (handel, usługi), gospodarstwa domowe, przemysł oraz rolnictwo. Odpady to substancje lub przedmioty, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub jest do tego obowiązany [1].

Przetwarzanie odpadów to procesy ich odzysku lub unieszkodliwiania. Odzysk to wszelkie działania, polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub części, lub prowadzące do odzyskania z odpadów substancji, materiałów i ich wykorzystania. Unieszkodliwianie nie jest procesem odzysku, nawet jeśli jego wtórnym skutkiem jest odzysk substancji lub energii. Wykaz procesów odzysku (procesy R1-R13) oraz wykaz procesów unieszkodliwiania (procesy D1-D15) znajdują się w Załączniku nr 1 i Załączniku nr 2 Ustawy o odpadach (Dz. U. 2013 poz. 21). Składowanie odpadów jest procesem unieszkodliwiania D1 [1].

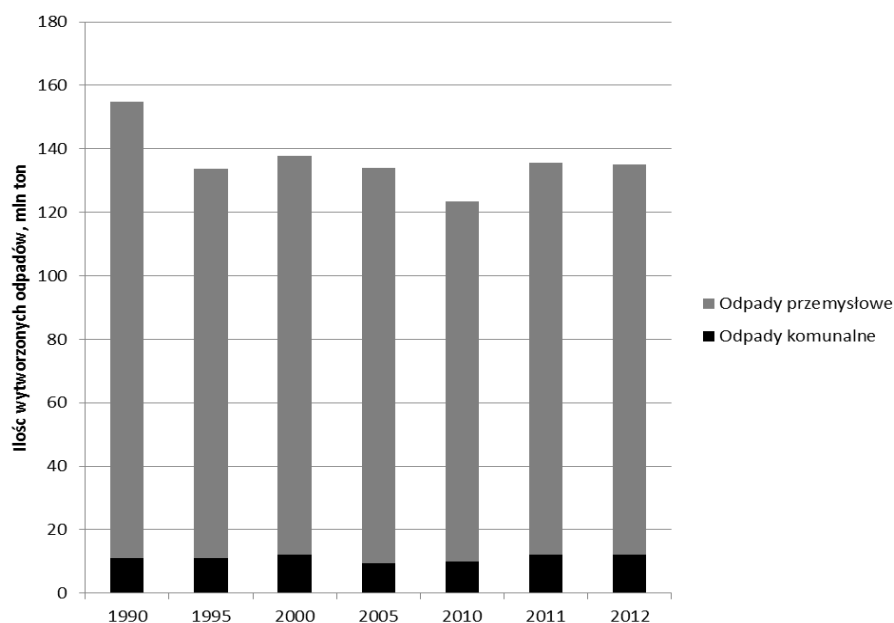
Składowanie odpadów komunalnych jest najbardziej konkurencyjne pod względem ekonomicznym, w porównaniu do innych metod ich zagospodarowania, dlatego jest wciąż najczęściej stosowane w krajach rozwijających się. Niemniej jednak, nawet w dobrze rozwiniętych państwach, takich jak Stany Zjednoczone, Australia, Wielka Brytania oraz Finlandia, w dużym stopniu wykorzystuje się tą metodę. Podczas, gdy w niektórych krajach wykorzystanie składowisk maleje, istnieje nadal tysiące zamkniętych składowisk i tych, które będą zamknięte za 10-30 lat [2].

Celem unijnej polityki w sprawie gospodarki odpadami jest redukcja negatywnego oddziaływania odpadów na środowisko. Długoterminowe cele tych działań to redukcja ilości wytwarzanych odpadów, a w przypadku, gdy wytwarzanie odpadów jest nieuniknione, osiąganie wyższych poziomów recyklingu oraz bezpiecznego unieszkodliwiania odpadów [3]. Prawodawstwo dotyczące procesów przetwarzania zawiera się m.in. w Dyrektywie 1999/31/WE w sprawie składowania odpadów oraz w Dyrektywie 2000/76/WE w sprawie spalania odpadów [3]. Burnley (2001) i Taşeli (2007) w swoich publikacjach przedstawili główne cele Dyrektywy 1999/31/WE oraz wpływ jej wprowadzenia na gospodarkę odpadami [4,5]. Laner i wsp. (2012) omówili szczegółowo wymagania dotyczące zagospodarowania zamkniętych składowisk [2].

