

Małgorzata Śliwka

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA GAZU SKŁADOWISKOWEGO JAKO PALIWA POJAZDÓW MECHANICZNYCH W POLSCE

**Streszczenie.** Ograniczone zasoby surowców energetycznych, przede wszystkim ropy naftowej i gazu ziemnego oraz zwiększające się zapotrzebowanie na paliwa, w tym samochodowe, wymusiły konieczność znalezienia nowych nośników energii, w tym także pochodzących ze źródeł odnawialnych. Wykorzystanie paliw odnawialnych niesie ze sobą dodatkową korzyść środowiskową, związaną z ograniczeniem emisji CO<sub>2</sub> oraz zmniejszeniem emisji innych zanieczyszczeń, jak np. SO<sub>2</sub>, CO i NO<sub>x</sub>. Jednym z perspektywicznych źródeł pozyskiwania energii jest biogaz wytwarzany w biogazowniach rolniczych, ale również powstający na składowiskach odpadów. Biogaz składowiskowy powinien być wykorzystywany do celów energetycznych, istnieje także możliwość wykorzystania go jako paliwa dla pojazdów mechanicznych. W artykule scharakteryzowano tzw. łańcuch biometanu (*waste to wheel*) oraz omówiono możliwości wykorzystania biometanu jako paliwa. Możliwości wykorzystania biometanu w środkach transportu omówiono na przykładzie doświadczeń projektu Biomaster.

**Słowa kluczowe:** biometan, biogaz, gaz składowiskowy, paliwa odnawialne, biopaliwa płynne, retardacja wykorzystania zasobów kopalnych

### WSTĘP

Wyczerpywanie się zasobów paliw kopalnych, szczególnie ropy naftowej i gazu ziemnego, zmusza do poszukiwania rozwiązań alternatywnych i nowych nośników energii. Umożliwi to spowolnienie przekształcania nieodnawialnych zasobów energii oraz zaspokojenie rosnącego zapotrzebowania na nią. Duże szanse upatruje się w przyjaznych dla środowiska odnawialnych źródłach energii (OZE), których potencjalne zasoby są jak dotąd wykorzystywane w niewielkim stopniu [Płatek 2007]. Do paliw odnawialnych zalicza się produkty organiczne, których masa powstaje w procesie fotosyntezy, a ich spalanie nie powoduje zwiększenia zawartości CO<sub>2</sub> w atmosferze. Stosowanie paliw odnawialnych przyczynia się nie tylko do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>, ale także do zmniejszenia emisji innych zanieczyszczeń, takich jak np. pyły, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> oraz CO. Według opublikowanego w 2012 roku raportu BP „Energy Outlook 2030” [BP Energy Outlook... 2013], rynek biopaliw i innych paliw odnawialnych będzie bardzo dynamiczny, a paliwa odnawialne mają stać się najszybciej rozwijanym źródłem energii odnawialnej w ujęciu globalnym do 2030 roku. Udział paliw odnawialnych w ogólnym zużyciu energii w roku 2030 ma wynieść 6,3% (w roku 1990 wynosiło 0,4%). W grupie paliw odnawialnych można wyróżnić paliwa stałe (np. drewno, słoma, osady ściekowe), paliwa ciekłe (np. estry oleju rzepakowego, alkohol) oraz paliwa gazowe (biogaz rolniczy, biogaz z oczyszczalni ścieków, gaz składowiskowy).

