FOLIA 120

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica VI (2013)

Małgorzata Piaskowska-Silarska

Ekonomiczne i ekologiczne aspekty pozyskiwania gazu wysypiskowego

Wprowadzenie

Co roku trafia na polskie składowiska ok. 13 Tg stałych odpadów komunalnych, przy czym z 1 Mg powstaje w ciągu 20 lat przeciętnie 230 m^3 gazu. Potencjał energetyczny składowisk w zakresie możliwości wykorzystania biogazu wynosi ok. 595 Mm^3/a [5].

Tymczasem według danych Ministerstwa Środowiska z 2009 r. aż 56,7% składowisk odpadów w Polsce nie posiada instalacji odgazowania. Aktywne odgazowanie ma 2,4% składowisk, z których 1,7% odzyskuje energię, a 30,5% składowisk wyposażonych jest w odgazowanie pasywne. Polega ono 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 [2]. Jednak w świetle obowiązujących umów międzynarodowych i przepisów obowiązujących w Unii Europejskiej postępowanie takie jest niedopuszczalne.

Charakterystyka odpadów komunalnych w Polsce

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2008 r. zebrano w Polsce 10 036 tys. Mg odpadów komunalnych. Stanowiły one niecałe 8% wszystkich odpadów wytworzonych w kraju.

Analizując tabelę 1 można zauważyć znaczne zróżnicowanie w ilości odpadów komunalnych przypadających na jednego mieszkańca: od 162,3 kg w województwie świętokrzyskim do 323,8 kg w województwie mazowieckim, przy średniej dla całego kraju: 263,3 kg na 1 mieszkańca.

Ilości odpadów komunalnych zebranych od właścicieli nieruchomości zależą od dochodu gospodarstw domowych, wielkości wskaźnika PKB oraz charakteru regionu, w którym występują. W województwach uprzemysłowionych, o przewadze ludności miejskiej, ilość wytworzonych odpadów jest zdecydowanie większa.

Skład morfologiczny odpadów komunalnych w dużych i małych miastach oraz na terenach wiejskich został przedstawiony w tabeli 2. Wśród surowców wtórnych na uwagę zasługują: papier, tektura i szkło. Najwięcej odpadów wyselekcjonowano w województwach: śląskim, mazowieckim, małopolskim, a najmniej w województwach: świętokrzyskim i podlaskim. Oprócz surowców wtórnych odpady komunalne w Polsce zawierają składniki organiczne (ok. 35%), które ulegają biochemicznym

przemianom i oddziałują na środowisko poprzez produkty rozkładu: dwutlenek węgla, amoniak, siarkowodór, metan, azotany, azotyny, siarczany i inne.

Tab. 1. Ilość odpadów komunalnych zebranych w poszczególnych województwach w 2008 r. [dane GUS]

Województwo	Masa odpadów zebranych [tys. Mg]	Ogółem na 1 mieszkańca [kg]
Dolnośląskie	928	322,7
Kujawsko-pomorskie	512	247,8
Lubelskie	372	172,1
Lubuskie	310	306,9
Łódzkie	626	245,4
Małopolskie	735	223,9
Mazowieckie	1 682	323,8
Opolskie	250	241,6
Podkarpackie	364	173,5
Podlaskie	247	207,2
Pomorskie	681	307,3
Śląskie	1 356	292,1
Świętokrzyskie	207	162,3
Warmińsko-mazurskie	343	240,1
Wielkopolskie	889	262,1
Zachodniopomorskie	533	314,9
Polska	10 036	263,3

Tab. 2. Skład morfologiczny odpadów komunalnych wytworzonych w 2008 r. [2]