Interesującym sposobem przetwarzania odpadów może być ich termiczne przekształcanie, np. z zastosowaniem procesu zgazowania, który polega na przekształceniu energii chemicznej zawartej w odpadach w gaz palny. Technologia zgazowania rozwijana jest na całym świecie. Proces ten realizowany jest w urządzeniach zwanych generatorami gazu lub reaktorami zgazowania [6]. Interesujące informacje dotyczące generatorów gazu można znaleźć np. w pracach Kotowicza i wsp. (2009) i Sobolewskiego (2009) [7,8]. Proces zgazowania może być zintegrowany z układami CHP (*combined heat and power*), co pozwala na wysokosprawne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w kogeneracji [9].

2. Ilość odpadów wytworzonych w Polsce i krajach UE

Na rysunku 2.1. przedstawiono ilość odpadów wytworzonych w ciągu roku w Polsce, w latach 1990-2012. Znaczna ilość powstających odpadów to odpady przemysłowe. Najwięcej odpadów wytworzono w 1990 r. – łącznie ponad 150 mln ton. Produkcja odpadów komunalnych w kraju wynosi średnio ok. 11 mln ton rocznie, natomiast odpadów przemysłowych ok. 125 mln ton rocznie.

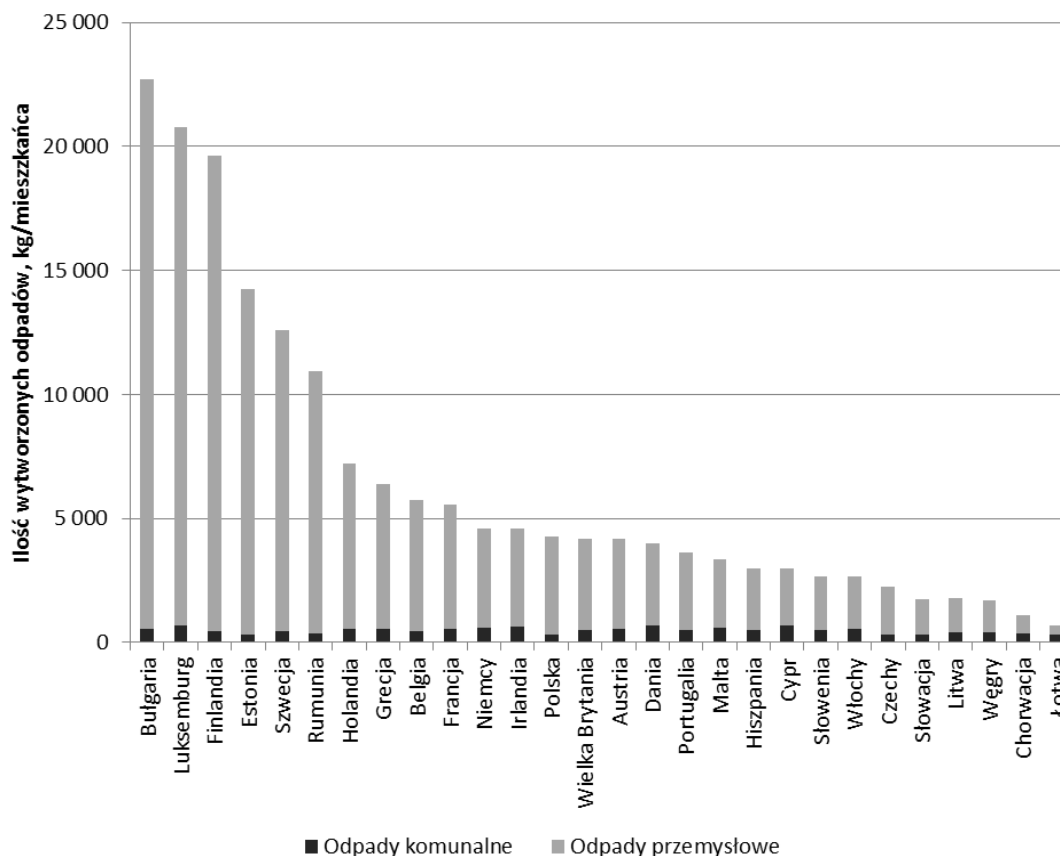


Rys. 2.1. Ilość odpadów wytworzonych w ciągu roku w Polsce [10,11].

