

Iwona Kinga PISZCZATOWSKA\*

## **PRODUKCJA BIOGAZU ZE ŚCIEKÓW**

Produkcja biogazu w ostatnich latach cieszy się coraz większą popularnością. Powstaje coraz liczniejsza ilość biogazowni budowanych przy oczyszczalniach ścieków. Powodowane jest to zarówno docenianiem ich pozytywnego znaczenia dla środowiska jak i korzyściami ekonomicznymi. W artykule opisano doświadczenia „Wodociągów Białostockich” Sp. z o.o. oczyszczających ścieki komunalne dopływające poprzez system kanalizacji rozdzielczej i ogólnospławnej. Dodatkowym produktem fermentacji metanowej, której poddawany jest osad ściekowy, jest biogaz, cenne paliwo gazowe, źródło energii odnawialnej.

### **1. ZBIORNIKI BIOGAZU**

Białostocka oczyszczalnia ścieków oddana do użytku na początku lat dziewięćdziesiątych, zaprojektowana i zrealizowana została w oparciu o technologię osadu czynnego dla przepustowości 176500 m<sup>3</sup>/dobę. W wyniku modernizacji przeprowadzonej pod kątem usuwania związków biogenych przepustowość oczyszczalni została obniżona do 100000 m<sup>3</sup>/dobę. Aktualnie do oczyszczalni dopływają ścieki komunalne w ilości ogólnej około 60000 m<sup>3</sup>/d, z czego tylko 20% stanowią ścieki przemysłowe. Podczas oczyszczania ścieków powstają duże ilości osadów ściekowych. Jednym z etapów ich przeróbki jest fermentacja metanowa, której produktem ubocznym jest biogaz, cenne paliwo gazowe, źródło energii odnawialnej. Biogaz wytwarzany w komorach fermentacyjnych odprowadzany jest instalacją gazową i magazynowany w zbiornikach. Zbiorniki biogazu służą do magazynowania biogazu wytworzonego w procesie fermentacji. Powinny to być zbiorniki niskociśnieniowe, wykonane z materiałów metalowych, żelbetowych lub specjalnych elastycznych tworzyw sztucznych. Zasadniczo wśród zbior-

---

\* Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Systemów Inżynierii Środowiska, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, ipiszczatowska@wobi.pl.

ników wyróżnia się dwa podstawowe typy mokre oraz suche. Zbiorniki mokre są najtańszym rozwiązaniem technologicznym, montuje się je bezpośrednio nad komorą fermentacyjną. Zbiorniki suche natomiast stanowią oddzielną instalację. Montowane są najczęściej w pobliżu komór fermentacyjnych. W zależności od potrzeb mogą mieć dowolny kształt i wielkość oraz być zbudowane z tworzywa sztucznego lub gumy [2].



Rys. 1. Wydzielone komory fermentacyjne białostockiej oczyszczalni ścieków

W 2015 roku na terenie białostockiej oczyszczalni ścieków przeprowadzona została modernizacja zbiorników biogazu. W celu maksymalnego wykorzystania całej ilości generowanego płynnego paliwa zaistniała potrzeba zwiększenia jego retencji w nowym zbiorniku. Stary zbiornik [4], stalowy z uszczelnieniem wodnym, o pojemności 3000 m<sup>3</sup> zastąpiony został nowym, sferycznym zbiornikiem gazu.

Sferyczne zbiorniki do przechowywania biogazu należą do suchego typu zbiorników i mogą mieć kształt 1/2 lub 3/4 sfery. Wykonywane są ze specjalnych powłok poliestrowych pokrytych materiałem PVC w postaci najczęściej dwu- lub trzymembranowej.

Zbiorniki te mogą mieć objętość od 10000 do 19000 m<sup>3</sup>, średnicę od 3 do 30 m, a wysokość do 20 m. Ważnym czynnikiem przy przechowywaniu biogazu w zbiornikach jest utrzymanie właściwego ciśnienia w przestrzeni międzymembranowej. W tym celu wykorzystuje się wentylatory, które w sposób ciągły wdmuchują powietrze do przestrzeni między dwiema membranami, z jednoczesną regulacją jego odpływu. Wytworzone w ten sposób nadciśnienie służy regulacji i stabilizacji ciśnienia gazu w zbiorniku [6]. Biogaz doprowadzany i odprowadzany jest przez rurociąg, wykonany ze stali kwasoodpornej. Ilość biogazu wypełniającego zbiornik regulowana jest za pomocą sondy ultradźwiękowej umieszczonej na szczycie zbiornika lub za pomocą przepływomierza.



