

Grzegorz Kołodziejak, Joanna Zaleska-Bartosz

*Institut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

## Ocena możliwości zastosowania parametru wilgotności gazu składowiskowego do określania produktywności gazowej składowiska odpadów

Wilgotność złoza na składowiskach odpadów komunalnych ma bardzo duże znaczenie dla dynamiki przebiegu procesu fermentacji metanowej prowadzącej do powstawania gazu składowiskowego. Stała szybkości tworzenia metanu  $k$ , będąca funkcją zawartości wody w odpadach, określana była dotychczas na podstawie współczynników dobieranych w zależności od wielkości opadów atmosferycznych, informacji związanych z typem składowiska, metodą jego eksploatacji oraz rodzajem zdeponowanych odpadów. Kolejnym sposobem określania parametru  $k$  jest badanie zawartości wody w reprezentatywnej próbce odpadów, pobranej bezpośrednio ze złoza. Metoda ta jest jednak czasochłonna i niesie za sobą wysokie koszty, szczególnie w przypadku rozległych składowisk, gdzie ilość próbek musi być odpowiednio duża. W artykule przedstawiono wyniki badań, których celem było znalezienie zależności pomiędzy wilgotnością gazu składowiskowego a produktywnością gazową złoza odpadów.

Słowa kluczowe: gaz składowiskowy, odpady, wilgotność, produktywność gazowa składowiska.

### The evaluation of the possibility of using moisture content parameter for determining landfill gas productivity

Moisture content in landfill sites is very important for the dynamics of landfill gas generation. So far, methane generation rate constant  $k$  which is a function of moisture content in waste was determined based on the amount of precipitation rates, the type of the landfill site and type of deposited waste. Another way to determine the  $k$  value is by the measurement of the moisture content of a representative sample of waste, extracted directly from the site. However, this method is time consuming and involves high costs, particularly in the case of large landfills, where the amount of the collected sample must be sufficiently large. The following article presents results of studies which determine the links between moisture content and landfill gas productivity.

Key words: landfill gas, waste, moisture content, productivity landfill gas.

#### Wprowadzenie

Gaz składowiskowy powstaje samoczynnie na składowiskach odpadów komunalnych w wyniku rozkładu materii organicznej na drodze reakcji biochemicznych zachodzących w środowisku beztlenowym. Jego głównymi składnikami są metan i ditlenek węgla. Metan, dzięki któremu gaz składowiskowy posiada znaczący potencjał energetyczny, jest równocześnie gazem charakteryzującym się ponad dwudziestokrotnie większym potencjałem cieplarnianym od ditlenku

węgla. W celu zapobieżenia niepożądanym emisjom gazu składowiskowego do atmosfery oraz zminimalizowania zagrożeń wynikających z własności palnych i wybuchowych metanu, konieczne jest wyposażenie składowisk w instalacje do odgazowania. Zadaniem tych instalacji jest ujęcie powstającego gazu składowiskowego, a także wykorzystanie energii zawartej w tym paliwie, lub – co najmniej – unieszkodliwienie go poprzez spalenie w pochodni. Potencjał energetyczny gazu

składowiskowego może być wykorzystywany w najbardziej racjonalny sposób w układach kogeneracyjnych produkujących równocześnie energię elektryczną i ciepłą.

Przy doborze urządzeń do odgazowania składowiska oraz energetycznego wykorzystania gazu składowiskowego istotnym zagadnieniem jest określenie zasobności gazowej składowiska. Do szacowania produktywności gazowej składowisk wykorzystywane są modele matematyczne i opracowane na ich podstawie programy komputerowe. Wykonanie obliczeń przy ich pomocy wymaga szeregu informacji dotyczących składowiska oraz odpadów, w tym m.in.: planowanej ilości odpadów deponowanych na składowisku w okresie objętym prognozą, składu morfologicznego odpadów i konstrukcji składowiska.

Jednym z parametrów wykorzystywanych w trakcie obliczeń jest wilgotność złoża odpadów. Woda jako jeden z najlepszych rozpuszczalników, zarówno substancji organicznych,

jak i nieorganicznych, umożliwia prawidłowy rozwój drobnoustrojów metanogennych. Stąd szybkość rozkładu materii organicznej zawartej w odpadach w dużej mierze zależy od ich wilgotności [2].

