

Jerzy Dudek, Piotr Klimek

*Instytut Nafty i Gazu, Kraków*

Krystyna Flak

*Miejskie Przedsiębiorstwo Oczyszczania Sp. z o.o., Kraków*

## Optimalizacja procesu wytwarzania energii odnawialnej na składowisku odpadów komunalnych „Barycz” w Krakowie – modernizacja stacji przesyłowej biogazu

### Wstęp

Składowiska odpadów komunalnych – w przeciwieństwie do funkcjonujących w przeszłości wysypisk – są obiektami spełniającymi wszelkie obecne standardy wyznaczane przez prawo, obowiązujące normy oraz najlepsze dostępne technologie. Spełnienie wysokich kryteriów dotyczących budowy składowisk umożliwia przede wszystkim odseparowanie masy zdeponowanych odpadów od środowiska naturalnego, poprzez tworzenie barier uniemożliwiających migrację gazów i cieczy do gruntu.

Rozwój technologii związanych z zagospodarowaniem i utylizacją odpadów nie zapewnia jednak pełnej kontroli nad procesem rozkładu zdeponowanej na składowisku substancji organicznej. W wyniku reakcji biochemicznych zachodzących w środowisku beztlenowym organiczne części odpadów rozkładane są do produktów ciekłych oraz gazowych (w skład których wchodzi przede wszystkim metan oraz ditlenek węgla). Ilość powstającej mieszaniny gazowej oraz jej właściwości fizykochemiczne (metan jest gazem palnym o wysokiej wartości energetycznej) wymuszają konieczność budowy instalacji odgazowującej składowisko, która ma za zadanie nie dopuścić do powstania zagrożenia wybuchem lub zapłonem metanu oraz zminimalizować jego emisję do atmosfery. Z jednej strony odgazowanie składowiska jest obowiązkiem

narzuconym przez prawo<sup>1</sup>, lecz z drugiej może stanowić niebagatelne źródło energii odnawialnej, gdyż – zgodnie z art. 3. pkt. 20 ustawy Prawo Energetyczne [2] cyt: „biogaz wysypiskowy” – należy do źródeł energii odnawialnej. Energia wytwarzana w źródłach odnawialnych pozwala na uzyskanie przez jej wytwórcę odpowiednich świadectw pochodzenia energii, a wynikające z nich zbywalne prawa majątkowe stanowią dodatkowe źródło przychodu. Powyższe uwarunkowania, umożliwiające wzrost rentowności inwestycji, były znaczącym impulsem, który pozwolił na uzyskanie w skali Polski 46 MW<sub>e</sub> zainstalowanej mocy<sup>2</sup> w projektach energetycznego wykorzystania gazu składowiskowego. Dlatego zagospodarowanie potencjału energetycznego w oparciu o obecnie pracujące instalacje wymaga ciągłej kontroli systemu odbioru gazu i – w uzasadnionych przypadkach – modernizacji istniejącej stacji do przesyłu biogazu.

<sup>1</sup> § 9. ust. 1 i 2 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów.

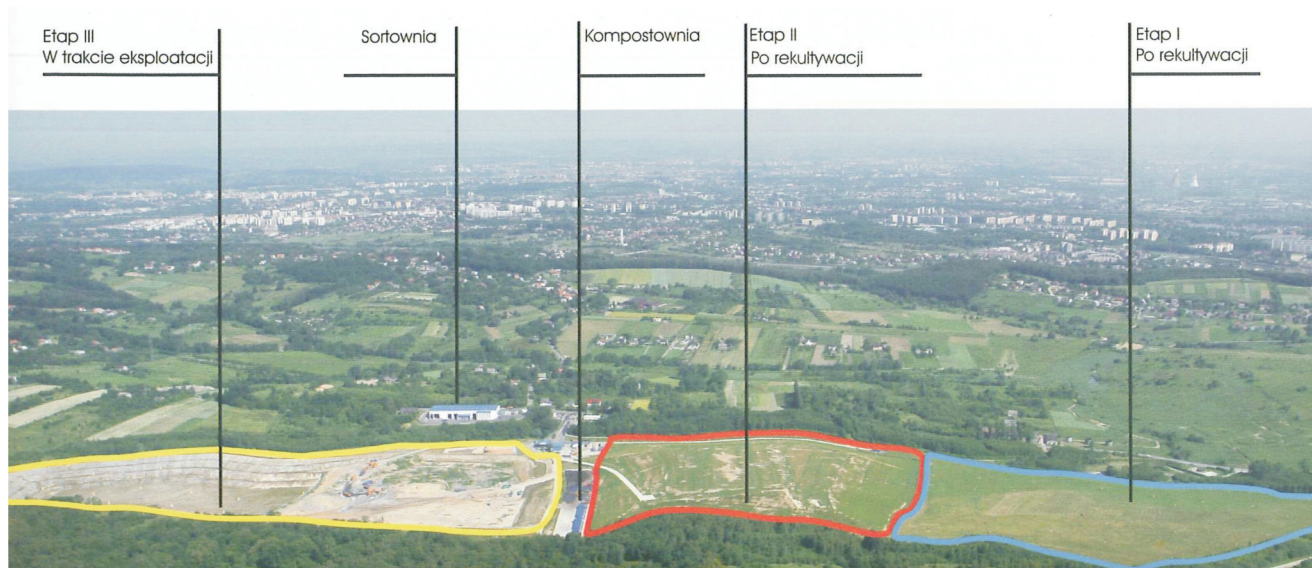
<sup>2</sup> <http://www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html>. Dane na dzień 31.12.2010 r.