Rys. 2. Zbiornik gazu stalowy z uszczelnieniem wodnym w białostockiej oczyszczalni ścieków

W białostockiej oczyszczalni ścieków na potrzeby zrównoważonego funkcjonowania instalacji biogazu zainstalowano zbiornik systemu SATTLER, typu B9 130/250

o pojemności 5360 m<sup>3</sup>, nadciśnieniu 15 milibarów, powłokowy, standardowy, posiadający europejski certyfikat CE, o średnicy ok. 24 m oraz wysokości ok. 18 m [1]. Zbiornik biogazu składa się z trzech powłok, posadowionych na żelbetowym fundamencie, przytwierdzonych stalowymi pierścieniami na jednym obwodzie. Elastyczna powłoka wewnętrzna ma formę pojemnika i tworzy przestrzeń gazową zmieniającą swoją pojemność. Przestrzeń pomiędzy powłoką zewnętrzną a wewnętrzną wypełniona jest powietrzem. Stabilne nadciśnienie biogazu w zbiorniku oraz stałość zbiornika jako bryły zapewniają dmuchawy dostarczające ciągły i stabilny nadmuch powietrza oraz upust regulowany zaworem klapowym. Bezpiecznik cieczowy przestrzeni gazowej zabezpiecza wewnętrzny zbiornik przed nadmiernym wzrostem ciśnienia. Poprzez wewnętrzne ciśnienie wytwarzane przez dmuchawę zapewniona jest stabilność powłoki zewnętrznej narażonej na działanie sił zewnętrznych od warunków atmosferycznych, wiatru, śniegu i deszczu oraz przestrzeni powietrznej na przestrzeń gazową. Jeżeli natężenie dopływu jest większe od poboru gazu, to przestrzeń gazowa wypełnia się. Membranowe zbiorniki gazu są przystosowane do przechowywania mediów gazowych takich jak powietrze, biogaz i inne gazy.



Rys. 3. Sferyczny zbiornik gazu w białostockiej oczyszczalni ścieków

Dodatkowo dobudowano węzeł rozdzielczo-pomiarowy. Obiekt taki budowany jest w celu umieszczenia dmuchaw, filtrów, zaworów redukcyjnych oraz pozostałej armatury w sposób komfortowy i bezpieczny dla obsługi. Węzeł taki umożliwił synchronizację instalacji istniejącej z dobudowaną oraz eksploatację wyłącznie jednego zbiornika lub obydwu jednocześnie.

Do monitorowania procesu zastosowano system CCTV z kamerami IP 3Mpx z zasilaniem POE. Cztery kamery zostały zainstalowane na słupach oświetlenia terenu. Obraz z kamer przekazywany jest do dyspozytorni oczyszczalni ścieków, gdzie prowadzony jest stały monitoring wszystkich procesów.



Rys. 4. Obraz z kamer na monitorze w dyspozytorni białostockiej oczyszczalni ścieków

## 2. PRODUKCJA BIOGAZU I ENERGII

### 2.1. BIOGAZ ZE ŚCIEKÓW

Osad odbierany ze ścieków w osadnikach wstępnych oczyszczalni ścieków określany jest jako osad surowy. W zależności od ilości przyjmowanych ścieków oraz ładunku, ilość wytwarzanych osadów surowych waha się od 2300 m<sup>3</sup>/dobę do 3000 m<sup>3</sup>/dobę o zawartości suchej masy od 2,5% do 3%. Osad pompowany jest do zagęszczaczy grawitacyjnych celem jego zagęszczenia od około 5% do 10% suchej masy. Osad surowy bardzo dobrze zagęszcza się grawitacyjnie. Produkowany jest także osad nadmierny. Jest to osad czynny produkowany podczas biologicznego oczyszczania ścieków. Zagęszczany jest on na zagęszczarkach taśmowych przy współdziałaniu flokulantów. Osad odwadnia się na taśmie do około 5% suchej masy. Produkcja jego wynosi około 240 m<sup>3</sup>/dobę. Zagęszczony osad surowy i osad nadmierny mieszany jest w pompowni II stopnia i pompowany do czterech Wydzielonych Komór Fermentacyjnych o pojemności 7300 m<sup>3</sup> każda. Dzienna podaż osadu wynosi od 150 do 180 m<sup>3</sup> do każdej komory.