---

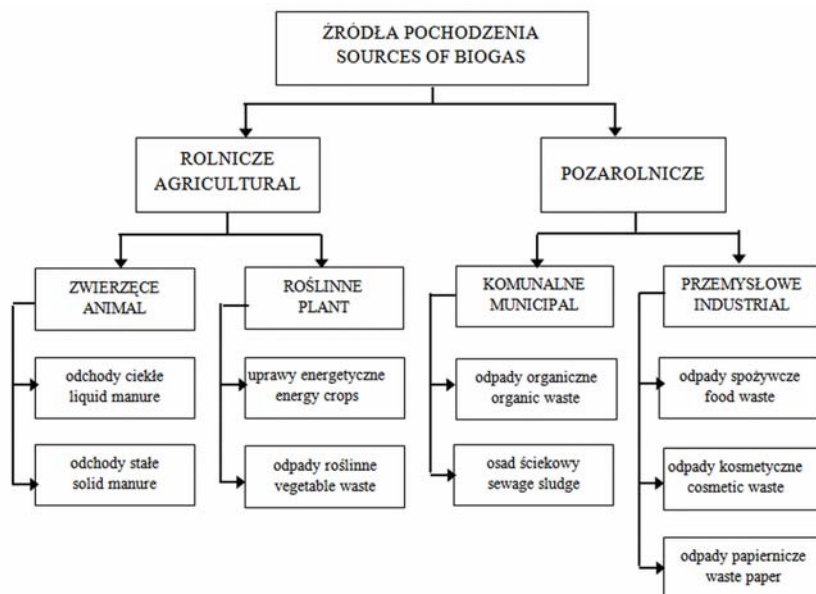
Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH im. St. Staszica w Krakowie; Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej – Oddział Krakowski, e-mail: [sliwka@agh.edu.pl](mailto:sliwka@agh.edu.pl)

Przyjęcie Dyrektywy 2009/28/WE [Dyrektywa... 2009] zobowiązuje Polskę do osiągnięcia do 2020 roku 15% udziału energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii oraz 10% udziału energii odnawialnej w sektorze transportowym. Zwiększenie produkcji energii ze źródeł odnawialnych umożliwi realizację celów pakietu klimatyczno-energetycznego (pakiet 3x20), które zakładają redukcję emisji gazów cieplarnianych oraz poprawę wydajności energetycznej.

Rozwój sektora biopaliw w Polsce opiera się głównie na biopaliwach stałych, jednak przyjęte dokumenty strategiczne, takie jak *Polityka Energetyczne Polski do roku 2030* (PEP2030), *Krajowy Plan Działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych* (KPD) oraz *Kierunki Rozwoju Biogazowni Rolniczych w Polsce na lata 2010-2020* mają na celu zwiększenie udziału w całkowitym bilansie energii wytwarzanej z OZE również biopaliwom gazowym. Zwiększenie udziału biopaliw gazowych ma być realizowane poprzez strategię rozwoju biogazowni gminnych. Szacuje się, że całkowita moc elektryczna zainstalowana z biogazu w Polsce w roku 2020 może osiągnąć 1 GW, przy około 90 MW obecnie zainstalowanych (w tym instalacje na biogaz składowiskowy oraz z osadów ściekowych). Natomiast możliwość integracji z siecią dystrybucyjną gazową ustawodawca nadał wyłącznie biogazowniom rolniczym.

## CHARAKTERYSTYKA BIOGAZU

Surowcem do produkcji biogazu są między innymi odchody zwierzęce, odpady roślinne, ścieki, odpady komunalne i niektóre odpady przemysłowe (rys. 1).



Rys. 1. Źródła pochodzenia biogazu [Głuszczka i in. 2010]  
Ryc. 1. Sources of biogas [Głuszczka et al. 2010]

Biogaz jest produktem fermentacji metanowej, która stanowi zespół beztlenowych procesów biochemicznych zachodzących przy udziale mikroorganizmów. Końcowym produktem rozkładu materii organicznej są biogaz oraz osady. Skład chemiczny biogazu zależy ściśle od składu chemicznego fermentowanej biomasy i przedstawia się następująco: 52-85% CH<sub>4</sub>, 14-18% CO<sub>2</sub>, 0,08-5,5% H<sub>2</sub>S, 0-5% H<sub>2</sub>, 0-2,1% CO, 0,6-7,5% N<sub>2</sub> oraz 0,1-0,2% O<sub>2</sub>.

Biogaz do celów energetycznych pozyskuje się w trzech typach instalacji [Grzesik 2005]:

- w biogazowniach rolniczych, w których substratami do produkcji biogazu są odchody zwierzęce, odpady roślinne oraz rośliny pochodzące z upraw energetycznych,
- w komorach fermentacyjnych osadów ściekowych w oczyszczalniach ścieków komunalnych,
- w instalacjach odgazowania składowisk odpadów komunalnych.

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA BIOGAZU SKŁADOWISKOWEGO

Odpady organiczne stanowią główną frakcję odpadów komunalnych. W warunkach beztlenowych, jakie panują na składowisku odpadów, z odpadów organicznych powstaje biogaz. Przyjmuje się, że z jednej tony odpadów komunalnych można pozyskać do 200 m<sup>3</sup> gazu składowiskowego [Oleszkiewicz 1999]. Zasoby metanu, które można pozyskać ze składowisk komunalnych w Polsce są szacowane na 135-145 mln m<sup>3</sup> rocznie.