Wilgotność odpadów jest również jednym z podstawowych czynników mających wpływ na parametr  $k$ , określanym mianem stałej szybkości rozkładu materii organicznej (stałej szybkości rozkładu węgla biodegradowalnego).

Wilgotność złoża odpadów można określić przy pomocy badań laboratoryjnych prowadzonych na reprezentatywnych próbkach odpadów pobranych bezpośrednio ze złoża. Badania te są jednak czasochłonne i generują znaczne koszty. W ramach przeprowadzonych badań podjęto próbę odnalezienia korelacji pomiędzy wilgotnością gazu a wilgotnością odpadów, która w znaczny sposób wpływa na szybkość rozkładu materii organicznej określaną stałą  $k$ , a tym samym – na przebieg produktywności gazowej składowiska w okresie objętym prognozą.

### Produktywność gazowa składowiska – modelowanie matematyczne

Potrzeba oszacowania ilości metanu emitowanego ze składowisk odpadów komunalnych do atmosfery przyczyniła się do opracowania modeli empirycznych pozwalających na obliczenie produktywności gazowej składowisk. Prognozy opracowywane przy wykorzystaniu modeli matematycznych wymagają szczegółowych danych o odpadach i składowisku, takich jak: skład odpadów oraz sposób ich składowania, czas rozkładu, temperatura, wilgotność, rodzaj uszczelnienia składowiska itp. [4]. Od jakości posiadanych danych zależy dokładność i poprawność obliczeń.

Jednym z najczęściej używanych na świecie modeli do prognozowania produktywności gazowej składowisk jest model LandGem opracowany przez US-EPA (United States Environmental Protection Agency). Model ten jest rekomendowany przez IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) jako metoda uwzględniająca historię gromadzenia odpadów w danym kraju. Wymaga ona wiarygodnych danych o ilości i jakości odpadów deponowanych na składowiskach oraz o sposobach składowania odpadów w ciągu 20÷30 lat poprzedzających inwentaryzację, tj. okresie, w którym następuje pełny rozkład zdeponowanych odpadów.

Ilość wytworzonego w danym roku metanu  $Q_T$  jest sumą ilości metanu  $Q_{T,x}$  powstającego w roku inwentaryzacji z odpadów o masie  $M_x$  złożonych na składowisku w kolejnych latach  $x$  poprzedzających rok inwentaryzacji:

$$Q_T = \sum Q_{T,x} \quad (1)$$

Ilość metanu tworzoną w roku inwentaryzacji z odpadów o masie  $M_x$  zdeponowanych w roku  $x$  podaje równanie:

$$Q_{T,x} = k \cdot M_x \cdot L_o \cdot e^{-k(T-x)} \quad [\text{m}^3\text{CH}_4] \quad (2)$$

w którym:

- $M_x$  – masa odpadów deponowanych w ciągu roku, w kolejnych latach trwania metanogenezy, poprzedzających rok inwentaryzacji,
- $x$  – rok składowania odpadów,
- $T$  – rok, w którym dokonuje się inwentaryzacji emisji,
- $k$  – stała szybkości tworzenia metanu; założono, że  $k$  jest funkcją zawartości wody w odpadach, podaży pożywki dla metanogenów, pH i temperatury, a jej wartość mieści się w zakresie od 0,003 do 0,21 na rok<sup>-1</sup>,
- $L_o$  – potencjał tworzenia metanu, tj. ilość metanu [m<sup>3</sup>], jaka może powstać z jednostki masy odpadów; przyjęto, że  $L_o$  zależy od ilości celulozy zawartej w odpadach [7].

W modelu LandGem (US-EPA) zaleca się stosowanie określonych wartości stałej szybkości tworzenia metanu i potencjału tworzenia metanu (dwa zestawy danych nazwane CAA i AP-42). Dane CAA (według Clean Air Act) oparte są na wymaganiach New Source Performance Standards (NSPS) odnoszących się do Code of Federal Regulations. Uważane za bardziej reprezentatywne dla typowych składowisk

Tablica 1. Przykłady danych według CAA i AP42

Dane	$L_o$	$k$	Stężenie metanu
	[m <sup>3</sup> /t]	[1/rok]	[%]
CAA	170	0,05	50
AP-42	100	0,04	50

odpadów dane AP-42 wykorzystują współczynniki emisji według poradnika EPA (Environmental Protection Agency) (US-EPA, 2004). Wartości tych wielkości zebrano w tablicy 1.

