

Małgorzata PIASKOWSKA-SILARSKA¹

WPŁYW GAZU SKŁADOWISKOWEGO NA ŚRODOWISKO I MOŻLIWOŚCI JEGO UNIESZKODLIWIANIA

Obecnie prawie 60% polskich składowisk nie posiada instalacji odgazowania, natomiast na 30% stosuje się systemy pasywne. W obydwu przypadkach gaz składowiskowy trafia do atmosfery, co w świetle obowiązujących umów międzynarodowych i przepisów Unii Europejskiej jest niedopuszczalne. Jak widać problem biogazu powstającego na polskich składowiskach odpadów jest ogromny. W przedstawionym referacie scharakteryzowano odpady komunalne. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2011 r. wytworzono ich w Polsce 12 128,8 tys. Mg z czego zebrano 9 827,6 tys. Mg. Zdecydowana większość odpadów, bo aż 70,9% trafiła na składowiska, pozostała część poddana była recyklingowi (11,4%), unieszkodliwianiu biologicznemu (16,7%) i przekształcaniu termicznemu (1,0%). W dalszej części referatu omówiono czynniki mające wpływ na skład gazu składowiskowego i jego właściwości. Następnie opisano oddziaływanie biogazu na środowisko naturalne. Dwa jego główne składniki, czyli metan i dwutlenek węgla zalicza się do najważniejszych gazów cieplarnianych. Biogaz powoduje również osiadanie terenu składowiska, zanieczyszczenie wód gruntowych, zmianę składu mineralnego gleb i degradację strefy ukorzenia roślin. Uciążliwy zapach, wywołany przez składniki śladowe gazu składowiskowego działa na człowieka toksycznie i dusząco. Metan stwarza także ryzyko samozapłonu i wybuchu, zwłaszcza w ostatnich fazach eksploatacji składowiska oraz po zaprzestaniu przyjmowania odpadów. W referacie omówiono także technologie ujmowania gazu składowiskowego, połączone z produkcją energii elektrycznej i układy kogeneracyjne. Innymi stosowanymi rozwiązaniami jest wytwarzanie z biogazu gorącej wody lub pary oraz zasilanie przy jego użyciu promienników podczerwieni.

Słowa kluczowe: biogaz, małe elektrownie biogazowe (MEB)

1. Wprowadzenie

Zgodnie z Krajowym Planem Działania, w 2020 roku Polska powinna posiadać 15% udział energii ze źródeł odnawialnych. Tymczasem według danych

¹ Małgorzata Piaskowska-Silaraska, Instytut Techniki, Uniwersytet Pedagogiczny,
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, tel. 601681558, e-mail: mpiasko@up.krakow.pl

Urzędu Regulacji Energetyki pod koniec marca 2013 roku energia wyprodukowana z gazu składowiskowego stanowiła 1,25%, czyli 59,7 MW mocy zainstalowanej.

Obecnie ponad 10% polskich składowisk odpadów wyposażonych jest w aktywne odgazowanie, natomiast na 30% stosowane są systemy pasywne, niezgodne z europejską dyrektywą w sprawie składowania odpadów. Polegają one na zabudowie struktur do których gaz dopływa pod własnym ciśnieniem złożowym, a następnie trafia do atmosfery. Jedyną zaletą instalowanych studni odgazowujących jest uzyskanie na składowisku przewidywalnych punktów emisji biogazu do atmosfery.

Chociaż przedstawione powyżej dane nie napawają optymizmem, to jednak porównując ilość małych elektrowni biogazowych (MEB) z rokiem 2005, kiedy było ich zaledwie kilka, możemy stwierdzić znaczący postęp. W 2013 r., czyli po ośmiu latach wspierania systemowego w postaci zielonych certyfikatów, mamy już 97 MEB z mocą zainstalowaną 60 MW (tabela 1) [1].

W tabeli przedstawiono korzyści wynikające z zakładania elektrowni biogazowych. Pokazano tu również potencjalne możliwości wykorzystania energii z gazu składowiskowego na kolejnych 82 składowiskach i uzyskania mocy zainstalowanej ok. 8 MW. Pozostaje jednak prawie 700 składowisk, które w ogóle nie zostały tu uwzględnione. Problem gazu składowiskowego jest zatem nadal duży i wciąż daleki od rozwiązania.

