

Dariusz Bocheński,
Przedsiębiorstwo Oczyszczania Ścieków Gubin-Guben
Sylvia Myszograj,
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

Czysta energia z biogazu, słońca i zasobów geotermalnych drogą do niezależności energetycznej Oczyszczalni Ścieków w Gubinie

W ostatnich latach efektywność energetyczna w branży wodno-ściekowej zyskuje coraz bardziej na znaczeniu, ponieważ oczyszczalnie ścieków odpowiedzialne są za blisko 35% zużycia energii ze wszystkich obiektów komunalnych [1]. Odprowadzanie ścieków oczyszczonych do odbiorników zgodnie z obowiązującymi wymaganiami prawnymi wymusza stosowanie efektywnych technologii usuwania zanieczyszczeń i procesów przeróbki osadów ściekowych.

Optymalna praca oczyszczalni ścieków wymaga dostarczenia energii elektrycznej, niezbędnej do prowadzenia procesów technologicznych, jak i do transportu ścieków. Największe zapotrzebowanie na energię elektryczną jest związane z biologicznym oczyszczaniem ścieków, np. w systemach z osadem czynnym zużycie energii elektrycznej do napowietrzania bioreaktorów kształtuje się na poziomie 50÷60% [2, 3]. Kolejne około 35% to zużycie energii elektrycznej w procesach przeróbki osadów ściekowych.

Generowane koszty, przekładają się na cenę za odbiór i oczyszczanie ścieków [4]. Uzasadniona jest więc optymalizacja techniczno-ekonomiczna procesów oczyszczania ścieków przez zmniejszenie wskaźników zużycia energii elektrycznej. Jednak ograniczenie energochłonności procesów możliwe jest w pewnych granicach. Niezbędne jest więc, poza racjonalizacją zużycia, poszukiwanie innych metod pozyskiwania energii. Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu, a jednocześnie obniżenia emisji szkodliwych

produktów spalania oraz zwolnienia tempa zużywania zasobów paliw kopalnych jest wykorzystanie „czystych” technologii pozyskiwania energii, a w szczególności tzw. „odnawialnych” źródeł energii. Odnawialne źródło energii to źródło wykorzystujące w procesie przetwarzania energię wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalną, fal, prądów i pływów morskich, spadku rzek oraz energię pozyskiwaną z biomasy, biogazu składowiskowego, czy powstającego w procesie fermentacji metanowej osadów ściekowych.

■ Oczyszczalnia ścieków Gubin-Guben

2 maja 1998 r. nastąpiło uroczyste otwarcie wspólnej polsko-niemieckiej oczyszczalni ścieków w Gubinie - pilotowego projektu w tej dziedzinie i jak dotąd jedyne w swojej formie na granicy polsko-niemieckiej. Widok na obiekty oczyszczalni ścieków przedstawiono na fot. 1.

Oczyszczalnia ścieków Gubin-Guben jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną zaprojektowaną na 90 000 RLM i przepływ średni dobowy 12 000 m³/d. Niestety zmiany polityczno-społeczne w obu krajach wpłynęły na strukturę zaludnienia w miastach Gubin i Guben. W konsekwencji maksymalne obciążenie hydrauliczne oczyszczalni ścieków jakie uzyskano wynosiło 70% w 2010 r. Średnio w ostatnich latach parametr ten wynosił ok. 60%, a w 2019 r. 48% (rys. 1). W 2019 r. do oczyszczalni dopływały ścieki w ilości średnio: z Guben - 3360 m³/d, a z Gubina - 3065 m³/d.

Powstające w procesie oczyszczania ścieków osady wstępne i nadmierne po oddzielnym zagęszczaniu i podgrzaniu w wymienniku ciepła, kierowane są do komory fermentacyjnej. Proces fermentacji prowadzony jest przez ok. 15 dób w temp. 37°C. Gaz fermentacyjny kierowany jest do becznieniowego zbiornika



Fot. 1. Widok na oczyszczalnię ścieków Gubin-Guben

gazu o poj. 500 m³. W oczyszczalni odbiornikami gazu są: silniki gazowe z generatorem energii elektrycznej, kocioł c.o. oraz pochodnia do spalania gazu.