Niekontrolowana emisja gazu do atmosfery stwarza liczne zagrożenia: wybuchu, samozapłonu składowiska, a także zagrożenia dla środowiska związane z zanieczyszczeniem wód gruntowych, emisją gazów (w tym cieplarnianych), pyłów oraz substancji złownych.

Dla każdego składowiska odpadów komunalnych powinien funkcjonować aktywny lub pasywny system odgazowania. Stan odgazowania składowisk odpadów w Polsce przedstawia tabela 1.

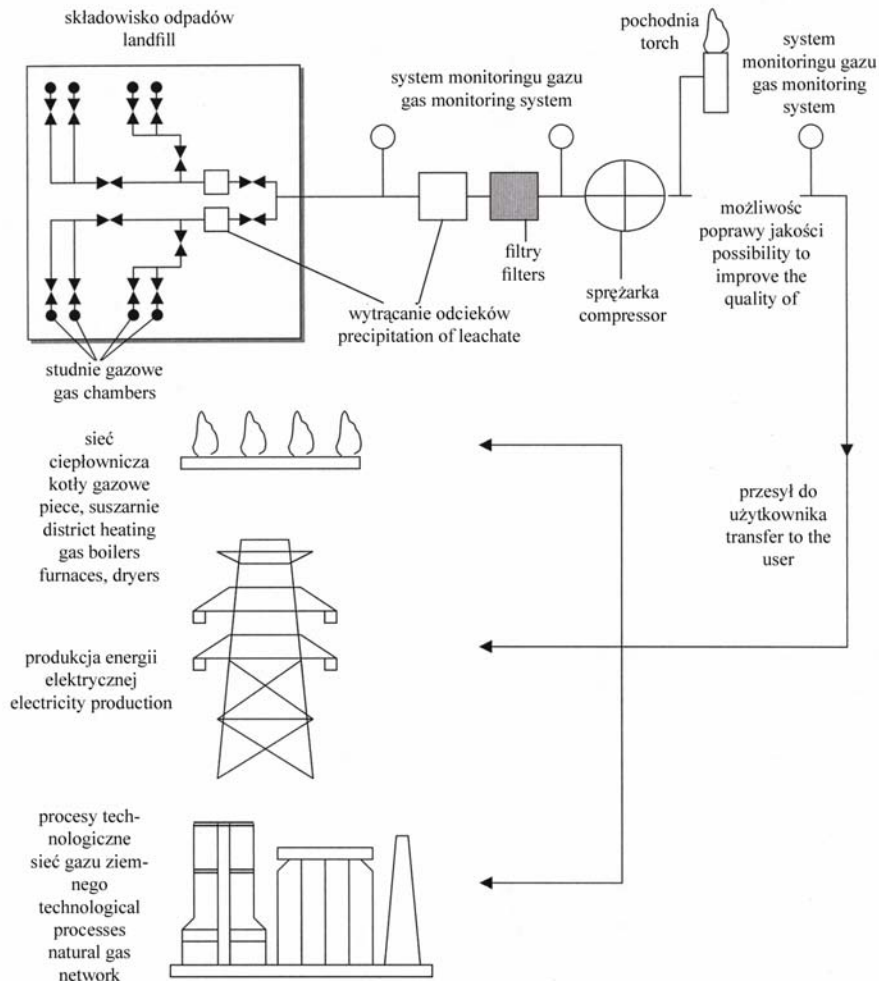
**Tabela 1.** Stan odgazowania składowisk w Polsce [opracowane na podstawie danych Ochrona Środowiska 2008, 2009, 2010, 2011, 2012]

*Table 1. The quantity of landfills degassing in Poland [elaborated on the basis Ochrona Środowiska 2008, 2009, 2010, 2011, 2012]*