Uwzględnienie czasowych współczynników rozkładu substancji organicznej zbliża model Landem (US-EPA) do

rzeczywistych warunków rozkładu w złożu odpadów komunalnych. Wadą metody jest duży zakres wartości potencjału wytwarzania metanu ( $L_0$ ) i brak uwzględnienia budowy i charakteru składowiska odpadów. Nieumiejętne dobranie wartości spowoduje zawyżenie lub zaniżenie wyniku.

### Wpływ wilgotności odpadów na produktywność gazową składowiska

Wysoka wilgotność odpadów pozwala na:

- równomierny rozkład wartości pH w masie odpadów,
- prawidłowy transport substancji odżywczych, takich jak fosfor, azot,
- dystrybucję enzymów uwalnianych przez bakterie,
- przemieszczanie się kolonii drobnoustrojów,
- usuwanie (wymywanie) związków utrudniających lub hamujących proces metanogenezy [5].

W efekcie wysoka wilgotność odpadów sprzyja rozkładowi substancji organicznej z jednoczesnym generowaniem metanu. Tempo tego procesu opisuje stała  $k$ , której wartość jest funkcją:

- wilgotności odpadów,
- dostępności składników odżywczych dla bakterii metanogennych,
- pH,
- temperatury.

Ze względu na trudności w określeniu wilgotności masy odpadów zdeponowanych na składowisku, w celu określenia wartości stałej szybkości tworzenia metanu  $k$ , używa się zazwyczaj danych dotyczących średniorocznych opadów atmosferycznych pochodzących ze stacji meteorologicznej najbliższej składowiska oraz informacji charakteryzujących rodzaj praktyk operacyjnych stosowanych na składowisku (tablica 3).

W tablicy 2 zestawiono wartości parametru  $k$  w zależności od rocznej wysokości opadów atmosferycznych oraz rodzaju odpadów zdeponowanych na składowisku. Tablica 3 zawiera zestawienie współczynników, które należy stosować do korygowania stałej  $k$  w zależności od rodzaju składowiska [6].

W celu określenia wartości  $k$  dla danego składowiska należy uśrednioną wartość  $k$  (zależną od rodzaju odpadów) przemnożyć przez współczynnik korekcyjny (tablica 3).

Tablica 2. Wartości parametru  $k$  w zależności od wielkości rocznych opadów atmosferycznych i rodzaju odpadów biodegradowalnych

Stała szybkości tworzenia metanu – $k$			
Roczny opad atmosferyczny	Odpady organiczne trudno biodegradowalne	Odpady organiczne średnio biodegradowalne	Odpady łatwo biodegradowalne
< 250 mm	0,01	0,01	0,03
> 250 do < 500 mm	0,01	0,02	0,05
> 500 do < 1000 mm	0,02	0,04	0,09
> 1000 do < 2000 mm	0,02	0,06	0,11
> 2000 do < 3000 mm	0,03	0,07	0,12
> 3000 mm	0,03	0,08	0,13

Źródło: [6]

Tablica 3. Współczynniki korekcyjne do wartości  $k$

Podział składowisk ze względu na warunki operacyjne	Mnożnik
Składowisko o dobrze zabezpieczonej wierzchowinie i skarpach. Niewielka ilość przesiąkających opadów (tzw. „składowisko suche”)	0,9
Składowisko z częściową infiltracją opadów lub częściową recyrkulacją odcieków do składowiska	1,0
Składowisko ze zraszaniem wodą lub odciekami (tzw. „składowisko – bioreaktor”)	1,1