■ Krok pierwszy - optymalizacja produkcji i wykorzystania biogazu

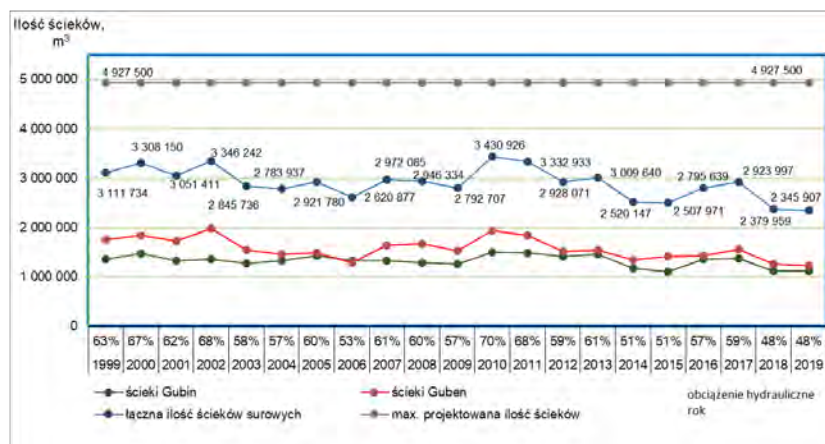
W oczyszczalni ścieków, jak i w wielu innych branżach przemysłowych, największym czynnikiem kosztotwórczym jest zużywana energia elektryczna i ciepło oraz inne media potrzebne do zabezpieczenia pracy układu technologicznego. Tworzenie hybryd energetycznych pozwalających na jak największe uniezależnienie się od zewnętrznych źródeł energii jest kierunkiem, który konsekwentnie realizowany jest w oczyszczalni ścieków Gubin-Guben. Projekt wspólnej oczyszczalni ścieków dla miast Gubina i Guben już w swoich założeniach uwzględniał możliwość odzysku energii elektrycznej

i ciepła w procesie fermentacji metanowej osadów ściekowych. Oczyszczalnia od początku eksploatacji wyposażona została w zespół prądotwórczy o mocy elektrycznej 190 kW i cieplnej 335 kW oraz w kocioł gazowy o mocy cieplnej 405 kW. W latach 1999/2000 kocioł gazowy opalany był biogazem z komory fermentacyjnej albo olejem opałowym, natomiast silnik spalinowy napędzany był tylko biogazem. Pozwalało to na uzyskanie zaledwie 16-18% własnej energii elektrycznej i zabezpieczenie 100% ciepła potrzebnego do ogrzewania obiektów i utrzymania procesów technologicznych.

Ponadto, warunki przyłączeniowe do sieci energetycznej ENEA pozwalały na produkowanie tylko 80% z posiadanej mocy w zespole prądotwórczym, a 20% oczyszczalnia ścieków zmuszona była kupować od ENEA, bez możliwości oddawania energii elektrycznej do sieci. W 2002 r. wykonano przyłącze gazu ziemnego GZ-50 i wystąpiono do ENEA o zmianę warunków przyłączenia energii elektrycznej. Założono maksymalną produkcję energii elektrycznej i ciepła w zespole prądotwórczym z maksymalnym wykorzystaniem energii na potrzeby własne oczyszczalni, z możliwością przekazywania nadmiaru do sieci energetycznej ENEA.

Taka zmiana warunków i eksploatacji układu energetycznego przyniosła wymierne korzyści ekonomiczne (tab. 1).

W 2001 r. zespół prądotwórczy zapewnił pokrycie zapotrzebowania oczyszczalni ścieków na energię elektryczną w 21,9%, natomiast w 2002 r. w 45,7%. Oszczędności finansowe by-



Rys. 1. Ilość ścieków surowych dopływających do oczyszczalni Gubin-Guben



Fot. 2. Wydzielona komora fermentacji

ty nieznacznie mniejsze, ale uzyskano zwiększenie ilości odzyskanego ciepła. W kolejnych latach taka gospodarka energetyczna pozwalała utrzymać ceny dla kontrahentów za odbiór i oczyszczanie ścieków oraz wypracowywać zysk, pomimo regularnego wzrostu cen za energię elektryczną i gaz ziemny (rys. 2).