W 2010 roku w 28 krajach Unii Europejskiej wytworzono łącznie ponad 2 miliardy ton odpadów. Na rysunku 2.2. przedstawiono ilość wszystkich odpadów (łącznie z odpadami niebezpiecznymi) oraz ilość odpadów komunalnych wytworzonych w ciągu roku w krajach Unii Europejskiej w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Najwięcej odpadów produkowanych na 1 mieszkańca jest w Bułgarii – ponad 22 000 kg. Najmniej odpadów powstało na Łotwie – prawie 400 kg/mieszkańca. Polska zajmuje w tym rankingu 13 miejsce, z ilością wyprodukowanych odpadów ok. 4 000 kg/mieszkańca.

Na rysunku 2.2 przedstawiono również ilość odpadów komunalnych wytworzonych w krajach Unii Europejskiej w 2010 r. Przedstawione dane są oszacowane na podstawie ilości zebranych odpadów. Najwięcej odpadów

komunalnych wyprodukowano na Cyprze – prawie 700 kg/mieszkańca. Natomiast najmniej odpadów zostało wytworzonych w Estonii – ok. 300 kg/mieszkańca. W Polsce wytworzono około 315 kg odpadów na jednego mieszkańca, co klasyfikuje nasz kraj na 27 miejscu pod względem ilości wytworzonych odpadów komunalnych w Unii Europejskiej.



Rys. 2.2. Ilość odpadów w przeliczeniu na jednego mieszkańca wytworzonych w krajach Unii Europejskiej w 2010 r. [3].

3. Sposoby zagospodarowania odpadów w Polsce i wybranych krajach UE

3.1. Odpady

W tabeli 3.1.1. przedstawiono ilość odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) wytworzonych i dotychczas składowanych według poszczególnych rodzajów w 2012 r. w Polsce. Łącznie wytworzono ponad 123 mln ton odpadów, z czego 72,3% zostało poddanych procesowi odzysku, 25,6% zostało unieszkodliwionych (głównie poprzez składowanie), a 2,1% jest czasowo magazynowana na składowiskach własnych i innych. Dotychczas ilość składowanych odpadów na składowiskach własnych wynosi ponad 1600 mln ton. Najwięcej odpadów powstaje przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni (ponad 30 mln ton) oraz z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych (prawie 30 mln ton). Najmniej odpadów powstaje w trakcie wydobywania kopalni innych niż rudy metali. Pewien niewielki udział stanowią żużle z procesów wytapiania oraz żużle, popioły paleniskowe i pyły z kotłów (ponad 2 mln ton).

Tabela 3.1.1. Odpady wytworzone i dotychczas składowane według rodzajów w 2012 r. w Polsce [11].

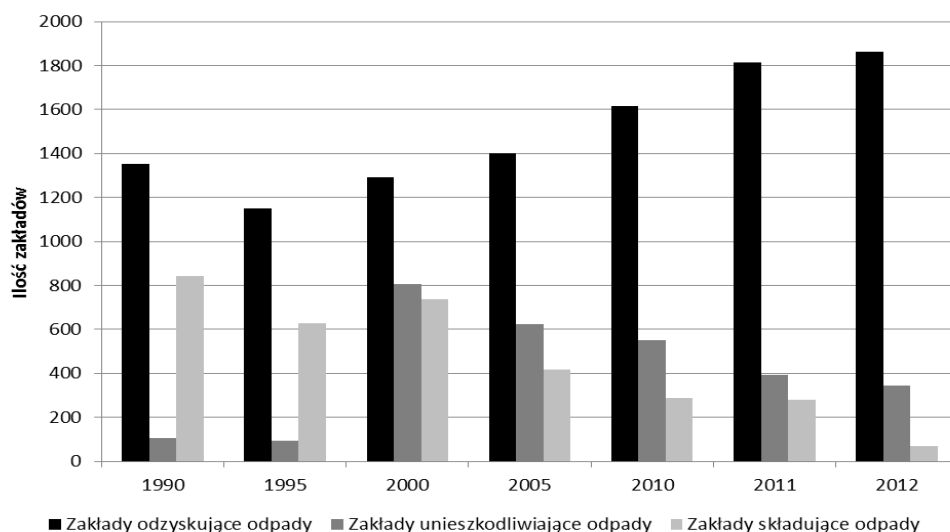
	ogółem [mln ton]	poddane odzyskowi	unieszkodliwione		magazynowane czasowo ²	odpady dotychczas składowane, stan w końcu roku 2012 [mln ton]
			razem	w tym składowane ¹		
			udział w ilości odpadów wytworzonych [%]			
OGÓŁEM	123,1	72,3	25,6	21,9	2,1	1649,6
odpady powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin	31,2	84,3	15,3	15,3	0,4	478
odpady z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych	29,8	67,1	32,9	32,9	-	603,8
mieszanki popiołowo-żuźłowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych	10,6	11,6	85,1	85,1	3,3	266,9
popioły lotne z węgla	4,6	84,4	14,7	0,1	0,9	27,2
mieszanki popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych	3,8	99,9	-	-	0,1	
żuźle z procesów wytapiania	2,7	95,4	-	-	4,6	4
żuźle, popioły paleniskowe i pyły z kotłów	2,4	96,4	0,2	0,2	3,4	10,4
odpady z wydobycia kopalin innych niż rudy metali	2,3	72,1	22,6	17,31	5,3	45,6