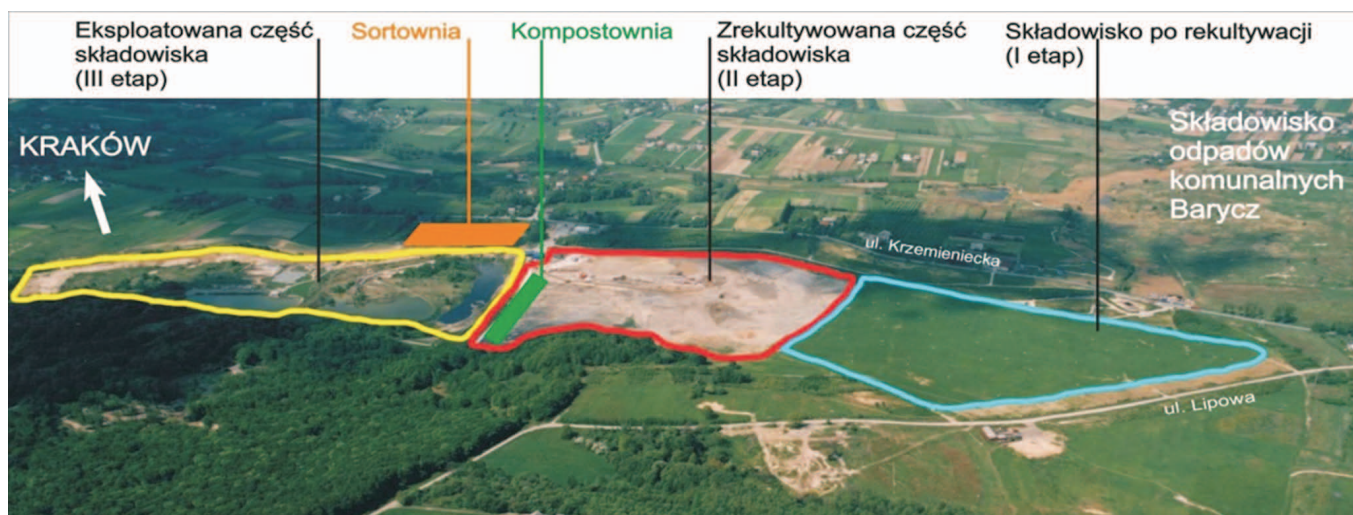
Źródło: [6]

### Badania wilgotności gazu składowiskowego

Obiektem, na którym przeprowadzono badania, było składowisko „Barycz”, które znajduje się około 20 km od centrum Krakowa. Powierzchnia składowiska wynosi około 36 hektarów i podzielona jest na trzy sektory (fotografia 1):

- sektor A (tzw. I etap), o powierzchni 12 hektarów – zrehabilitowany w roku 1992,

- sektor B (tzw. II etap), o powierzchni około 13 hektarów – zrehabilitowany w roku 2005,
- sektor C (tzw. III etap), o powierzchni około 11 hektarów – obecnie w fazie eksploatacji (deponowanie odpadów).  
Każdy sektor składowiska wyposażony jest w niezależnie działające instalacje odgazowania.



Fot. 1. Lokalizacja składowiska „Barycz” [8]

Sektor A (etap I), na którym instalacja została wykonana w roku 1994, posiada 41 studni odgazowujących, połączonych siecią rurociągów o średnicach 110 i 160 mm, którymi gaz przesyłany jest do kontenerowej stacji zbiorczej ST-Z1.

W sektorze B (etap II) wykonano w 1997 roku 12 studni oraz 8 rurociągów horyzontalnych odgazowujących składowisko. Te elementy instalacji zostały zasypane 10÷15 metrową warstwą odpadów. W roku 2005 przed rekultywacją i zamknięciem sektora B odwiercono 32 studnie odgazowujące, oznaczone numerami od V-47 do V-78. Studnie wykonano metodą wiercenia otworów o średnicy 0,6 m na głębokość od 9,0 do 12,0 m – zgodnie z projektem. Po odwierceniu w otworach wprowadzono centrycznie perforowane rury z PEHD, o średnicy  $d_n$  160 × 4,9 mm. Prześnienie między rurą a ścianami odwiertu wypełniono materiałem filtracyjnym. Wyprowadzoną ponad powierzchnię terenu nadfiltrowaną część rury wyposażono w głowicę odgazowania. Do głowicy podłączono rurę odprowadzającą gaz wraz z armaturą w postaci zasuw i elastycznego przewodu kompensacyjnego  $D_w$  125 mm o długości 1,0 m. Wokół studni w promieniu 5 m ułożono geomembranę z PEHD o grubości 1,0 mm, mającą stanowić zabezpieczenie przed zasysaniem powietrza do instalacji odgazowania. Głowice studni zabezpieczono przez ułożenie na podsypce piaskowej pierścienia odcciążającego  $\phi$  114/65 i umieszczenie na nim betonowego kręgu K-80/90. Od góry studnie zamknięto stalową pokrywą [1, 8].