## Charakterystyka składowiska

Składowisko odpadów komunalnych Barycz jest własnością Gminy Kraków i zostało powierzone do eksploatacji Miejskiemu Przedsiębiorstwu Oczyszczania Sp. z o.o. Na terenie składowiska zlokalizowano sortownię odpadów i kompostownię, a także wybudowano instalacje odgazowania złoża odpadów oraz wykorzystania pozyskiwanego biogazu do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Część składowiska, w której deponowane są odpady zajmuje powierzchnię 36 ha (rysunek 1). Prowadzoną etapami eksploatację tego składowiska rozpoczęto w 1974 roku. W trakcie I i II etapu, które obejmowały powierzchnię 25 ha, w roku 1994 wybudowano pierwszą w Polsce instalację odgazowania składowiska i spalania gazu w zamkniętej pochodni, a w 1998 roku uruchomiono

pierwszy blok energetyczny, o mocy 250 kW. W następnych latach instalacje odgazowania składowiska oraz energetycznego wykorzystania biogazu były stale modernizowane i rozbudowywane.

Odgazowanie prowadzone jest poprzez sieć studni, połączonych rurociągami zbiorczymi, które doprowadzają biogaz do bloków energetycznych o mocy: dwa po 250 kW i po jednym o mocy 375 kW i 469 kW. Kontenerowe bloki energetyczne są bezobsługowe i całkowicie zautomatyzowane. Uzyskana z biogazu energia cieplna i elektryczna wykorzystywana jest w kompostowni, sortowni oraz w budynkach zaplecza technicznego składowiska, a nadwyżki energii elektrycznej oddawane są do sieci energetycznej.



Rys. 1. Sektory na składowisku odpadów komunalnych Barycz [3]

## Modernizacja stacji przesyłowej biogazu

Podstawowym elementem instalacji odgazowującej jest stacja przesyłowa, do której biogaz doprowadzany jest rurociągami ze zlokalizowanych na składowisku studni.

Stacja przesyłowa biogazu ma za zadanie:

- podciśnieniowy odbiór gazu z masy odpadów,
- usunięcie zanieczyszczeń stwarzających zagrożenia w prawidłowej pracy bloków energetycznych lub innych urządzeń służących utylizacji biogazu,
- utrzymywanie wymaganych parametrów fizykochemicznych transportowanego gazu,
- transport gazu do bloków energetycznych i/lub do pochodni.

Pierwotnie stacja przesyłowa biogazu na składowisku Barycz zlokalizowana była na granicy pierwszego oraz drugiego etapu składowiska. Jej początkowa wydajność wynosiła 250 m<sup>3</sup>/h, co zapewniało prawidłowe odgazowanie pierwszego etapu składowiska. Podstawowymi elementami wykonanej w zabudowie kontenerowej stacji były:

- dmuchawa Roots'a, o wydajności 250 m<sup>3</sup>/h,
- separatory cieczy i wilgoci, wykonane w postaci zbiorników ze stali nierdzewnej,
- aparatura kontrolno-pomiarowa.

Rozpoczęcie eksploatacji drugiego etapu składowiska, wzrost ilości zdeponowanych odpadów oraz zakup