Rok Year	Składowiska z instalacją odgazowującą <i>Landfill sites with degassing installation</i>				Ilość wyprodukowanej energii <i>Quantity of generated energy</i>	
	Liczba składowisk <i>Number of landfill sites</i>	Udział składowisk / <i>Share of landfill sites</i>		cieplnej <i>thermal</i>	elektrycznej <i>electric</i>	
		z gazem uchodzącym do atmosfery <i>with gas escaping to the atmosphere</i>	ze spalaniem gazu <i>with gas combustion</i>			bez odzysku energii <i>without energy recovery</i>
2007	304	78%	3	16	GJ-rok <sup>-1</sup> GJ-year <sup>-1</sup>	MWh-rok <sup>-1</sup> MWh-year <sup>-1</sup>
2008	340	81	3	19	82246	84986
2009	386	80	4,5	15,5	59031	98556
2010	403	78	6	16	68134	133217
2011	428	64,5	19,5	16	93334	169704
					73244	249178

Aktywne odgazowanie z odzyskiem energii jest priorytetowym kierunkiem rozwoju instalacji do odgazowania składowisk. Do pozyskania gazu ze składowiska konieczne jest zbudowanie instalacji, w skład której wchodzi: elementy odbierające gaz ze złoża odpadów (studnie pionowe i kolektory poziome), kolektory odprowadzające do stacji zbiorczej oraz

stacja zbiorcza (odwadniacze, dmuchawa, aparatura kontrolno-pomiarowa) [Technologie... 2010]. Zgodnie z zaleceniami Unii Europejskiej, instalacje odgazowujące powinny posiadać składowiska o rocznej masie gromadzonych odpadów wynoszącej powyżej 10 tys. Mg.



**Rys. 2.** Wykorzystanie gazu składowiskowego [opracowane na podstawie Grzesik 2005]

**Ryc. 2.** Use of landfill gas [elaborated on the basis Grzesik 2005]

Wartość energetyczna biogazu charakteryzuje się dużą zmiennością, która jest ściśle uzależniona od zawartości poszczególnych składników. Średnia wartość opałowa biogazu wynosi około  $21,54 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ , a po jego oczyszczeniu zwiększa się do  $35,7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$  (wartość opałowa czystego metanu wynosi  $35,7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ ). Biogaz o dużej zawartości metanu (powyżej 40%) może być wykorzystany do celów energetycznych lub w innych procesach technologicznych (rys. 2), m.in. do:

- produkcji energii elektrycznej w silnikach iskrowych lub turbinach,

- produkcji energii cieplnej w przystosowanych kotłach gazowych,
- produkcji energii elektrycznej i cieplnej w jednostkach skojarzonych,
- dostarczania gazu składowiskowego do sieci gazowej,
- wykorzystania gazu jako paliwa do silników,
- wykorzystania gazu w procesach technologicznych (np. produkcja metanolu).

W Polsce gaz składowiskowy jest wykorzystywany głównie do produkcji energii elektrycznej w silnikach iskrowych. Coraz częściej jednak stosuje się instalacje do produkcji energii elektrycznej i cieplnej w systemach skojarzonych (kogeneracja).

## GAZ SKŁADOWISKOWY JAKO PALIWA W TRANSPORCIE

Główną zaletą wykorzystania biometanu są jego walory ekologiczne. Szacuje się, że zastosowanie biometanu zamiast paliw tradycyjnych pozyskiwanych z surowców kopalnych powinno przyczynić się do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> od 75 aż do 200%. Dla porównania, w przypadku zastosowania biopaliw płynnych (bioetanol, biodiesel) uzyskuje się redukcję emisji CO<sub>2</sub> rzędu 30-60%. Ponadto biometan posiada wysoką wartość opałową, która wynosi 55,5 MJ · kg<sup>-1</sup>. Dla porównania wartość opałowa popularnych paliw kopalnych wynosi: dla benzyny 43-45 MJ · kg<sup>-1</sup>, oleju napędowego: 43 MJ · kg<sup>-1</sup>, a dla LPG: 50,4 MJ · kg<sup>-1</sup>. Ze względów ekonomicznych i ekologicznych najbardziej korzystnym surowcem do produkcji biometanu są odpady [Fuksa i in. 2012; Zawieja i in. 2010].

Wykorzystanie gazu składowiskowego jako paliwa wymaga jego uszlachetnienia w celu uzyskania parametrów zbliżonych do gazu ziemnego. Po jego uszlachetnieniu, jest możliwe wprowadzanie biometanu do sieci gazowej, jako gaz sieciowy oraz zastosowanie wprost jako paliwo samochodowe typu bio-CNG (CBG). Takie rozwiązanie są stosowane w wielu krajach europejskich, w których biometan jest włączany bezpośrednio do sieci gazowniczej, służy też jako paliwo w transporcie publicznym oraz komunalnym. W Polsce biogaz nie jest stosowany jako paliwo w transporcie. Polska nie posiada również instalacji do uzdatniania surowego biogazu do CBG.