¹ Na składowiskach (wysypiskach, hałdach, stawach osadowych) własnych i innych

² Na składowiskach (wysypiskach, hałdach, stawach osadowych) własnych

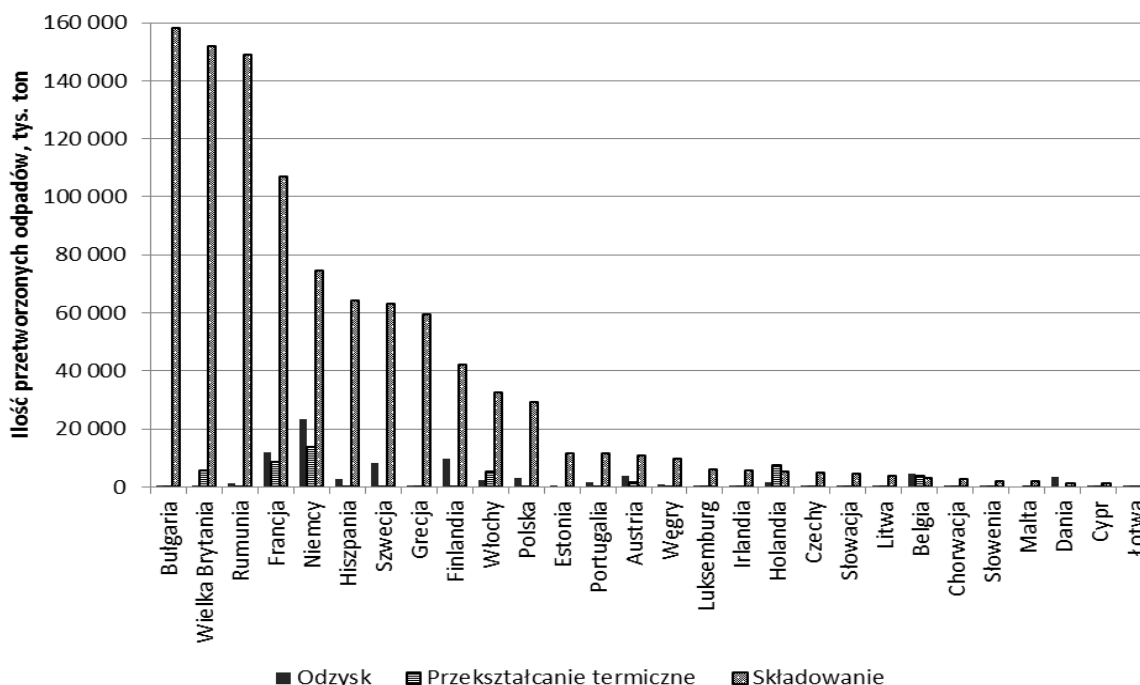
Na rysunku 3.1.1. przedstawiono zakłady według stopnia odzyskanych, unieszkodliwianych oraz składowanych odpadów wytworzonych w ciągu roku w Polsce, dla lat 1990-2012. Dane te dotyczą zakładów, które wytwarzają w ciągu roku sumarycznie powyżej 1 tysiąca ton odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) lub posiadających co najmniej 1 milion ton zgromadzonych odpadów. Od 1995 roku wzrasta ilość zakładów poddających odpady procesowi odzysku. Ilość przedstawionych zakładów wzrosła z 1150 do 1861. Między 1995 a 2000 rokiem zaobserwowano znaczny wzrost liczby zakładów (o 711), które unieszkodliwiają odpady. Jednak