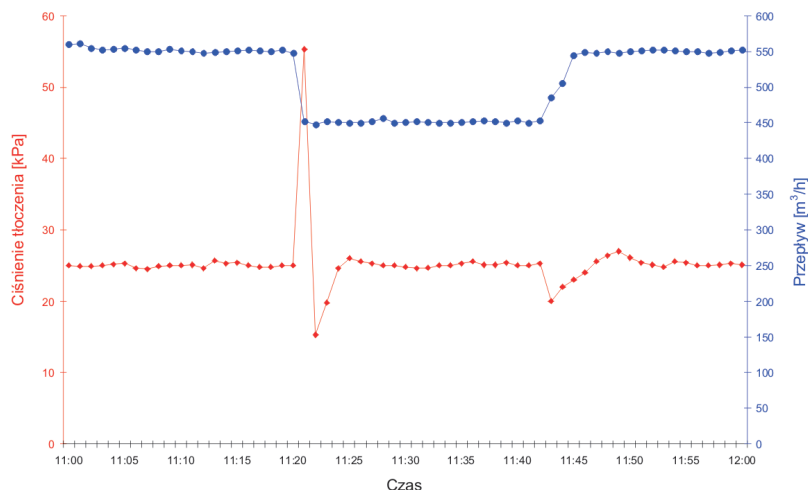
kolejnych bloków energetycznych wymusiły pierwszą modernizację stacji przesyłu biogazu. Modernizacja ta polegała na wyposażeniu stacji w dodatkową dmuchawę o wydajności 500 m<sup>3</sup>/h.

W grudniu 2010 roku na składowisku Barycz przeprowadzono najistotniejszą modernizację układu przesyłu biogazu – zainstalowano nową stację przesyłową o wydajności 1000 m<sup>3</sup>/h oraz przebudowano system przyłączy, aby zapewnić możliwość wykorzystania „starej” stacji przesyłowej biogazu podczas prowadzenia prac konserwacyjnych lub w przypadku awarii nowo wybudowanego obiektu. Nową stację przesyłową zlokalizowano w pobliżu bloków energetycznych (pomiędzy drugim i trzecim etapem składowiska). Stacja przesyłowa działa w sposób automatyczny, a parametry jej pracy są kontrolowane za pośrednictwem systemu komputerowego. Do podstawowych parametrów charakteryzujących ten obiekt należą:

- 1) nominalna wydajność na poziomie 1000 m<sup>3</sup>/h,  
Wydajność stacji jest regulowana automatycznie za pośrednictwem dwóch ciągów tłoczno-ssących o wydajności 500 m<sup>3</sup>/h każdy i jest uzależniona od aktualnego poboru biogazu przez bloki energetyczne.
- 2) minimalne ciśnienie ssania wynoszące -40 kPa,  
Wartość ciśnienia ustalana jest w zależności od warunków panujących w złożu odpadów oraz od wymaganej w danym momencie przez bloki energetyczne ilości gazu.
- 3) maksymalne cieniowanie tłoczenia +40 kPa,  
Stacja umożliwia tłoczenie gazu przy ciśnieniu na poziomie +40 kPa, jednak obecnie pracuje z optymalną wartością +25 kPa.
- 4) maksymalna temperatura gazu po stronie tłoczenia mieści się w zakresie 40÷45°C,  
Utrzymanie reżimu temperaturowego jest możliwe dzięki zastosowaniu dwustopniowego systemu chłodzenia gazu, realizowanego za pośrednictwem chłodnic wentylatorowych.

- 5) niska wilgotność transportowanego biogazu,  
Wilgotność gazu utrzymywana jest na relatywnie niskim poziomie za pośrednictwem odwadniacza z elementem filtracyjnym (pełniącym również rolę odmgławiacza) oraz przy pomocy chłodnic wentylatorowych, które obniżając temperaturę gazu powodują wykraplanie pary wodnej.

Stacja od momentu uruchomienia pracuje w sposób ciągły. Zastosowany układ regulacji oraz prawidłowo dobrane nastawy parametrów regulacyjnych pozwalają na elastyczną pracę wszystkich czterech bloków energetycznych. W przypadkach awaryjnego lub planowanego wyłączenia bloków energetycznych (jednego, dwóch lub trzech) system regulacyjny dynamicznie dostosowuje ilość transportowanego gazu. Na rysunku 2 przedstawiono wykres sporządzony na podstawie danych zapisywanych w sposób ciągły przez rejestrator, stanowiący podstawowe wyposażenie stacji przesyłowej biogazu. Na wykresie przedstawiono zdarzenie związane z awaryjnym wyłączeniem jednego z bloków energetycznych i redukcją mocy układu o wartość 200 kW. Nagłe zmniejszenie zapotrzebowania na gaz o około 100 m<sup>3</sup>/h spowodowało gwałtowny wzrost ciśnienia – z wartości roboczej wynoszącej +25 kPa do około +55 kPa – nie spowodowało jednak wyłączenia pozostałych bloków, zabezpieczonych dodatkowym systemem regulacyjnym. Ich praca wymusiła na układzie regulacyjnym stacji przesyłowej biogazu dostosowanie przepływu do aktualnie występujących warunków (450 m<sup>3</sup>/h) i uzyskanie wymaganego ciśnienia +25 kPa. Analizując wykres należy zwrócić uwagę na moment ponownego uruchomienia bloku energetycznego, który uprzednio wyłączył się awaryjnie. Rozruch nie spowodował znacznego spadku ciśnienia i nie zakłócił pracy pozostałych bloków energetycznych.