Tabela 1. Statystyka małych elektrowni biogazowych w Polsce oraz szacowany potencjał biogazu na pozostałych składowiskach, na podstawie [1]

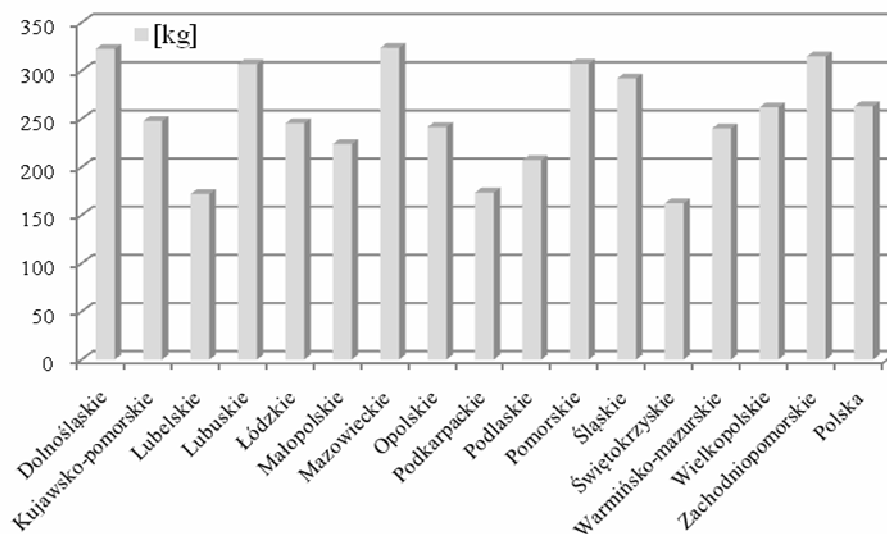
Table 1. Statistics of small biogas plants in Poland and the estimated potential of biogas on other storage facilities, based on [1]

2013 r.	Składowiska z MEB (działające)	Składowiska z potencjalną możliwością wykorzystania energii
Ilość małych elektrowni biogazowych (MEB)	97	82 (z 873)
Moc zainstalowana [MWe]	60	8,15
Energia elektryczna wyeksportowana [MWh]	420 000	57 115
Ilość bezpośrednich miejsc pracy	194	164
Koszt wsparcia zielonymi certyfikatami [mln PLN] (przy cenie zielonego certyfikatu 297 PLN)	125	17
Wpływy do budżetu Państwa [mln PLN]	103	14
Zaoszczędzone paliwo kopalne [Mg węgla]	242 000	57 050

2. Charakterystyka odpadów komunalnych w Polsce

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2011 r. wytworzono w Polsce 12 128,8 tys. Mg odpadów komunalnych z czego zebrano 9 827,6 tys. Mg. Zdecydowana większość odpadów, bo aż 70,9% trafiła na składowiska, pozostała część poddana była recyklingowi (11,4%), unieszkodliwianiu biologicznemu (16,7%) i przekształcaniu termicznemu (1,0%). Analizując rys. 1 można zauważyć znaczne zróżnicowanie w ilości zebranych odpadów komunalnych przypadających na jednego mieszkańca: od 153 kg w województwie świętokrzyskim do 314 kg w województwie dolnośląskim, przy średniej dla całego kraju: 255 kg na 1 mieszkańca. Większość zmieszanych odpadów komunalnych pochodziła z gospodarstw domowych (69,8%) oraz handlu, małego biznesu, biur i instytucji (25,0%). Źródłem pozostałych odpadów (5,2%) były usługi komunalne, takie jak czyszczenie ulic, utrzymanie parków i cmentarzy.

W 2011 roku udział odpadów zebranych selektywnie wyniósł 10% ogólnej ilości zebranych odpadów komunalnych. Przyczyniła się do tego niewątpliwie edukacja ekologiczna dzieci i młodzieży [2,3]. Recyklingowi poddano szkło (27,3% ogółu odpadów zebranych selektywnie), papier i tekturę (17,7%) oraz tworzywa sztuczne (16,0%). Natomiast ilość zebranych odpadów biodegradowalnych kształtowała się na poziomie 21,3% ogółu odpadów zebranych selektywnie [4].



