

# Analiza efektywności wytwarzania biogazu otrzymanego przy wykorzystaniu osadów ściekowych na przykładzie oczyszczalni ścieków w Siedlcach

Analysis of the efficiency of biogas production obtained with the use of sewage sludge on the example of the sewage treatment plant in Siedlce

Ewa Sadowska<sup>\*)</sup>

**Słowa kluczowe:** osady ściekowe, fermentacja metanowa, biogaz

## Streszczenie

W pracy została dokonana ocena efektywności procesu wytwarzania biogazu, w wyniku utylizacji osadów ściekowych, powstających w oczyszczalni ścieków w Siedlcach wraz z rozważeniem ekologicznych aspektów tego rozwiązania. Została również przeprowadzona analiza procesu oczyszczania ścieków oraz wytwarzania biogazu z osadów ściekowych.

**Keywords:** sewage sludge, methane fermentation, biogas

## Abstract

The paper presents an assessment of the effectiveness of the biogas production process as a result of the utilization of sewage sludge generated in the sewage treatment plant in Siedlce, including the consideration of the ecological aspects of this solution. An analysis of the sewage treatment process and biogas production from sewage sludge was also carried out.

## 1. Wstęp

W wyniku oczyszczania ścieków powstaje niebezpieczny dla środowiska odpad jakim są osady ściekowe. Istnieje możliwość zagospodarowania tego surowca poprzez wykorzystanie go do produkcji energii odnawialnej. Jest to energia, która częściowo może zastąpić energię nieodnawialną, a jednocześnie wpłynąć na poprawę stanu środowiska naturalnego. Wykorzystanie beztlenowej fermentacji metanowej osadów ściekowych jest bezpiecznym i skutecznym sposobem na uzyskiwanie energii, w wyniku spalania powstającego w komorach biogazu. Aby przebieg wszystkich realizowanych zadań zachodził prawidłowo i bezawaryjnie, obiekt musi być wyposażony w sprawny zespół urządzeń, muszą również zostać zapewnione odpowiednie parametry przeprowadzanych procesów. Produkcja odnawialnej energii jest w dzisiejszych czasach dziedziną rozwijającą się, a jedną z jej gałęzi jest wykorzystanie biogazu powstającego w wyniku fermentacji osadów ściekowych.

## 2. Produkcja biogazu jako sposób na wykorzystanie osadów ściekowych w oczyszczalni

Efektywna praca oczyszczalni ścieków niesie ze sobą powstawanie dużych ilości komunalnych osadów ściekowych. Stanowią one problem dla oczyszczalni ścieków, ze względu na potencjalne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Przed ich transportem na składowisko odpadów lub powtórny wykorzystaniem, muszą zostać odpowiednio przygotowane. Z tego względu osady ściekowe poddawane są procesom ustabilizowania tlenowego lub beztlenowego oraz obróbce cieplnej, chemicznej lub biologicznej. [4]

Ze względu na możliwość wykorzystania znacznych ilości osadów ściekowych, produkowanych podczas procesu oczyszczania ścieków, racjonalną propozycją jest wydobycie potencjału energetycznego do wytwarzania biogazu. Pomijając perspektywę odzysku energii z biomasy, osady ściekowe mogą być użyte na przykład do nawożenia gleby czy powtórnego wykorzystania substancji odżywczych. Możliwości dające szansę na ich zagospodarowanie, powiązane są z jakością i ilością osadów ściekowych, technologią pracy danej oczyszczalni ścieków, jak również regulacjami prawnymi obowiązującymi w kraju. Na jakość i ilość ścieków dostarczanych do oczyszczalni wpływa okres dobowy, tygodniowy, miesięczny a ostatecznie roczny. Zasadą jest to, że nie występuje standardowy skład czy ilość dopływających ścieków. Fermentacja metanowa pozwala uzyskać nie tylko energię odnawialną, która w dzisiejszych czasach jest bardzo ważnym aspektem, ale też wysoko organiczny nawóz, wzbogacony w łatwo przyswajalne związki fosforu, azotu i wapnia. Komory fermentacyjne zostały przedstawione na fot. 1. [2]



Fot.1 Wydzielone komory fermentacyjne przy Oczyszczalni Ścieków w Siedlcach [5]

<sup>\*)</sup> Ewa Sadowska – dyplomantka specjalności Inżynieria Gazownictwa, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii środowiska, Politechnika Warszawska