Osad po fermentacji w ilości 600–720 m<sup>3</sup>/dobę transportowany jest z WKF do uśredniaczy, celem jego odgazowania i wystudzenia. Następnie jest odwadniany na prasach taśmowych do około 20% suchej masy. Ilość osadu odwodnionego wynosi około 100 Mg/ dobę, co w przeciągu roku daje 36500 Mg osadu. Węzeł fermentacji osadów jest obciążony w około 70%. Aktualnie czas zatrzymania w zbiornikach fermentacyjnych wynosi 40 dni. Minimalny czas fermentacji wynosi 21 dni. Związki siarki wiążą się używając koagulantu już na etapie wstępnego oczyszczania ścieków, w osadnikach wstępnych. Dzięki temu nie ulegają one dalszym przemianom w czasie fermentacji do siarkowodoru. Skład biogazu [3] umożliwia dostarczanie biogazu ze zbiornika do odbiorników bez konieczności jego odsiarczania. Norma ustawień dla agregatów pracujących w białostockiej oczyszczalni ścieków wynosi do 400 mg/m<sup>3</sup> siarkowodoru.

Tabela 1. Skład biogazu z białostockiej oczyszczalni ścieków

Stężenie					
Metan	Dwutlenek węgla	Tlen	Azot	Siarkowodór	Amoniak
%	%	%	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
61,525	38,269	0,032	0,155	278	0,12



Tabela 2. Parametry fizyczne i energetyczne biogazu z białostockiej oczyszczalni ścieków

Ciśnienie	Temperatura	Wilgotność względna ( $\varphi$ )	Zawartość wilgoci	Gęstość ( $\rho$ )	Gęstość względna ( $d$ )	Ciepło spalania ( $H_0$ )	Wartość opałowa ( $H$ )	Liczba Wobego ( $W$ )	Liczba Wobego ( $W_1$ )
Pa	K	%	g/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	-	kJ/m <sup>3</sup>	kJ/m <sup>3</sup>	kJ/m <sup>3</sup>	kJ/m <sup>3</sup>
3120	296	92,3	20,4	1,2	0,928	24569	22089	25500	22926

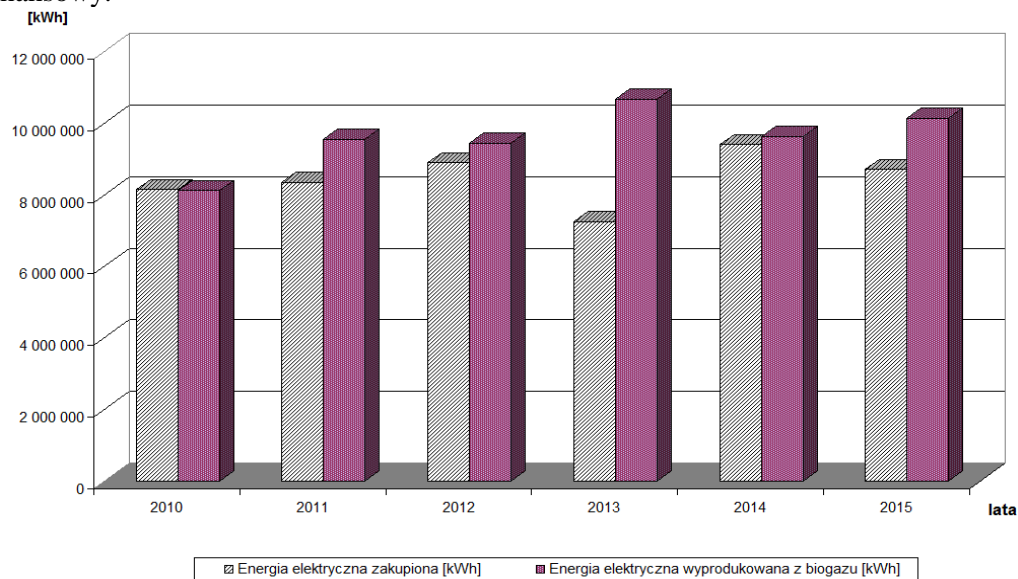
## 2.2. ENERGIA Z BIOGAZU

W kolejnym etapie procesu biogaz wykorzystywany jest do produkcji energii elektrycznej i ciepła w agregatach kogeneracyjnych stanowiących dodatkowe, niezależne źródło zasilania oczyszczalni. Służy także do podgrzewania oleju grzewczego w suszarni osadów, a także do ogrzewania komór fermentacyjnych i budynków na terenie oczyszczalni ścieków z lokalnej kotłowni stanowiącej szczytowe i rezerwowe źródło ciepła w układzie ciepłowniczym. Nadmiar biogazu awaryjnie spalany jest w istniejącej pochodni [5].