Rys. 1. Ilość odpadów komunalnych przypadająca na 1 mieszkańca, zebrana w poszczególnych województwach w 2011r., na podstawie [4]

Fig 1. The quantity of municipal waste pro capita in particular Voivodeships in 2011, based on [4]

3. Proces powstawania gazu składowiskowego

Jeżeli zostaną zapewnione odpowiednie warunki składowania odpadów, takie jak uszczelnienie dna i skarp składowiska, ugniatanie i przykrywanie warstwy odpadów ziemią lub innym obojętnym materiałem, kontrolowanie wilgotności złoża (drenaż odcieków), to będą zachodzić procesy rozkładu anaerobowego. Składa się on z szeregu spontanicznie zachodzących procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Rozkład fizyczny polega na wymywaniu poszczególnych składników odpadów. Rozkład chemiczny towarzyszy rozpuszczaniu się poszczególnych składników w odciekach, wytrącaniu osadów oraz procesom adsorpcji i desorpcji. Materiały organiczne ulegają natomiast rozkładowi biologicznemu. Najszybciej degradują się odpady żywnościowe (rok), wolniej – zielone ogrodowe (5 lat), najwolniej – papier, tektura, drewno, odpady włókiennicze (15 lat). Procesy rozkładu biologicznego wywierają również wpływ na przebieg procesów chemicznych i fizycznych poprzez zmiany takich czynników jak pH i potencjał redox [5].

Proces tworzenia się gazu składowiskowego zależy jest od następujących czynników:

- składu i gęstości odpadów,
- stopnia zawilgocenia odpadów,
- temperatury składowiska (wraz z obniżeniem temperatury maleje szybkość wydzielania się metanu),
- odczynu pH (optymalny wynosi 6,8 – 8,5),
- współczynnika komprymacji złoża (im większy, tym mniej tlenu atmosferycznego zawiera złożo, tym większe ciśnienie i temperatura),
- warunków atmosferycznych [6].

4. Wpływ gazu składowiskowego na środowisko

Gaz składowiskowy obecny w strefie wzrostu korzeni powoduje wypieranie powietrza. W efekcie powstają warunki beztlenowe prowadzące do uduszenia lub zatrucia drzew i innych roślin. Dodatkowo gaz składowiskowy działa negatywnie na gleby, powodując zmianę ich składu mineralnego, co również nie pozostaje obojętne dla roślin.

Kolejnym zagrożeniem, jakie może powodować wydzielający się gaz składowiskowy i rozkład odpadów jest osiadanie terenu składowiska. Rozmiary tego procesu zależą od rodzaju odpadów oraz stosunku ilości użytego przykrycia do ich objętości i gęstości po ugniecieniu. Mniejsze jest osiadanie przy dużej gęstości odpadów i grubszej warstwie materiału przykrywającego. Osiadanie występuje na wszystkich zamkniętych składowiskach a czas jego pojawienia się zależy od czynników wpływających na biodegradację odpadów.

Główny składnik gazu składowiskowego - metan, stwarza ponadto ryzyko wybuchu. Od wielu lat obsługa składowisk stwierdza niewielkie pożary spowodowane samozapłonem metanu. Gaz ten może też tworzyć w powietrzu mieszaninę wybuchową. Na składowiskach dużych aglomeracji miejskich notuje się szereg wybuchów, zwłaszcza w ostatnich fazach ich eksploatacji a także po zaprzestaniu przyjmowania odpadów [7]. Wstępny zapłon i rozwój podpowierzchniowych pożarów na składowiskach uzależniony jest od składu odpadów, zawartości wilgoci, obecności tlenu, ciśnienia wywieranego przez otoczenie na przestrzeń zapłonu. Samozapalenie metanu zachodzi przy dostatecznym dostępie powietrza i odpowiednio wysokiej temperaturze.

Gaz składowiskowy, oprócz wspomnianego zagrożenia wybuchem i poza-rem, może działać na człowieka toksycznie i dusząco oraz narażać na uciążliwe zapach, spowodowany przez składniki śladowe. Łączna ich zawartość w gazie nie przekracza 1%. Do najbardziej szkodliwych substancji zagrażających zdrowiu ludzkiemu należy zaliczyć: benzen, chlorek winylu i siarkowodór. Dwie pierwsze substancje i chloroform mają ponadto działanie kancerogenne. Toluen, ksylen i propylobenzen wykazują natomiast działanie narkotyczne.

Do głównych problemów zalicza się również zagrożenia dla wód. Gaz składowiskowy w różnym stopniu wpływa na wody gruntowe. Stopień ich zanieczyszczenia zależy przede wszystkim od odległości składowanych odpadów. Pojawienie się takiego zagrożenia związane jest również z uwarunkowaniami geologicznymi i hydrologicznymi.

Gaz składowiskowy zawiera dwutlenek węgla, metan oraz lotne związki azotu, siarki i chloru (tabela 2). Gazy te zalicza się do najważniejszych gazów cieplarnianych. Zwiększenie ich stężenia w atmosferze powoduje pogłębianie się efektu cieplarnianego i zmian klimatycznych na kuli ziemskiej. Według Protokołu z Kioto emisja 1 Mg metanu jest równoznaczna emisji 21 Mg dwutlenku węgla, uważanego za główny gaz cieplarniany [8].