W pojazdach samochodowych najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest wykorzystanie biogazu do zasilania silników o zapłonie iskrowym, będących modyfikacją oryginalnych silników o zapłonie samoczynnym. Modyfikacje te dotyczą głównie dużych silników autobusowych [Chłopek 2012]. Silniki zasilane biometanem charakteryzują się ponadto zmniejszoną emisją węglowodorów, w szczególności wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, zmniejszeniem emisji tlenków azotu, cząstek stałych oraz hałasu. Ograniczenie emisji hałasu (o 3-5 dB), wiąże się z łagodniejszym przebiegiem procesu spalania paliwa. Ponadto zasilanie pojazdu biometanem zwiększa bezpieczeństwo podczas jego eksploatacji, ze względu na niewielkie ryzyko uszkodzenia zbiornika paliwa (zbiornik ciśnieniowy). Gaz ziemny do stacji tankowania jest zwykle dostarczany z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury podziemnej, którą odbywa się przesył gazu ziemnego.

Istotnym faktem jest możliwość wykorzystania istniejącej infrastruktury do dystrybucji CNG oraz zastosowania biometanu w pojazdach zasilanych CNG, co powinno przyczynić się do jego popularyzacji. Największą wadą polskiej infrastruktury CNG jest brak zorientowania na użytkowników prywatnych, co ogranicza rozwój rynku biopaliw gazowych w naszym kraju. Pod względem eksploatacji pojazdów na CNG, Polska zajmuje 18 miejsce wśród krajów Unii Europejskiej. Aktualnie jest eksploatowanych około 2100 pojazdów. Głównymi użytkownikami są tu przedsiębiorstwa transportu publicznego (314 autobusów), przedsiębiorstw komunalnych oraz floty przewoźników publicznych

i prywatnych. Istotnym ograniczeniem rozwoju rynku biopaliw jest niewystarczająca ilość stacji tankowania. Aktualnie w Polsce funkcjonuje 29 publicznych i 14 prywatnych stacji tankowania, a ich rozmieszczenie jest bardzo nierównomierne. Z sieci tankowania jest praktycznie wyłączona centralna oraz północna-wschodnia i północno-zachodnia część Polski. Aby można było mówić o rozwoju rynku CNG/Bing musiałoby powstać co najmniej 70-80 nowych stacji tankowania. Zwiększenie wykorzystania biopaliw w Polsce, w tym biometanu, wymaga wprowadzenia kompleksowego systemu wsparcia finansowego, fiskalnego, legislacyjnego i technologicznego oraz rozwoju niezbędnej infrastruktury. Aktualna sytuacja zniechęca potencjalnych użytkowników, szczególnie prywatnych, do inwestowania w pojazdy zasilane CNG/bCNG.

## PODSUMOWANIE

Biometan stanowi alternatywę dla konwencjonalnych paliw kopalnych. Wykorzystanie biogazu składowiskowego, jako źródła energii odnawialnej, niesie wielorakie korzyści dla środowiska. Jest to paliwo odnawialne, produkowane z biomasy, zatem jego wykorzystanie prowadzi do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (w tym zakresie CO<sub>2</sub>) oraz retardacji wykorzystania zasobów kopalnych. Wykorzystanie energetyczne gazu składowiskowego umożliwia eliminację zagrożeń związanych z jego niekontrolowaną emisją, takich jak wybuchy, samozapłon oraz emisja gazów cieplarnianych, substancji złośliwych oraz innych zanieczyszczeń do środowiska. Przyczynia się także do unieszkodliwiania odpadów organicznych, co prowadzi do bardziej efektywnego wykorzystania właściwości nawozowych biomasy.