### 3. Biogazownie przy oczyszczalniach ścieków w Polsce

Odpowiednio przygotowana i usytuowana sieć oczyszczalni ścieków zapewnia efektywne zaopatrzenie w wodę oraz odprowadzanie ścieków w aglomeracjach. W celu skutecznego wykorzystania możliwości oczyszczalni ścieków, nieodzowne jest dostosowanie odpowiedniego osprzętu do ilości doprowadzanych ścieków, zastosowanie innowacyjnych technologii oczyszczania ścieków, a także racjonalnego wykorzystania otrzymanego w przeprowadzonych procesach osadu ściekowego. Oczyszczalnie ścieków w Polsce są regularnie budowane i modernizowane. Pomimo tego ich ilość i skuteczność działania nie jest dostatecznie wysoka aby zapewnić ochronę zasobów wodnych. Zgodnie z Krajowym Programem Oczyszczania Ścieków w latach 2019-2027 zaplanowano:

- budowę: 5 777 km nowych sieci kanalizacyjnych oraz 66 nowych oczyszczalni ścieków,
- modernizację: 5 211 km sieci kanalizacyjnych, 316 oczyszczalni ścieków oraz części osadowej w 242 oczyszczalniach,
- rozbudowę 89 oczyszczalni,
- likwidację 43 oczyszczalni. [1]

Z przedstawionych w tab. 1 danych, w programie wzięto pod uwagę 1 463 aglomeracji, w których zlokalizowano 1 639 oczyszczalni ścieków komunalnych.

Tabela 1 Informacje dotyczące wielkości i ilości aglomeracji oraz oczyszczalni ścieków według przedziałów RLM [1]

Aglomeracje wg przedziałów RLM	Liczba aglomeracji	% aglomeracji	Liczba oczyszczalni	RLM aglomeracji	% RLM
≥ 150 000	42	2,87	63	16 125 302	43,09
≥ 100 000 < 150 000	28	1,91	37	3 321 116	8,87
≥ 15 000 < 100 000	338	23,10	372	12 233 558	32,69
≥ 10 000 < 15 000	115	7,86	136	1 389 580	3,71
≥ 2 000 < 10 000	940	64,25	1 031	4 356 448	11,64
Razem	1 463	100	1 639	37 426 004	100

### 4. Oczyszczalnia ścieków w Siedlcach

Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Siedlcach zlokalizowane jest przy ul. Zamiejskiej 1. Zamieszczone poniżej Zdjęcie 2 przedstawia widok obiektu z lotu ptaka.



Fot. 2 Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Siedlcach [5]

Oczyszczalnia Ścieków w Siedlcach jest jednym z 2454 obiektów wykorzystujących biologiczne oczyszczanie ścieków i jednym z 817 obiektów z podwyższonym usuwaniem biogenów, działających w Pol-

sce, w 2019 r. Jest to klasyczna oczyszczalnia przeprowadzająca biologiczno-mechaniczne oczyszczanie ścieków, która pozwala na usunięcie zanieczyszczeń na poziomie ponad 90%, przy dopływie prawie 7 mln. m<sup>3</sup> ścieków rocznie. Wyposażona jest w 4 komory fermentacyjne, spośród których 3 nieprzerwanie pracują. Podczas przeprowadzania procesów fermentacyjnych zapewniane są odpowiednie warunki do prawidłowego przefermentowania doprowadzonych osadów. Parametry beztlenowej fermentacji metanowej, takie jak temperatura w komorach, utrzymywana jest średnio na poziomie 38°C a czas zatrzymania wynosi 28 dni. Jest to zakres zapewniający optymalne warunki do rozwoju bakterii mezofilnych. [3]

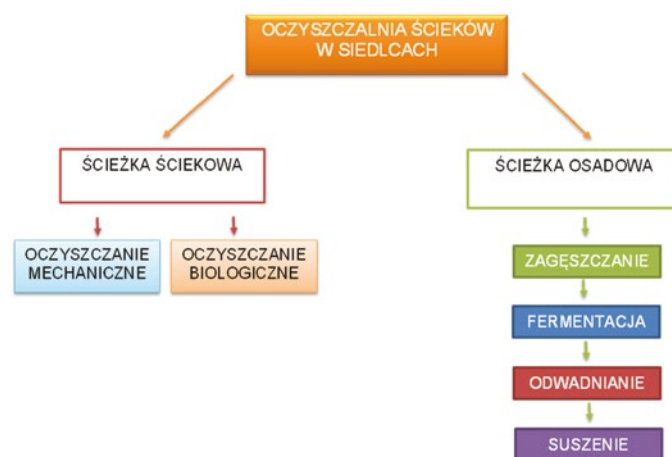
### 5. Proces technologiczny oczyszczania ścieków w Siedlcach

Oczyszczalnia ścieków w Siedlcach ma możliwość przyjęcia 24 000 m<sup>3</sup> ścieków komunalnych na dobę. W ostatnich latach Ilość ścieków dopływających do obiektu nie przekroczyła 18 000 m<sup>3</sup> na dobę. Dane z ostatnich pięciu lat zostały przedstawione w tab.2. [5]

Tabela 2 Ilości ścieków oraz średni przepływ ścieków na dobę w Oczyszczalni Ścieków w Siedlcach [5]

Rok	Ilość ścieków [m <sup>3</sup> ]	Przepływ średniodobowy [m <sup>3</sup> /d]
2020	6 314 492	17 300
2019	6 546 808	17 936
2018	6 505 756	17 824
2017	7 313 144	20 036
2016	6 718 588	18 407

Zgodnie z rys. 1 Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Siedlcach, proces obróbki dopływających ścieków komunalnych, opiera na oczyszczaniu mechaniczno-biologicznym. Powstałe w wyniku tego osady poddawane są na dalszych etapach: zagęszczaniu, fermentacji, odwadnianiu oraz suszeniu.