Tabela 2. Skład biogazu ze składowiska odpadów komunalnych, na podstawie [6]

Table 2. The structure of biogas from municipal waste landfill, based on [6]

Skład biogazu	% objętościowy
Metan	45 ÷ 65
Dwutlenek węgla	25 ÷ 35
Azot	7 ÷ 10
Tlen	< 3
Pozostałe domieszki	ok. 1

5. Technologie unieszkodliwiania gazu składowiskowego

Z energetycznego punktu widzenia najważniejszym składnikiem biogazu jest metan. Zawartość ok. 60% CH₄ i 40% CO₂ pozwala uzyskać wartość opałową ok. 21,5 MJ/m³, podczas gdy zawartość ok. 31,6% CH₄ i 34,8% CO₂ daje już tylko wartość opałową rzędu ok. 12,3 MJ/m³. Należy dodać, że do energetycznego wykorzystania nadaje się gaz, który ma w swym składzie 40-60% metanu. Biogaz o małej wartości opałowej może być spalany w indywidualnych pochodniach lub po oczyszczeniu spalany w pochodni zbiorczej. Takie rozwiązanie, choć nie zapewnia odpowiednich parametrów spalania, pozwala wyeliminować szkodliwe składniki gazu, w tym metan. Spalanie w pochodniach stosuje się na starych i małych składowiskach, na których zbudowano studnie odgazowujące w trakcie eksploatacji składowiska lub po jej zakończeniu w sytuacji, gdy produkcja gazu jest niestabilna i ma on niską wartość opałową.

Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem jest ujmowanie gazu składowiskowego połączone z produkcją energii, w Polsce głównie energii elektrycznej. W większości instalacji stosuje się w tym celu tłokowe silniki spalinowe lub turbiny. Na mniejszych składowiskach znajdują zastosowanie mikroturbiny. Inne rozwiązania, takie jak silniki Sterlinga, silniki wykorzystujące organiczny obieg Rankine'a oraz ogniwa paliwowe są jeszcze w fazie opracowywania.

Coraz częściej stosuje się również układy kogeneracyjne. Znajdują tu zastosowanie tłokowe silniki gazowe, turbiny gazowe i mikroturbiny. Sprawność ogólna procesu jest stosunkowo wysoka. Pozyskana energia elektryczna może być przeznaczona na potrzeby własne obiektów na składowisku, natomiast nadwyżka przesyłana do sieci energetycznej jako „zielona energia”. Wytworzona energia cieplna może zostać wykorzystana na potrzeby własne, tzn. ogrzewanie pomieszczeń i ciepłej wody użytkowej, lub w przypadku korzystnej lokalizacji przesyłana do sieci ciepłowniczej [5,9].

Mniej powszechne jest natomiast wytwarzanie energii z gazu składowiskowego przy zastosowaniu kotła i turbiny parowej. W takim rozwiązaniu biogaz jest spalany w dużym kotle w celu wytworzenia pary, która napędza turbinę produkującą energię elektryczną.

Innym sposobem wykorzystania gazu składowiskowego jest wytwarzanie gorącej wody lub pary, gdy jest na nie zapotrzebowanie w bliskim sąsiedztwie składowiska odpadów. Transport gazu lub niewielkich ilości pary bądź gorącej wody na znaczne odległości jest zdecydowanie bardziej skomplikowany i często nieopłacalny.

W przypadku, gdy ilość ujmowanego gazu składowiskowego jest niewielka, można wykorzystać go do zasilania promienników podczerwieni służących do ogrzewania pobliskich budynków i szklarni lub jako źródło energii dla pracowni ceramicznych i obróbki metali. Dla niewielkich ilości pozyskanego gazu, w celu wytworzenia energii elektrycznej, stosuje się mikroturbiny [10,11,12].

6. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę fakt, że prawie 90% składowisk odpadów komunalnych nie ma właściwie działających instalacji odgazowania, problem ten musi zostać w najbliższych latach rozwiązany. Powstające gazy (głównie metan i dwutlenek węgla) powodują pogłębianie się efektu cieplarnianego i znaczące zmiany klimatyczne na kuli ziemskiej. Przyczyniają się również do zanieczyszczenia wód gruntowych, zmiany składu mineralnego gleby i degradacji strefy ukorzenia roślin. Powodują ponadto osiadanie terenu składowiska, co może stanowić zagrożenie dla sąsiadujących budynków. Na człowieka działają toksycznie i dusząco. Podstawowy składnik biogazu, jakim jest metan, stwarza dodatkowo zagrożenie samozapłonem i wybuchem (w połączeniu z powietrzem).