Skład morfologiczny odpadów komunalnych	Duże miasta, w których mieszka 22,36 mln mieszkańców kraju (58,61%) [%]	Małe miasta, w których mieszka 0,93 mln mieszkańców kraju (2,44%) [%]	Tereny wiejskie, na których mieszka 14,86 mln mieszkańców kraju (38,95%) [%]
Papier i tektura	19,1	9,7	5,0
Szkło	10,0	10,2	10,0
Metale	2,6	1,5	2,4
Tworzywa sztuczne	15,1	11,0	10,3
Odpady wielomateriałowe	2,5	4,0	4,1
Odpady kuchenne i ogrodowe	28,9	36,7	33,0
Odpady mineralne	3,2	2,8	6,0
Frakcja < 10 mm	4,2	6,8	16,9
Tekstylia	2,3	4,0	2,1
Drewno	0,2	0,3	0,7
Odpady niebezpieczne	0,8	0,6	0,8

Inne kategorie	3,2	4,5	4,9
Odpady wielkogabarytowe	2,6	2,6	1,3
Odpady z terenów zielonych	5,3	5,3	2,5

Proces powstawania gazu wysypiskowego

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 [3].

Proces tworzenia się gazu wysypiskowego zależny 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 złoże, tym większe ciśnienie i temperatura),
- warunków atmosferycznych [5].

Energetyczne wykorzystanie gazu wysypiskowego

Danymi wyjściowymi do budowy instalacji odgazowania są:
- ilość gazu wysypiskowego (zwykle od 80 do 160 m^3/t wilgotnych odpadów) ujmowanego w hałdzie odpadów,
- planowana docelowa pojemność i powierzchnia hałdy odpadów,
- konieczność warstwowego przykrywania i zagęszczania odpadów, umożliwiająca beztlenowy rozkład substancji organicznych zawartych w odpadach,
- technologiczne możliwości energetycznego wykorzystania gazu wysypiskowego [4].

Z energetycznego punktu widzenia najważniejszym składnikiem biogazu jest metan. Zawartość ok. 60% CH_4 i 40% CO_2 pozwala uzyskać wartość opałową ok. 21,5 MJ/m^3, podczas gdy zawartość ok. 31,6% CH_4 i 34,8% CO_2 daje już tylko wartość opałową rzędu ok. 12,3 MJ/m^3. 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.

Inne, często stosowane sposoby wykorzystania gazu wysypiskowego to:
- produkcja energii elektrycznej,
- produkcja energii cieplnej,
- produkcja skojarzonej energii elektrycznej i cieplnej (kogeneracja),
- po odpowiednim przygotowaniu i uzyskaniu wysokiej wartości opałowej – przesył do sieci gazowej.

W Polsce coraz powszechniej stosuje się kogenerację. Sprawność ogólna tego procesu przekracza 85%. 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 [3].

Aspekt ekologiczny pozyskiwania gazu wysypiskowego

Odpady pochodzenia organicznego zgromadzone na składowiskach w postaci hałd, sprasowanych pod własnym ciężarem lub przy pomocy kompaktorów, znajdują się w warunkach beztlenowych, które sprzyjają fermentacji. Powstały w ten sposób gaz wysypiskowy zawiera dwutlenek węgla, metan oraz lotne związki azotu, siarki i chloru (tabela 3). 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. Gaz wysypiskowy powoduje również zanieczyszczenie wód gruntowych oraz degradację strefy ukorzenienia roślin. Główny jego składnik – metan, stwarza ponadto ryzyko wybuchu. Od wielu lat obsługa składowisk stwierdza niewielkie pożary spowodowane samozapłonem metanu. Gaz ten może też tworzyć w powietrzu mieszaninę wybuchowową. Na składowiskach dużych aglomeracji miejskich notuje się szereg wybuchów, zwłaszcza w ostatnich fazach ich eksploatacji, a także po zaprzestaniu przyjmowania odpadów [1].

Tab. 3. Skład biogazu ze składowiska odpadów komunalnych [5]

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

Aspekt ekonomiczny pozyskiwania gazu wysypiskowego

Pozostaje jeszcze do omówienia strona ekonomiczna przedsięwzięcia, jakim jest ujmowanie gazu wysypiskowego.