W 2006 r. zakupiono drugi zespół prądowców o mocy elektrycznej 230 kW i cieplej 250 kW. Jeden z nich pracował tylko zasilany gazem ziemnym, a drugi biogazem lub zamiennie gazem ziemnym. Od tego roku wyraźnie wzrosła produkcja energii elektrycznej w oczyszczalni ścieków. Wzrosły koszty zakupu gazu ziemnego, ale zdecydowanie poprawił się bilans w zakresie produkcji ciepła i energii elektrycznej. Problematiczny nadal był warunek postawiony przez dostawcę energii elektrycznej wymuszający kupowanie minimum 20% energii elektrycznej od ENEA.

Krokiem milowym w działaniach w kierunku niezależności energetycznej oczyszczalni w Gubinie, było uzyskanie w 2011 r. koncesji, na produkcję i sprzedaż energii elektrycznej produkowanej z biogazu i gazu ziemnego. Przy czym energia z biogazu została uznana za energię czystą i uzyskała „zielony certyfikat”.

Od 2012 r. sukcesywnie zwiększana jest roczna produkcja energii elektrycznej produkowanej z biogazu i gazu

ziemnego, a jej nadmiar jest sprzedawany do ENEA przynosząc z tego tytułu dodatkowy przychód. Produkcja energii elektrycznej z biogazu kształtowała się na poziomie 450-500 MW/r. i ta część była źródłem dodatkowego przychodu w ramach świadectwa pochodzenia energii „zielone certyfikaty” i sprzedaży na giełdzie energii. Ceny „zielonej ener-

gii” wahały się od 300 zł/MWh do nawet 320 zł/MWh. Obecnie cena ta kształtuje się na poziomie około 149 zł/MWh.

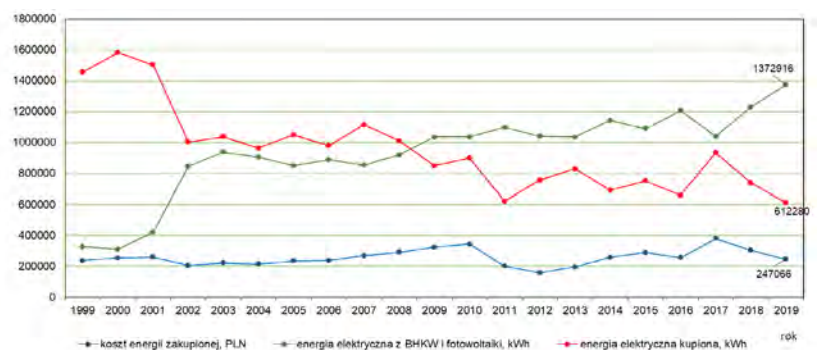
■ Krok drugi - instalacja fotowoltaiczna

W 2016 r. wybudowano z własnych środków finansowych oczyszczalni ścieków instalację fotowoltaiczną o mocy 250 kW. Od 30 czerwca 2016 r. produkowana jest zielona energia z energii słońca.

Po kilku latach ustaleń warunków technicznych i rozliczeniowych z ENEA i URE, w 2020 r. 11 maja oczyszczalnia otrzymała nowe warunki techniczne od ENEA, które nareszcie pozwalają przełączyć zasilanie oczyszczalni w układ hybrydowy, tzn. jedno przyłącze energetyczne zasilane będzie jednocześnie dwoma źródłami zasilania (biogaz/gaz ziemny i instalacja PV). W efekcie takich ustaleń produkowana energia

Parametr	jednostka	2001	2002	
Pokrycie zapotrzebowania na ciepło	%	90	100	
Energia elektryczna	kWh/r.	1 924 523	1 849 507	
Ilość wyprodukowanej energii elektrycznej z biogazu (2001 r.) i gazu ziemnego (2002 r.)	kWh/r.	421 664	846 000	
Koszt energii elektrycznej (0,20 zł/kWh)	bez gospodarki biogazowej	PLN/r.	384 904	369 901
	zakupionej po zbilansowaniu energii elektrycznej z biogazu	PLN/r.	300 572	200 701
	koszt zakupu gazu ziemnego	PLN/r.	0	98 075
Oszczędności	PLN/r.	84 332	71 125	

Tab. 1. Porównanie bilansu energetycznego oczyszczalni w Gubinie w latach 2001 i 2002



Rys. 2. Energia elektryczna wyprodukowana i zakupiona z sieci energetycznej

elektryczna w 100% zużywana jest na potrzeby własne przedsiębiorstwa, a tylko jej ostateczny nadmiar jest sprzedawany do sieci. To przedsięwzięcie planowane jest do wykonania w 2020 r. i już do niego przystąpiono.