ilość tych zakładów malała i w 2012 roku jedynie 345 zakładów stosuje proces unieszkodliwiania. Od 1990 roku systematycznie maleje ilość zakładów, w których stosuje się proces składowania odpadów. Ilość tych zakładów spadła odpowiednio z 841 w 1990 r. do 68 w 2012 r.



Rys. 3.1.1. Zakłady według stopnia odzyskanych, unieszkodliwionych i składowanych odpadów w Polsce [11].

Na rysunku 3.1.2. przedstawiono ilość przetwarzanych odpadów w krajach Unii Europejskiej w 2008 r. Można zauważyć, że zdecydowana większość odpadów jest składowana – łącznie ponad 1 miliard ton we wszystkich krajach UE. W większości krajów (oprócz Belgii, Danii i Holandii) jest to główny sposób na zagospodarowanie odpadów.



Rys. 3.1.2. Ilość przetwarzanych odpadów w krajach UE w 2008 [3].

Najwięcej odpadów składowanych jest w Bułgarii, Rumunii oraz Wielkiej Brytanii – ponad 140 mln ton. Najmniej odpadów składowanych jest na Łotwie, Cyprze oraz w Danii – ok. 1 mln ton. Polska zajmuje 11 miejsce pod względem ilości składowanych odpadów (prawie 30 mln ton). Oprócz składowania stosuje się również procesy odzysku oraz przekształcanie termiczne. Najwięcej odpadów poddanych procesowi odzysku jest w Niemczech (ponad 20 mln ton). Polska znajduje się na 8 miejscu pod względem ilości odzyskiwanych odpadów (ponad 3 mln ton). Przekształcaniu termicznemu poddana jest najmniejsza ilość odpadów. W Niemczech w tym procesie przetwarza się ponad 13 mln ton odpadów, co stanowi największą wartość w stosunku do pozostałych krajów Unii Europejskiej.

3.2. Odpady komunalne

W tabeli 3.2.1 przedstawiono odpady komunalne według sektorów własności w 2012 r. w Polsce. Łącznie zebrano ok. 9 500 tys. ton odpadów komunalnych, z czego prawie 60% pochodziło z sektora prywatnego. Procesom unieszkodliwiania poddano ponad 8 000 tys. ton zebranych odpadów komunalnych, z czego 88% zostało zdeponowanych na składowiskach, 11,4% poddano biologicznym procesom przetwarzania w kompostowniach, a pozostała część została poddana procesom termicznego przekształcania w spalarni odpadów. W 2009 r. istniało 90 kompostowni, 173 sortownie różnego rodzaju odpadów oraz 11 zakładów mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych [12], natomiast jedyny działający w Polsce Zakład Unieszkodliwiania Stałych Odpadów Komunalnych znajduje się w Warszawie [13].