Zdecydowanie najlepszym rozwiązaniem jest ujmowanie gazu składowiskowego połączone z produkcją energii, w Polsce głównie energii elektrycznej lub w skojarzeniu z energią cieplną (kogeneracja). Można również wytwarzać z biogazu gorącą wodę lub parę, gdy jest na nie zapotrzebowanie w bliskim sąsiedztwie składowiska odpadów. W przypadku, gdy ilość ujmowanego gazu jest niewielka stosuje się go do zasilania promienników podczerwieni, pozwalających ogrzewać pobliskie budynki i szklarnie lub jako źródło energii dla pracowni ceramicznych, obróbki metali i hutnictwa szkła. Na starych i małych składowiskach, na których zbudowano studnie odgazowujące w trakcie eksploatacji składowiska lub po jej zakończeniu, kiedy produkcja gazu jest niestabilna i ma on niską wartość opałową spala się go w pochodniach.

Literatura

- [1] www.pigeo.org.pl [dostęp: 10 maja 2014 r.]
- [2] Noga H.: Metody i formy pracy w edukacji ekologicznej dzieci, [w:] Vargova M. (red.), IKT vo vdelavani, Wystupy vyskumnych studii zameranych na technice vzdelavanie, UKF Nitra 2014.
- [3] Noga H., Sobczyk W., Kozaczyński W.: Edukacja ekologiczna dzieci i młodzieży, RND Prace techniczne VI, Zeszyt 195, Wyd. Nauk. WSP, Kraków 1998.
- [4] www.portalsamorzadowy.pl [dostęp: 10 maja 2014 r.]
- [5] www.pga.org.pl [dostęp: 10 maja 2014 r.]
- [6] www.soul.pl [dostęp: 10 maja 2014 r.]
- [7] www.inig.pl [dostęp: 10 maja 2014 r.]
- [8] www.drewnozamiastbenzyny.pl [dostęp: 10 maja 2014 r.]
- [9] Dudek J. i in.: Układy kogeneracyjne jako sposób energetycznego wykorzystania gazu składowiskowego, Nafta-Gaz, Nr 1/2008.
- [10] Dudek J. i in.: Technologie energetycznego wykorzystania gazu składowiskowego, Wyd. Nafty i Gazu, Kraków 2010.
- [11] Deublein D., Steinhauser A.: Biogas from waste and renewable resources: an introduction, Weinheim: Wiley-VCH, 2011.
- [12] Dudek J.: Gaz składowiskowy: źródło energii odnawialnej, Wyd. Instytut Nafty i Gazu, Kraków 2012.

EFFECTS OF THE LANDFILL GAS ON THE ENVIRONMENT AND THE POSSIBILITY OF ITS DISPOSAL

Summary

Currently, almost 60% of Polish landfill does not have a degassing installation, while 30% of landfills apply passive systems. In both cases, landfill gas goes into the atmosphere, which based on the international agreements and regulations of the European Union is unacceptable. As can be seen the problem of generated at landfills Polish biogas is huge. In the presented report municipal waste was characterized. According to data from the Central Statistical Office in 2011, produced them in Poland 12 128.8 thousand. Mg of which 9 827.6 Mg thousand were collected. Most of the waste, as many as 70.9% went just wide to landfills, the remainder was subjected to the recycling (11.4%), biological neutralization (16.7%) and thermal transformation(1.0%). In the following part of the report it discussed the factors affecting the composition of the landfill gas and its properties. Further described is the impact of the biogas on the environment. Two of its main components, namely methane and carbon dioxide is one of the most important greenhouse gases. Biogas also results subsidence of the landfill area, groundwater contamination, changing the mineral composition of the soil and degradation of the rootingplant zone. Oppressive odor, caused by trace components of landfill gas is to the man toxic and suffocating. Methane poses a risk of ignition and explosion, especially in the last phases of the operation of the landfill and after discontinuation of the waste. The article were also discussed technologies the recognition of the landfill gas, combined with the production of electricity and cogeneration systems. Other used solutions is the production the biogas from hot water or steam and power from infrared radiators.

Keywords: biogas, small biogas power plants

Przesłano do redakcji: 27.11.2014 r.

Przyjęto do druku: 22.06.2015 r.

DOI:10.7862/rb.2015.65