Z modelowych badań laboratoryjnych i pomiarów biogazu prowadzonych na składowiskach wynika, że z 1 Mg wilgotnych odpadów można pozyskać od 80 do 160 m^3 gazu wysypiskowego. Uwzględniając przeciętną wartość opałową biogazu 4,5 kWh/m^3 oraz jego ilość przekraczającą 50 m^3/h należy stwierdzić opłacalność wykorzystania gazu wysypiskowego jako źródła energii. Dotyczy to 538 polskich składowisk, na których łączna masa zdeponowanych odpadów wynosi co najmniej 500 000 Mg.

Według danych Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ekologii Miast (OBREM), opłacalne jest energetyczne wykorzystanie gazu wysypiskowego, gdy powierzchnia składowiska ma powyżej 3 ha i miąższość złoża wynosi co najmniej 5 m. Nie oznacza to jednak, że ujmowanie gazu wysypiskowego na mniejszych składowiskach nie ma sensu. Często brak informacji o pozytywnych wynikach ekonomicznych związanych z wykorzystaniem energii odnawialnej zawartej w biogazie powoduje, że władze lokalne podchodzą z dużą rezerwą do inwestowania w budowę instalacji, której czas amortyzacji może być długi.

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. Analizując tabelę 4, można stwierdzić, że podobny jest okres amortyzacji na wybranych składowiskach Europy Zachodniej.

Tab. 4. Czas amortyzacji nakładów poniesionych na budowę instalacji utylizacji gazu wysypiskowego [1]

Kraj	Miejscowość/ Składowisko	Nakłady inwestycyjne [USD]	Ilość produkowanego gazu [mln m^3/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

Warto dodać, że gaz wysypiskowy produkowany jest intensywnie jeszcze po 10–15 latach od zakończenia eksploatacji składowiska odpadów.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę fakt, że blisko 90% polskich 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 oraz degradacji strefy ukorzenienia roślin. Podstawowy składnik biogazu, jakim jest metan, stwarza dodatkowo zagrożenie samozapłonem i wybuchem (w połączeniu z powietrzem).

Gdy powierzchnia składowiska odpadów ma powyżej 3 ha i miąższość złoża wynosi co najmniej 5 m, warto powstający biogaz wykorzystywać do celów energetycznych. Przemawia za tym również Pakiet energetyczny 3x20, zobowiązujący Polskę do 20% udziału energii ze źródeł odnawialnych w 2020 roku.

Kolejnym czynnikiem przemawiającym za budową instalacji do ujmowania gazu wysypiskowego jest aspekt ekonomiczny. Koszt inwestycji wynosi ok. 1 mln USD. Jednak 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. Dla przykładowej miejscowości z Małopolski wynosi niecałe 5,5 roku.

Literatura

[1] www.inig.pl

[2] www.mos.gov.pl

[3] www.pga.org.pl

[4] www.proekologia.pl

[5] www.soul.pl

Economical and ecological aspects of landfill gas production

Abstract

This paper is a short characteristic of landfill made in Poland. There are different uses of landfill gas regarding composition (methane content) and quantity. The use of bio gas is profitable, if the surface of landfill is bigger than 4 ha and at least 5 metre deep according to OBREM (Research and Development Centre for Town Ecology). The most efficient way of energy obtaining is cogeneration because of high efficiency.
Next part of this paper is about positive effect of landfill gas obtaining thanks to elimination of main global warming effect gases like methane and carbon dioxide.
There is still an economical aspect. The investment cost is about 1 million USD. The payback period oscillates from 2 to 10 years depending on quantity, quality of bio gas (heating value), management, technology applied, market value of heat and electrical energy.

Key words: landfill gas, landfill

Małgorzata Piaskowska-Silarska
UP – Kraków
Instytut Techniki