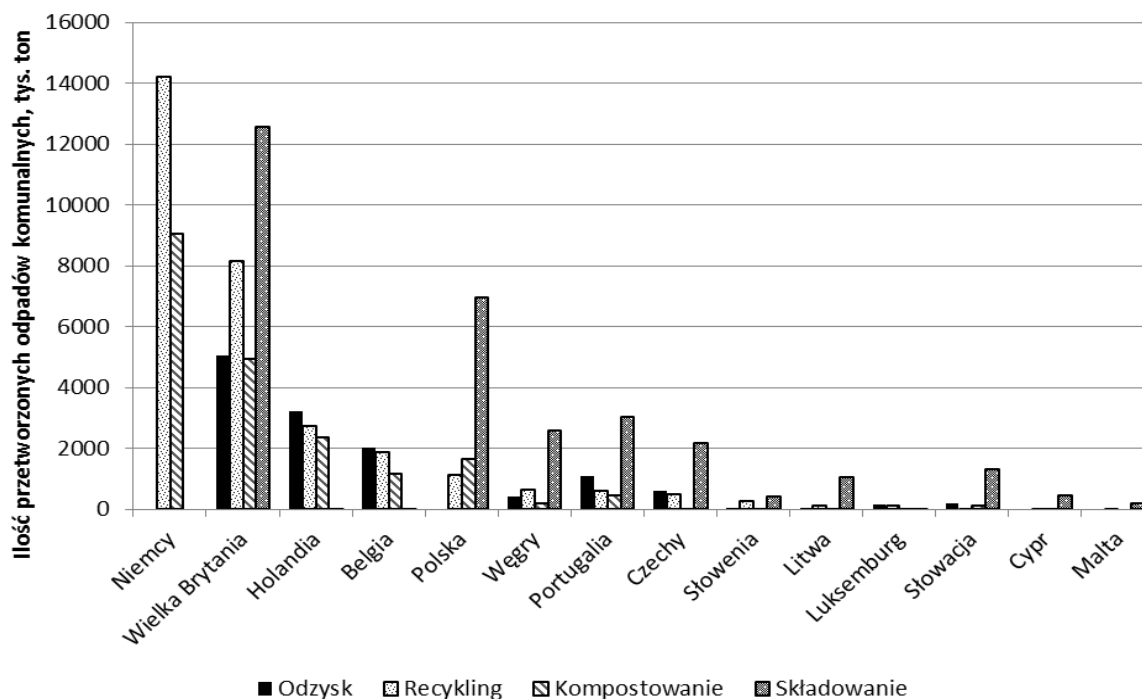
W tabeli 3.2.1. przedstawiono również stan kontrolowanych składowisk odpadów. W Polsce znajduje się 527 czynnych składowisk o łącznej powierzchni 2 197,6 ha oraz 61 zamkniętych składowisk o powierzchni 132,1 ha. W ciągu roku zrehabilitowano 29,3 ha powierzchni składowisk czynnych oraz 31,5 ha składowisk zamkniętych.

Tabela 3.2.1. Odpady komunalne według sektora publicznego oraz prywatnego w 2012 r. w Polsce [11].

WYSZCZEGÓLNIENIE	ogółem	sektory	
		publiczny	prywatny
wytworzone w tys. ton	12 084,5	-	-
zebrane w tys. ton	9 580,9	3 880,7	5 700,2
w tym unieszkodliwione w tys. ton	8 135,5	3 216,4	4 919,1
termicznie (w spalarniach)	50,7	50,1	0,6
biologicznie (w kompostowniach)	926,5	733,5	193
zdeponowane na składowiskach	7 158,2	2 432,7	4 725,5
składowiska kontrolowane			
czynne:			
liczba	527	470	57
powierzchnia w ha (stan na 31 XIII)	2 197,6	1 830,6	367
powierzchnia zrehabilitowana w ha w ciągu roku	29,3	23,4	5,9
zamknięte:			
liczba	61	55	6
powierzchnia w ha (stan na 31 XIII)	132,1	119,1	13
powierzchnia zrehabilitowana w ha w ciągu roku	31,5	29,9	1,6

Na rysunku 3.2.1. przedstawiono ilość przetworzonych odpadów komunalnych w wybranych krajach Unii Europejskiej w 2011 r. Najczęściej spotykanymi procesami przetwarzania jest składowanie oraz recykling.

Proces składowania najczęściej stosuje się w Wielkiej Brytanii – ponad 12 mln ton odpadów poddawanych jest temu procesowi. Następnie jest Polska z ilością prawie 7 mln ton odpadów. Najwięcej odpadów poddaje się recyklingowi w Niemczech – ponad 14 mln ton odpadów, najmniej na Malcie - 15 tys. ton. Polska zajmuje 5 miejsce z ilością ponad 1 mln ton odpadów poddawanych recyklingowi. Duża ilość odpadów jest poddawana procesom biologicznym w kompostowniach. Najwięcej odpadów poddawanych temu procesowi jest w Niemczech – ok. 9 mln ton. W Polsce procesom biologicznym poddaje się ok. 1,6 mln ton odpadów, co klasyfikuje nasz kraj na 4 miejscu.