Rys. 2. Charakterystyka pracy stacji przesyłowej biogazu (wybrane parametry)

## Optimalizacja procesu wytwarzania energii na składowisku

Prawidłowe prowadzenie procesu wytwarzania energii z gazu składowiskowego sprowadza się z jednej strony do kontroli odbioru gazu ze składowiska, a drugiej – do elastycznego reagowania na wymagania związane z bieżącą pracą bloków energetycznych.

W wielu przypadkach, w celu osiągnięcia maksymalnego zysku ze sprzedaży energii odbiór gazu ze składowiska prowadzony jest z maksymalną intensywnością. Takie działanie prowadzi jednak do uzyskania wysokiego podciśnienia w strefach podpowierzchniowych i przyodwiertowych – co powoduje infiltrację powietrza do wnętrza odpadów i sukcesywne zatrzymywanie procesu metanogenezy. Kontrola prawidłowego odbioru gazu ze składowiska powinna być prowadzona w sposób ciągły, poprzez monitorowanie zbiorczego składu gazu w stacji przesyłowej lub w blokach energetycznych. Skład gazu należy również kontrolować bezpośrednio na głowicach

studni odgazowujących, w celu uzyskania informacji o parametrach pracy każdej z nich.

Opisane powyżej elementy, które należy brać pod uwagę w trakcie optymalizacji procesu wytwarzania energii z gazu składowiskowego dotyczą warunków odbioru biogazu – część ssawna. Bardzo istotnym elementem jest także regulacja dostaw gazu do bloków energetycznych po stronie tłocznej. Prawidłowo zaprojektowany system przesyłu musi dostarczyć optymalną ilość gazu do układu wytwarzania energii oraz zapewnić stabilną pracę tego układu podczas zakłóceń, wynikających z wyłączeń poszczególnych bloków.

Przeprowadzone testy wykazały, że zastosowane w nowej stacji przesyłowej biogazu na składowisku „Barycz” układy do automatycznej regulacji parametrów pracy zapewniają stabilne działanie instalacji odgazowania oraz optymalne wykorzystanie biogazu do produkcji energii odnawialnej.

### Podsumowanie

Modernizacja stacji przesyłowej biogazu na składowisku odpadów komunalnych „Barycz” zapewniła dostawę paliwa do bloków energetycznych o szacunkowej mocy 2 MW. Dalsze składowanie odpadów na trzecim etapie składowiska umożliwi wykorzystanie nominalnej przepustowości stacji przesyłowej – w ilości 1000 m<sup>3</sup>/h

biogazu. Obecnie, przy pracujących wszystkich czterech blokach energetycznych instalacja posiada moc 1,34 MW. W przypadku prawidłowo przebiegającego procesu metanogenezy na trzecim etapie składowiska, istnieje możliwość rozbudowy instalacji do energetycznego wykorzystania biogazu o kolejny blok energetyczny.

Artykuł nadesłano do Redakcji 7.03.2011 r. Przyjęto do druku 28.04.2011 r.

Recenzent: dr inż. Andrzej Froński, prof INiG

### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów.
- [2] Ustawa Prawo Energetyczne, Dz.U. z 1997 r. Nr 54, poz. 348 z późn. zm.
- [3] [www.mpo.krakow.pl](http://www.mpo.krakow.pl)
- [4] [www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl)



Mgr inż. Piotr KLIMEK – asystent w Zakładzie Technologii Energii Odnawialnych INiG. Absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej oraz Wydziału Zarządzania AGH w Krakowie. Zajmuje się problematyką energetycznego wykorzystania biogazu, w tym aspektami ekonomicznymi. Od 2004 roku bierze czynny udział w realizacji międzynarodowych projektów badawczych.



Mgr inż. Jerzy DUDEK – absolwent AGH w Krakowie, Wydział Wiertniczo-Naftowy. Kierownik Zakładu Technologii Energii Odnawialnych Instytutu Nafty i Gazu. Obecnie zajmuje się realizacją prac badawczych związanych z produkcją energii ze źródeł odnawialnych.



Mgr inż. Krystyna FLAK – absolwentka Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach w specjalności inżynieria chemiczna. Od roku 1994 pracuje w Miejskim Przedsiębiorstwie Oczyszczania Spółka z o.o. w Krakowie na stanowisku Zastępcy Dyrektora Eksploatacyjnego ds. Gospodarki Odpadami.