Czas pracy pracowników poświęcony na konserwację i utrzymanie sprawności pracy PV w czasie roku jest mniejszy w porównaniu do czasu, który trzeba przeznaczyć na serwisowanie zespołów prądowców biogazowych i gazowych. Efekty ekonomiczne okazały się być bardzo obiecujące. Pierwsze trzy lata eksploatacji instalacji PV przyniosły bardzo dobre wyniki produkcyjne (rys. 3).

W 2020 r. do eksploatacji została włączona rozbudowana do mocy 475 kW instalacja fotowoltaiczna. Rok bieżący, to okres optymalizacji pracy oczyszczalni z uwzględnieniem posiadanych zasobów energetycznych w postaci biogazu i instalacji fotowoltaicznej, a także posiadanych pomp ciepła i zasobników ciepła (wodnych).

■ Krok trzeci - zasoby geotermalne

Analiza ilości zużywanego ciepła w obiektach oczyszczalni ścieków wykazała, że transport ciepła rurociągami podziemnymi z kotłowni zlokalizowanej w budynku odwadniania osadu oddalonym od kompleksu biurowego około



Fot. 3. Instalacja fotowoltaiczna

200 m powoduje straty znacznych ilości ciepła. Bilans ekonomiczny wykazał, że niezależne zasilanie w ciepło budynków kompleksu biurowo-warsztatowego wpłynie na duże oszczędności w zużyciu gazu ziemnego spalane go przez kocioł c.o. W analizie uwzględniono, że instalacja fotowoltaiczna w ciągu dnia produkuje nadmiar energii elektrycznej niezbędnej do zasilania oczyszczalni. Obecnie dzienna produkcja energii elektrycznej osiąga poziom 450 kWh, a maksymalne obciążenie wynosi 360 kWh. Nadmiar energii elektrycznej jest sprzedawany do sieci energetycznej ENEA po 0,17 zł za kWh, co nie pokrywa kosztów zakupu gazu ziemnego przeznaczonego na produkcję ciepła.

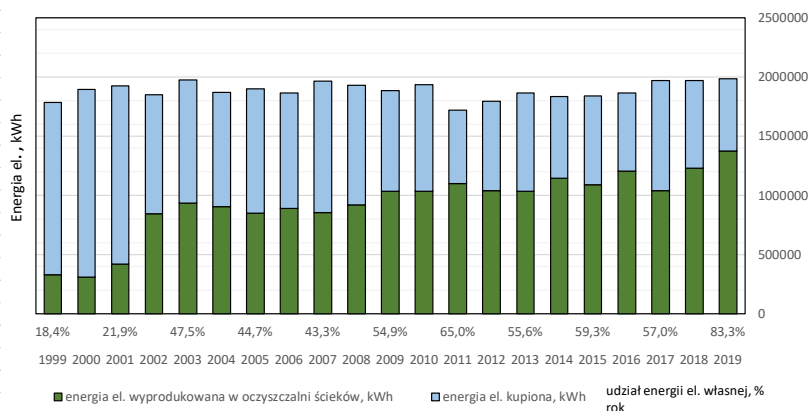
W 2018 r. zainstalowano dwie hybrydowe pompy ciepła o mocy 39,9 kW każda, zabezpieczając zapotrzebowanie na ciepło kompleksu biurowo-warsztatowego. Dodatkowo w systemie pomp ciepła zapewniono dwa zasobniki ciepła, każdy o pojemności 1000 dm³. W ciągu dnia, przy dużym