Gaz z wszystkich studni odprowadzany jest rurociągami PE  $\phi$  63 mm do gazowej stacji zbiorczej (ST-Z2). Sumaryczna długość rurociągów odgazowania wynosi 9120 m. Stacja gazowa znajduje się w budynku usytuowanym w rejonie zaplecza składowiska. Przed wejściem do budynku stacji na rurociągach zainstalowano kompensatory PE/stal. Wewnątrz budynku rurociągi doprowadzają gaz do dwóch kolektorów zbiorczych  $\phi$  200 mm.

Sektor C (etap III) składowiska obecnie jest w fazie eksploatacji, która rozpoczęła się w sierpniu 2005 roku. W sektorze tym znajduje się 41 studni, z których gaz składowiskowy odprowadzany jest do punktów zbiorczych indywidualnymi rurociągami PE o średnicy 63 mm. Następnie czterema kolektorami o średnicy 110 mm gaz trafia do węzła zbiorczego W5 i dalej do gazowej stacji zbiorczej ST-Z2.

Gaz składowiskowy odbierany aktualnie z sektora B i C składowiska zasila 4 bloki energetyczne o łącznej mocy 1,3 MW<sub>e</sub>. Wytwarzana energia elektryczna wykorzystywana jest do zasilania urządzeń stanowiących wyposażenie kompostowni i stacji sortowania odpadów. Nadmiar energii elektrycznej jest sprzedawany i oddawany do sieci energetyki zawodowej. Wytwarzana energia cieplna wykorzystywana jest jedynie na cele grzewcze zaplecza składowiska [8].

Badania wilgotności gazu składowiskowego przeprowadzono na wybranych studniach w sektorze B (etap II) i sektorze C (etap III).

### Metoda wykonania badań i określenie mierzonych parametrów

Pomiary wydajności gazowej oraz wilgotności gazu wykonywane były przy zastosowaniu określonej procedury, która zapewniła wiarygodność uzyskanych wyników badań. Schemat przeprowadzenia procedury pomiarowej oraz cele wykonania poszczególnych czynności przedstawiono poniżej.

1. Zamknięcie w stacji ST-Z2 zaworów odcinających studnie przeznaczone do wykonania pomiarów. Cel: odłączenie studni od instalacji zbiorczej na okres 24 godzin.
2. Zamknięcie zaworu znajdującego się na trójniku odprowadzającym gaz z głowicy studni do instalacji.

Cel: odłączenie studni od instalacji zbiorczej na okres 24 godzin.

3. Otwarcie zaworu na króćcu pomiarowym studni (wypływ gazu do atmosfery). Czas otwarcia zaworu przed przystąpieniem do pomiarów wynosił 15 minut. Cel: stabilizacja parametrów pracy studni po odłączeniu jej od instalacji.
4. Wykonanie pomiarów w warunkach statycznych (wypływ gazu ze studni pod ciśnieniem złożowym), w ramach których przeprowadzono:

4.1. Pomiar składu gazu.

Skład gazu określono za pośrednictwem przenośnego analizatora GA-2000 Plus umożliwiającego pomiar stężenia takich składników jak: metan, ditlenek węgla oraz tlen. Celem badania składu gazu jest konieczność określenia fazy rozkładu substancji organicznej zdeponowanej na składowisku.