Rys. 3.2.1. Ilość przetworzonych odpadów komunalnych w wybranych krajach UE w 2011 r. [3].

4. Zgazowanie odpadów

Zgazowanie odpadów o charakterze palnym może być interesującą alternatywą dla ich składowania. Zgazowanie jest procesem termochemicznej, oksydacyjnej przemiany paliwa stałego (rzadziej ciekłego) w gazowy nośnik energii (gaz palny). Podczas zgazowania paliw stałych zachodzi cały szereg reakcji chemicznych (zarówno hetero- jak i homogenicznych), wśród których wymienić można reakcje pierwiastkowego węgla z tlenem, parą wodną, czy też dwutlenkiem węgla, w wyniku których uzyskuje się przede wszystkim tlenek węgla i wodór. Rozwój technologii zgazowania węgla spowodował również w ostatnich latach zainteresowanie wykorzystaniem innych paliw stałych - biomasy i odpadów - dla produkcji gazu syntezowego i/lub palnego [6]. Odpady stosowane w procesie zgazowania to m.in. pozostałości z procesów produkcyjnych, użytkowe odpady przemysłowe, odpady z selektywnej zbiórki, stałe odpady komunalne oraz odpady konstrukcyjno-remontowe. Wartość opałowa paliwa z odpadów może przekraczać 30 MJ/kg, w zależności od jego składu [14]. Obecnie – przy zastosowaniu nowych rozwiązań procesowych i aparaturowych - gaz wytwarzany ze zgazowania biomasy i odpadów wykorzystywany jest głównie do produkcji ciepła i energii elektrycznej w blokach energetycznych. Gaz ten może służyć również jako surowiec do produkcji gazu syntezowego dla wytwarzania paliw ciekłych. Rozwój technologii zgazowania biomasy i odpadów osiągnął już punkt atrakcyjności rynkowej. Pierwsze instalacje zgazowania biomasy i odpadów pracują w skali demonstracyjnej i przemysłowej, należy więc sądzić, że osiągną status komercyjnych technologii w ciągu kilku najbliższych lat. Jednak biomasa i odpady (np. komunalne) są wciąż marginalnymi surowcami dla

wielkoskalowych procesów zgazowania, a technologie ich zgazowania wymagają ciągłego dopracowywania, zanim staną się ekonomicznie atrakcyjne.

Zaletami technologii zgazowania jest efektywne zagospodarowanie energii chemicznej odpadów, rozwój energetyki rozproszonej oraz wykorzystanie lokalnych zasobów odpadów komunalnych oraz odpadów poprodukcyjnych w miejscu ich występowania jako efektywnego paliwa. Największy problem występujący w technologiach zgazowania to obecność substancji smolistych oraz pyłów, dlatego też gaz syntezowy musi być oczyszczony przed wykorzystaniem go w silnikach spalinowych lub turbinach. [6].

W Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla prowadzone są aktualnie prace eksperymentalne zgazowania wyselekcjonowanej z odpadów komunalnych palnej frakcji. Badania te prowadzone są w instalacji pilotowej wyposażonej w reaktor ze złożem stałym o mocy ok. 60kW_t. Wstępne testy powietrznego zgazowania palnej frakcji odpadów komunalnych o wartości opałowej ok. 13MJ/kg pozwoliły uzyskać gaz procesowy o wartości opałowej $\sim 8\text{MJ}/\text{m}_n^3$, który po oczyszczeniu może zostać wykorzystany do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła.

5. Podsumowanie

Najczęściej spotykaną metodą zagospodarowania odpadów, zarówno przemysłowych jak i komunalnych w Polsce oraz większości krajów należących do Unii Europejskiej jest ich składowanie. Ponad 40% wszystkich odpadów produkowanych w krajach Unii Europejskiej jest składowane. Najwięcej odpadów składowanych jest w Bułgarii, Wielkiej Brytanii oraz Rumunii. Polska znajduje się na 6 miejscu pod względem ilości składowanych odpadów wśród krajów członkowskich. W stosunku do Bułgarii czy Wielkiej Brytanii, Polska na składowiskach deponuje znacznie mniej odpadów (ok. 5 razy). W Polsce istnieją również instalacje do przetwarzania termicznego oraz odzysku odpadów. W przypadku odpadów komunalnych najbardziej popularne w Unii Europejskiej jest składowanie. Jedynie w Niemczech, zamiast tego rozwiązania, stosuje się procesy recyklingu oraz kompostowania. Również w krajach nienależących do Unii Europejskiej składowanie jest jednym z głównych procesów unieszkodliwiania odpadów. W Stanach Zjednoczonych 54% wytworzonych odpadów komunalnych jest składowana, a inne metody przetwarzania, takie jak recykling i kompostowanie, stanowią ok. 33%. W 2002 r. w Australii ponad 70% odpadów było składowanych bez obróbki wstępnej [2].