nadmiarze wyprodukowanej czystej energii elektrycznej, woda jest podgrzewana do temperatury 85°C grzałkami elektrycznymi. Pompy wtedy nie pracują. W nocy zmagazynowane 2 000 dm³ wody o temp. 85°C wystarcza do zabezpieczenia ciepła potrzebnego do ogrzania kompleksu biurowego i warsztatowego. Zimą przy bardzo niskich temperaturach dodatkowo włączają się pompy ciepła. Pompy wykorzystują ciepło z 9 odwiertów o głębokości prawie 200 m. W 2020 r. zostaną dobudowane 2 zbiorniki każdy po 5000 dm³, które będą ogrzewane grzałkami elektrycznymi zasilanymi z energii słonecznej i będą kumulować w ciągu dnia gorącą wodę, która w nocy wykorzystywana będzie do zasilania wydzielonej komory fermentacyjnej. Dzięki takim działaniom w nocy zużycie gazu ziemnego będzie zmniejszone.

■ Wnioski

Ciepło i energia elektryczna pozyskiwane z biogazu w układach skojarzonych wpływają na końcowe koszty oczyszczania ścieków. Zużycie energii elektrycznej do oczyszczenia 1m³ ścieków wynosiło w 2019 r. w oczyszczalni ścieków w Gubinie 0,70 kWh/m³ ścieków. Przy czym zużycie energii elektrycznej zakupionej od ENEA do oczyszczenia 1m³ ścieków wynosiło 0,26 kWh/m³ ścieków.

Skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła z biogazu, a także wytwarzanie energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej pozwalają na uzyskanie nadwyżki ciepła w stosunku do jego zapotrzebowania w oczysz-



Rys. 3. Bilans energetyczny oczyszczalni ścieków w Gubinie

czalni i pokrycie zapotrzebowania energii elektrycznej dla całej oczyszczalni, z możliwością jej sprzedaży do sieci energetycznej. Doświadczenia eksploatacyjne oczyszczalni ścieków w Gubinie z 2020 r. pozwolą maksymalnie zoptymalizować gospodarkę energetyczną. Przewiduje się, że produkcja własnej energii elektrycznej rocznie z instalacji fotowoltaiki będzie na poziomie około 475 000 kWh, z biogazu na poziomie 550 000 kWh, z gazu ziemnego na poziomie 500 000 kWh. Układ hybrydowy

pozwoli na to, że w ciągu dnia, kiedy fotowoltaika pracuje z wykorzystaniem pełnej mocy, oczyszczalnia ścieków pracować będzie z wykorzystaniem w 100% własnej energii elektrycznej, a jej nadmiar w części zasili grzałki do produkcji ciepła w zasobnikach ciepła, a w części zostanie oddany do sieci energetycznej ENEA.

Techniki beztlenowe to nie tylko rozwiązanie problemu ekologicznego związanego z osadami ściekowymi, ale również zapewnienie korzyści ekono-

micznych wynikających z produkcji wysokoenergetycznego gazu fermentacyjnego. Takie rozwiązania powinny stać się alternatywą dla polskich oczyszczalni, a ciągi technologiczne przeróbki osadów ściekowych i wykorzystania biogazu połączone w układach hybrydowych z instalacjami fotowoltaicznymi jako niekonwencjonalne źródła energii mogą być źródłem inspiracji w poszukiwaniu optymalnych rozwiązań w gospodarce energetycznej oczyszczalni ścieków. □



Literatura

1. Masłoń A., *Energochłonność wybranych oczyszczalni ścieków zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce. Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2017, 20(3), 331-342, DOI: 10.17512/ios.2017.3.5.
2. Bocheński D., Sadecka Z., Sieciechowicz A., Suchowska-Kieisiewicz M., Pluciennik-Koropczuk E., *Efektywność energetyczna oczyszczalni ścieków*, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2016, 11, 403-406.
3. Bocheński D., Myszograj S., Sadecka Z., *Produkcja i zużycie energii w oczyszczalniach ścieków*, W: *Energetyczne aspekty odprowadzania i oczyszczania ścieków*, 2008. red. Ł. Fukas-Płonka, K. Kuś. T. 1, Gliwice: Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, s. 73-89, ISBN: 9788392506430.
4. Sadecka Z., Bocheński D., Myszograj S., Suchowska-Kieisiewicz M., *Green energy from biogas in a Polish-German sewage treatment plant*, 2013. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* Vol. 35, iss. 13, 1249-1255.