4.2. Pomiar strumienia objętości gazu wpływającego ze studni.

Do pomiaru strumienia objętości gazu wpływającego ze studni wykorzystano urządzenie składające się z rury PE o długości 2 m i średnicy wewnętrznej 90 mm. Dolną część rury, która miała bezpośredni kontakt ze studnią gazową, wyposażono w uszczelkę zapewniającą szczelność połączenia. Na wysokości 1,5 m od miejsca połączenia rury ze studnią zainstalowano anemometr firmy PROVA, typ AVM-07. W trakcie pomiarów ustalono średnią prędkość wypływu gazu ze studni. Określenia wielkości strumienia objętości gazu dokonano, stosując metodę obliczeniową w oparciu o równanie:

$$Q = v \cdot (\pi d^2) / 4 \cdot 3600$$

gdzie:

$Q$  – strumień objętości gazu [ $m^3/h$ ],

$V$  – prędkość gazu [ $m/s$ ],

$D$  – średnica wewnętrzna rury (0,09 m),

3600 – ilość sekund w godzinie [ $s/h$ ].

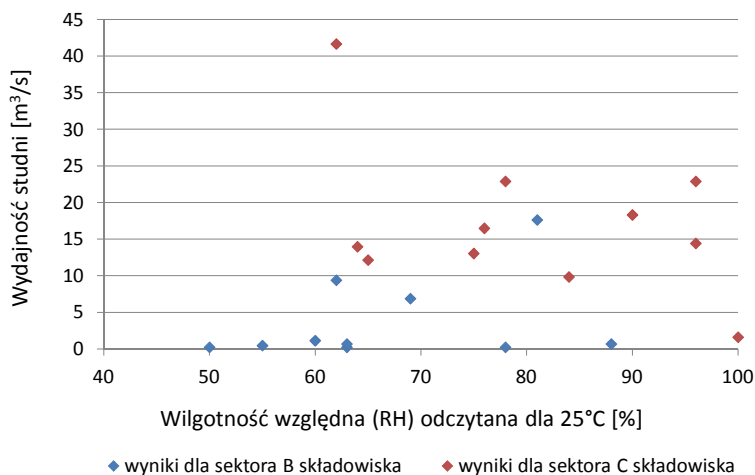
4.3. Pomiar wilgotności i temperatury wpływającego gazu.

Pomiar wilgotności względnej oraz temperatury wpływającego gazu wykonywano za

Tablica 4. Wyniki pomiarów dla studni zlokalizowanych w sektorach B oraz C składowiska

Nr studni	Wilgotność względna (RH)	Temperatura gazu	Prędkość przepływu	Wilgotność względna (RH) odczytana dla 25°C	Wydajność studni
	[% ± 2,0]	[°C ± 0,3]	[m/s ± 0,2]	[%]*	[m³/h]
Studnie zlokalizowane w sektorze B					
V-49	77,0	27,3	0,03	88	0,7
V-50	76,7	25,5	0,01	78	0,2
V-55	70,5	22,4	0,05	60	1,1
V-56	75,1	23,3	0,30	69	6,9
V-60	86,7	24,0	0,77	81	17,6
V-61	71,8	22,7	0,41	62	9,4
V-63	80,0	21,0	0,01	63	0,2
V-72	80,0	18,7	0,02	55	0,5
V-74	82,0	17,0	0,01	50	0,2
V-75	80,0	18,1	0,03	63	0,7
Studnie zlokalizowane w sektorze C					
16	75,0	25,8	1,00	78	22,9
17	73,4	22,1	1,82	62	41,7
19	75,0	22,5	0,61	64	14,0
20	71,3	23,5	0,53	65	12,1
21	100,0	23,4	0,80	90	18,3
22	100,0	24,4	0,63	96	14,4
23	100,0	24,4	1,00	96	22,9
24	88,3	27,7	0,07	100	1,6
25	83,0	23,4	0,72	76	16,5
26	100,0	20,5	0,57	75	13,0
28	100,0	22,3	0,43	84	9,8

\* Wartości odczytane przy pomocy wykresu h-x Molliera dla powietrza wilgotnego.



Rys. 1. Wyniki pomiarów produktywności gazowej w stosunku do wilgotności względnej gazu składowiskowego

pośrednictwem urządzenia HUMIPORT, umieszczonego w dolnej części rury służącej do pomiaru strumienia objętości gazu.