Tabela 3. Udział energii z biogazu w całkowitym zużyciu energii w firmie

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Energia elektryczna zakupiona [kWh]	20 198 602	21 107 774	21 204 954	19 348 062	21 405 965	19 937 776
Energia elektryczna wyprodukowana z biogazu [kWh]	8 113 656	9 553 982	9 436 150	10 669 734	9 619 484	10 141 294
Zużycie całkowite energii elektrycznej [kWh]	28 312 258	30 661 756	30 641 104	30 017 796	31 025 449	30 079 070
Udział energii zielonej w całkowitym zużyciu [%]	28,7	31,2	30,8	35,6	31,0	33,7

Energia wyprodukowana z biogazu wykorzystywana jest na potrzeby własne oczyszczalni zaspokajając je w ponad 50%. Wykorzystywanie biogazu zmniejsza zużycie energii zakupionej, surowców konwencjonalnych oraz emisję zanieczyszczeń do atmosfery. Zielona energia wyprodukowana z biogazu jest energią czystą, nie obciąża środowiska naturalnego w takim stopniu jak wyprodukowana z paliw konwencjonalnych. Dodatkowo wpływa na ekonomikę firmy poprawiając bilans energetyczny i finansowy.



Rys. 5. Zużycie energii w białostockiej oczyszczalni ścieków kupiona/wyprodukowanej

### 3. PODSUMOWANIE

Zagospodarowanie osadów ściekowych jest integralnym elementem procesu oczyszczania ścieków. Fermentacja metanowa jest racjonalnym sposobem poprawy ich parametrów jakościowych, przynosząc dodatkowo efekt w postaci ciepła oraz energii elektrycznej generowanej w agregatach kogeneracyjnych. Zielona energia wyprodukowana z biogazu jest energią czystą, przyjazną środowisku naturalnemu. Poprawia bilans energetyczny i finansowy firmy, wpływa na jej ekonomikę. Rozwijając procesy związane z odnawialnymi źródłami energii można pozyskać dodatkowe środki finansowa na ich budowę, rozbudowie i modernizację z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska.



Tabela 4. Udział energii z biogazu w stosunku do energii zużytej w oczyszczalni ścieków

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Energia elektryczna zakupiona na potrzeby oczyszczalni [kWh]	8 144 514	8 339 039	8 892 577	7 243 152	9 397 459	8 707 676
Średnia miesięczna zakupionej energii elektrycznej na potrzeby oczyszczalni [kWh]	678 710	694 920	741 048	603 596	783 122	725 640
Energia elektryczna wyprodukowana z biogazu [kWh]	8 113 656	9 553 982	9 436 150	10 669 734	9 619 484	10 141 294
Średnia miesięczna energii wyprodukowanej z biogazu [kWh]	676 138	796 165	786 346	889 145	801 624	845 108
Całkowite zużycie energii elektrycznej w oczyszczalni [kWh]	16 258 170	17 893 021	18 328 727	17 912 886	19 016 943	18 848 970
Średnia miesięczna zużytej energii [kWh]	1 354 848	1 491 085	1 527 394	1 492 741	1 584 745	1 570 748
Udział energii zielonej w całkowitym zużyciu energii na oczyszczalni [%]	49,9%	53,4%	51,5%	59,6%	50,6%	53,8%

## LITERATURA

- [1] BALA W., KASPURA J., *Projekt budowlany*, BiP W.Bala, J.Kaspura s.j, Świdnica 2015.
- [2] FLESZAR J., KALINOWSKA K., *Rodzaje zbiorników do magazynowania biogazu stosowanych w biogazowniach*, [w:] Technika Rolnicza, ogrodnicza, leśna, Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, No. 2, Poznań 2013.

- [3] GAJ K., CYBULSKA H., KNOP F., ROBASZKIEWICZ J., STEININGER M., SOKALSKA G., *Raport – Sprawozdanie z badań biogazu powstającego w komorach fermentacyjnych Białostockiej Oczyszczalni Ścieków*, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wrocławska 2009.
- [4] KRĘGIEL J., *Program funkcjonalno-użytkowy*, BPBK, Wrocław 2014.
- [5] PAWEŁKO M., RUSIŁOWICZ J., JASTRZĘBSKI K., PIEKUTOWSKI H., KORZONEK E., PISZCZATOWSKA I., DĄBROWSKI M., *Koncepcja optymalizacji procesów w zakresie: odbioru ścieków na stacji zlewnej, odbioru skratek oraz osadów pościekowych, w tym w formie granulatu GRANBIAL*, Wodociągi Białostockie Sp. z o.o., Białystok 2014.
- [6] Zbiorniki biogazu. Dwumembranowy SGTc-dm, SiGa-tech. Sludge & biogas system (<http://www.sigatech.pl>).

### SEWAGE IN BIOGAS PRODUCTION

Biogas production has increased significantly in latest years. There are greatest amounts of biogas plants build with sewage treatment plants. It is caused not only by their positive influence on environment but also economical benefits. Following article depicts the experiences of "Wodociągi Białostockie" Sp. z.o.o. purifying domestic sewage flowing in through the sewer system. Additional product of fermented sewage sludge is biogas -a valuable fuel gas and renewable energy source.