Wprowadzenie odpowiedniego prawodawstwa (m.in. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 maja 2012 r. w sprawie poziomów ograniczania masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 676), a także Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. 2013 nr 0 poz. 38)) ma na celu ograniczenie deponowania odpadów na składowiskach [15,16].

Alternatywą do procesów unieszkodliwiania odpadów poprzez ich składowanie mogą być procesy termicznego przekształcania. Przyszłościowymi metodami mogą być procesy zgazowania lub pirolizy, które są rozwijane w wielu ośrodkach naukowych na całym świecie, w tym również w IChPW [14]. Zaletami technologii zgazowania to m.in. efektywne zagospodarowanie energii chemicznej odpadów oraz rozwój energetyki rozproszonej [6]. Odpady stosowane w w/w procesach muszą być odpowiednio przygotowane, poprzez m.in. sortowanie oraz produkcję tzw. paliw alternatywnych. Takie zabiegi pozwalają na maksymalny odzysk użytecznej energii zawartej w odpadach, a co za tym idzie, ograniczenie zużycia paliw naturalnych [14].

Literatura

1. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. 2013 poz. 21).
2. Laner D., Crest M., Scharff H., Morris J.W.F., Barlaz M.A., A review of approaches for the long-term management of municipal solid waste landfills, *Waste Management* 32 (2012), 498-512.
3. Eurostat, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>, dostęp 25.04.2014.
4. Burnley S., The impact of the European landfill directive on waste management in the United Kingdom, *Resources, Conservation and Recycling* 32 (2001), 349-358.

5. Taşeli B.K., The impact of the European Landfill Directive on waste management strategy and current legislation in Turkey's Specially Protected Areas, Resources, Conservation and Recycling 52 (2007), 119-135.
6. Kotowicz J., Sobolewski A., Iluk T., Energetic analysis of a system integrated with biomass gasification, Energy 52 (2013), 265-278.
7. Kotowicz J., Sobolewski A., Iluk T., Matuszek K., Zgazowanie biomasy w reaktorze ze złożem stałym, Rynek Energii 2009, 81(2), 52-58.
8. Sobolewski A., Kotowicz J., Iluk T., Matuszek K., Wpływ rodzaju biomasy na parametry pracy generatora gazu ze złożem stałym, Rynek Energii 2009, 82(3), 53-58.
9. Sobolewski A., Kotowicz J., Iluk T., Matuszek K., Badania eksperymentalne zgazowania biomasy pod kątem wykorzystania gazu procesowego w układzie kogeneracji, Przemysł Chemiczny 2012, 89(6), 794-798.
10. GUS, Ochrona Środowiska 2008, Informacje i opracowania statystyczne, Warszawa 2008.
11. GUS, Ochrona Środowiska 2013, Informacje i opracowania statystyczne, Warszawa 2013.
12. Uchwała nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”.
13. Miejskie przedsiębiorstwo oczyszczania, <http://www.mpo.com.pl>, dostęp 25.04.2014.
14. Wasielewski R., Stelmach S., Przetwarzanie odpadów innych niż niebezpieczne w celu odzysku energii w województwie śląskim, Problemy Ekologii 2009, Nr 4 (76), 185-190.
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 maja 2012 r. w sprawie poziomów ograniczania masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 676).
16. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. 2013 nr 0 poz. 38).

Podziękowania:

Informacje przedstawione w niniejszej publikacji zostały zebrane i poddane analizie w ramach umowy 23_2011_IP19_CoalGas pomiędzy IChPW i KIC, a podstawą prawną dla wykonania pracy jest zatwierdzony projekt badań i rozwoju 21.11.002 „Wykorzystanie technologii zgazowania SRF w układach CHP”.