5. Zamknięcie zaworu króćca pomiarowego.
6. Otwarcie zaworu znajdującego się na trójniku odprowadzającym gaz z głowicy studni do instalacji.

7. Po zakończeniu całego cyklu pomiarowego – otwarcie w stacji ST-Z2 zaworów odcinających studnie przeznaczone do wykonania pomiarów.

Badania na wybranych studniach przeprowadzono zgodnie z procedurą zamieszczoną powyżej. Wyniki pomiarów przedstawiono w tablicy 4 oraz na wykresie 1.

### Analiza wyników badań

W celu porównania wyników pomiarów wilgotności względnej gazu składowiskowego założono, że zależność pomiędzy jego parametrami, tj. wilgotnością oraz temperaturą, jest zbliżona do tej, która zachodzi w powietrzu atmosferycznym. Dzięki temu uproszczeniu możliwe było wykorzystanie wykresu h-x Molliera dla powietrza wilgotnego do sprowadzenia wartości wilgotności względnej do poziomu 25°C – jednakowego dla wszystkich pomiarów.

Przedstawione w tablicy 4 oraz na wykresie 1 wyniki pokazują, że produktywność gazowa na obecnie eksploatowanym sektorze C jest znacznie wyższa niż w zrehabilitowanym w 2005 roku sektorze B. Jest to spowodowane bardziej zaawansowanym rozkładem części substancji organicznych w sektorze B, co przekłada się bezpośrednio na zmniejszenie ilości produkowanego gazu składowiskowego. Ze względu na wyraźne zmniejszenie się produktywności gazowej zrehabilitowanej części składowiska (sektor B) zasadny jest podział otrzymanych wyników na dwie grupy, tj. pochodzących z części eksploatowanej (sektor C) oraz z części

zrehabilitowanej (sektor B). Analizując uzyskane wyniki z tych sektorów, nie stwierdza się jednoznacznej zależności pomiędzy wilgotnością względną gazu składowiskowego a wydajnością poszczególnych studni.

W obu przypadkach istnieją znaczne rozbieżności w otrzymanych wynikach. W sektorze B podobną wydajność na poziomie 0,2 m<sup>3</sup>/h mają studnie nr V-50, V-63 oraz V-74, a wilgotność względna wypływającego z nich gazu waha się od 50 do 78%. Podobnie w przypadku zbliżonej wilgotności względnej gazu w studni V-61 (62%) i V-63 (63%) rozbieżność wydajności gazowej mieści się w zakresie od 0,2 do 9,4 m<sup>3</sup>/h. Analogiczna sytuacja ma miejsce wśród wyników otrzymanych w sektorze C składowiska, gdzie gaz wypływający ze studni nr 23 i 24 ma zbliżoną wilgotność względną (96 oraz 100%), natomiast wydajność tych studni wynosi odpowiednio: 22,9 m<sup>3</sup>/h i 1,6 m<sup>3</sup>/h. Z kolei dla studni (19, 22, 25, 26) o zbliżonej wydajności (13÷16,5 m<sup>3</sup>/h) wilgotność względna waha się w granicach od 64 do 96%.

### Wnioski

Poszukiwanie innego niż obecnie dostępne sposobu na określenie stałej szybkości tworzenia metanu  $k$  wydaje się jak najbardziej celowe, ze względu na znaczny wpływ tego parametru przy modelowaniu produktywności gazowej składowiska. Prawidłowe określenie tego wskaźnika w konsekwencji przekłada się na możliwość bardziej precyzyjnego doboru instalacji odgazowania złoża odpadów oraz instalacji wykorzystania gazu składowiskowego, np. poprzez zastosowanie agregatów prądotwórczych o odpowiednich parametrach.

Otrzymane w trakcie pomiarów wyniki badań wskazywać mogą na brak możliwości określania współczynnika  $k$  przy pomocy wilgotności względnej gazu składowiskowego.

Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że liczba przeprowadzonych pomiarów była niewielka, podobnie jak ilość obiektów, na których prowadzono badania, przez co mogą one nie odzwierciedlać w pełni rzeczywistej zależności pomiędzy tymi parametrami. Dodatkowo trzeba liczyć się także z możliwością wystąpienia błędów w pomiarach wydajności na poszczególnych studniach, w związku z uszkodzeniami mechanicznymi instalacji, pojawiającymi się w trakcie eksploatacji składowiska, a mogącymi mieć znaczny wpływ na wielkość strumienia wypływającego gazu. Każdy z tych czynników może być jednak częściowo wyeliminowany poprzez wykonanie dalszych badań na większej liczbie obiektów.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2014, nr 12, s. 938–944

Artykuł nadesłano do Redakcji 8.10.2014 r. Zatwierdzono do druku 31.10.2014 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Wpływ wilgotności złoża odpadów na oszacowanie produktywności gazowej składowisk* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 41/SN/14, nr archiwalny: DK-4100-41/14.

## Literatura

- [1] Dudek J., Klimek P., Flak K.: *Optymalizacja procesu wytwarzania energii odnawialnej na składowisku odpadów komunalnych Barycz w Krakowie – modernizacja stacji przesyłowej biogazu*. Nafta-Gaz 2011, nr 8, s. 568–571.
- [2] Dudek J.: *Wpływ odpadów biodegradowalnych na potencjał energetyczny składowiska*. Nafta-Gaz 2013, nr 12, s. 915–922.
- [3] Flak K., Krol T.: *Zespół obiektów ekologicznych Barycz – historia i współczesność*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Odpady w XXI wieku”, referat, Czarna 2009.
- [4] Klimek P.: *Heterogeniczność obszarowa produktywności gazowej złoża odpadów komunalnych*. Praca statutowa INiG. Kraków 2007.
- [5] Klink R., Ham R.: *Effects of moisture movement on methane production in solid waste landfill samples*. Resources and Conservation 1982, 8, pp. 29–41.
- [6] Ministry of Environment, British Columbia, *Landfill Gas Generation Assessment Procedure Guidelines*, August 2009, pp. 14–15.
- [7] United States Environmental Protection Agency, *Landfill Gas Emission Model (Landgem) User’s Guide*, <http://www.epa.gov/ttnecat1/dir1/landgem-v302-guide> (dostęp: 18.08.2014).
- [8] Zaleska-Bartosz J.: *Zunifikowana metodyka pomiarów składu i emisji biogazu w celu weryfikacji prognozy produktywności gazowej na składowiskach odpadów komunalnych*. Praca statutowa INiG. Kraków 2006.



Mgr inż. Grzegorz KOŁODZIEJAK  
Asystent w Zakładzie Ocen Środowiskowych.  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków  
E-mail: [grzegorz.kolodziejak@inig.pl](mailto:grzegorz.kolodziejak@inig.pl)



Mgr inż. Joanna ZALESKA-BARTOSZ  
Starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Ocen Środowiskowych.  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków  
E-mail: [zaleska-bartosz@inig.pl](mailto:zaleska-bartosz@inig.pl)

## OFERTA

### ZAKŁAD OCEN ŚRODOWISKOWYCH

Zakres działania:

- opracowanie raportów o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięć branży górnictwa nafty i gazu, gazownictwa i gospodarki odpadami;
- opracowanie raportów dotyczących emisji i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do powietrza z instalacji przemysłowych;
- prognozowanie produktywności gazowej składowisk odpadów komunalnych i ich weryfikacja poprzez testy aktywnego odgazowania;
- opracowanie koncepcji technologicznych instalacji do odgazowania składowisk i utylizacji biogazu wraz z doradztwem technicznym i oceną ekonomiczną energetycznego wykorzystania gazu;
- prowadzenie monitoringu oraz nadzór nad instalacjami odgazowania składowisk odpadów;
- prognozy emisji i rozprzestrzeniania się hałasu z instalacji przemysłowych;
- ocena zagrożeń powodowanych eksploatacją metanu (złoża węglowodorów, składowiska odpadów).



**Kierownik:** mgr inż. Joanna Zaleska-Bartosz  
**Adres:** ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków  
**Telefon:** 12 617-74-78  
**Fax:** 12 653-16-65  
**E-mail:** [zaleska-bartosz@inig.pl](mailto:zaleska-bartosz@inig.pl)