Potencjał produkcyjny tego paliwa oraz fakt, że istnieje możliwość wykorzystania, niestety niedostatecznej, infrastruktury CNG w Polsce powinien przyczynić się do zwiększenia zainteresowania tym ekologicznym paliwem. Rozwojowi rynku biogazu na pewno sprzyjają przyjęte przez państwo strategie kierunków rozwoju energetyki, szczególnie odnawialnych źródeł energii, a także powstania sieci biogazowni rolniczych. Większość regulacji dotyczy jednak biogazowni rolniczych (ustawa o OZE), w których biogaz jest produkowany w znacznym stopniu w oparciu o biomasę z plantacji energetycznych, co wiąże się z dodatkowymi kosztami. Zapomina się o możliwości do wykorzystania potencjale gazu składowiskowego, które niesie dodatkową korzyść związaną z koniecznością jego utylizacji.

Dobrym przykładem projektu wspierającego rozwój rynku biopaliw gazowych jest Projekt Biomaster realizowany w ramach programu Inteligentna Energia – Europa, który dotyczy możliwości wykorzystania biometanu jako paliwa w transporcie publicznym i prywatnym. Tematyka projektu obejmuje kompleksowe zagadnienia związane z pozyskiwaniem surowców do produkcji biometanu, technologie produkcji, oczyszczanie i wzbogacanie oraz dystrybucję, czyli wszystkie ogniwa tzw. łańcucha biometanu (*waste to wheel*). Projekt podejmuje kwestie optymalnych, jak również akceptowalnych właściwości biometanu jako paliwa, możliwości i dróg dystrybucji oraz kierunków jego wykorzystania, przede wszystkim jako paliwa samochodowego.

## PIŚMIENNICTWO

Chłopek Z., Szczepański T. 2012. Zastosowanie paliwa biogazowego w transporcie publicznym w celu zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska w strefach chronionych ekologicznie.

Inżynieria Ekologiczna, 30: 27-35.

- BP Energy Outlook 2030. 2013. London [dokument elektroniczny: [http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/BP\\_World\\_Energy\\_Outlook\\_booklet\\_2013.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/BP_World_Energy_Outlook_booklet_2013.pdf); data wejścia 2.02.2013]
- Dyrektiva Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywę 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dz. U. Unii Europejskiej, L 140/16 PL, 2009.
- Fuksa D., Ciszynska E., Łyko P. 2012. Pozytywne aspekty wykorzystania biogazu na przykładzie transportu. [w:] Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, R. Nosal (red.), Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole: 475-482.
- Głaszczka A., Wardal W.J., Romaniuk W., Domasiewicz T. 2010. Biogazownie rolnicze. Monografia. Wyd. Mulico, Warszawa.
- Grzesik K. 2005. Wykorzystanie biogazu jako źródła energii. [w:] Zielone prądy w edukacji – II edycja, Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej Oddział Krakowski, Wyd. Art-Tekst. Kraków: 21-30.
- Ochrona środowiska 2007. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Ochrona środowiska 2008. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Ochrona środowiska 2009. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Ochrona środowiska 2010. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Ochrona środowiska 2011. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Ochrona środowiska 2012. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Oleszkiewicz J. 1999. Eksploatacja składowiska odpadów. Lem projekt s.c., Kraków.
- Platek W. 2007. Metan z biomasy jako jeden ze sposobów dywersyfikacji dostaw gazu ziemnego w Polsce. *Polityka Energetyczna*, 10(zeszyt specjalny 2): 317-329.
- Technologie energetycznego wykorzystania gazu składowiskowego. 2010. Instytut Nafty i Gazu, Kraków.
- Zawieja I., Wolski P., Wolny L. 2010. Pozyskiwanie biogazu z odpadów deponowanych na składowiskach. *Proceedings of ECOpole*, 4(2): 535-539.

## THE POSSIBILITIES OF USING LANDFILL GAS AS A FUEL OF MOTOR VEHICLES IN POLAND

**Abstract.** Limited energy resources, especially reserves of oil and natural gas and increasing request for fuels, make it necessary to find new energy sources, including from renewable sources. The use of renewable fuels will have the additional benefit to the environment, such as reduction of CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO and NO<sub>x</sub> emissions. One of the promising energy sources is biogas produced in agricultural biogas plants and landfills. Biogas landfill should also be used as a fuel for transportation. This paper describes the chain of biomethane (a weel waste), and discussed the possibility of using biomethane as a fuel. The possibilities of using biomethane as a fuel were discussed on Biomaster experiences.

**Keywords:** biomethane, biogas, landfill gas, renewable fuels, liquid biofuels