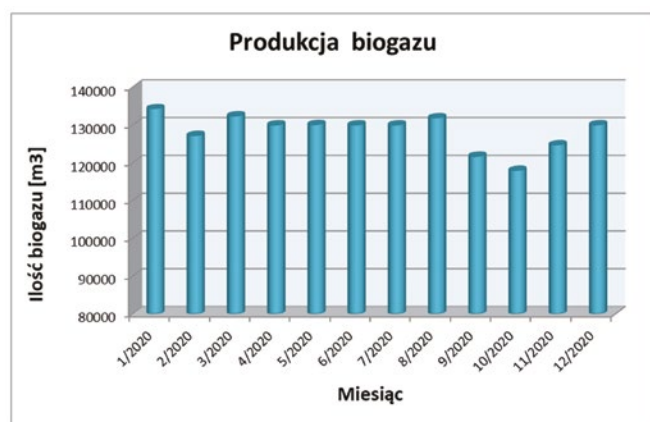
Rys. 1 Schemat procesów technologicznych w Oczyszczalni Ścieków w Siedlcach [5]

### 6. Biogaz wyprodukowany w komorach fermentacyjnych w Oczyszczalni Ścieków w Siedlcach

Na rys. 2 zostało przedstawione zestawienie ilości wyprodukowanego biogazu w Oczyszczalni Ścieków w Siedlcach w 2020 r. Zgodnie z danymi ilość produkowanego gazu oscyluje w granicach 130 tys. m<sup>3</sup> w okresie miesiąca. Biorąc pod uwagę okres 12 miesięcy na terenie Oczyszczalni zostało wyprodukowane łącznie 1 540 000 m<sup>3</sup> biogazu.

Tabela 3 Pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną [5]

	Zużycie energii elektrycznej [kWh]	Produkcja energii elektrycznej w agregatach [kWh]	Pokrycie zapotrzebowania [%]	Produkcja energii elektrycznej z biogazu [kWh]	Pokrycie zapotrzebowania z biogazu [%]
Styczeń 2020	421 618	414 721	98	258 131	61
Luty 2020	403 325	398 730	99	248 632	62
Marzec 2020	441 397	418 457	95	270 993	61
Kwiecień 2020	454 072	411 140	91	256 313	56
Maj 2020	425 609	398 221	94	258 751	61
Czerwiec 2020	370 252	283 761	77	197 724	53
Lipiec 2020	394 381	355 020	90	219 533	56
Sierpień 2020	388 367	350 735	90	245 326	63
Wrzesień 2020	385 338	337 364	88	210 724	55
Październik 2020	384 324	258 825	67	124 576	32
Listopad 2020	394 114	390 683	99	238 975	61
Grudzień 2020	414 549	438 362	106	279 082	67
<b>ŚREDNIA</b>	<b>406 446</b>	<b>371 335</b>	<b>91</b>	<b>234 063</b>	<b>57</b>
<b>SUMA</b>	<b>4 877 347</b>	<b>4 456 018</b>	<b>1 093</b>	<b>2 808 760</b>	<b>689</b>



Rys. 2. Produkcja biogazu w 2020 roku [5]

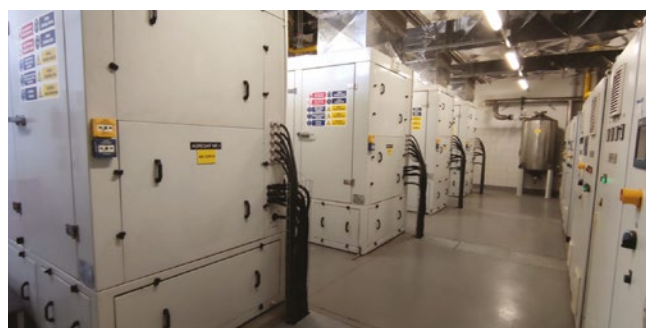
## 7. Bilans energetyczny – ilość produkowanej energii elektrycznej i ciepła

Zapotrzebowanie na energię w oczyszczalni ścieków jest w dużej mierze przewidywalne. Jednak ilość produkowanego biogazu i jego zużycie nie zawsze jest możliwe do zbilansowania. Podczas pracy urządzeń zdarzają się różnego rodzaju awarie prowadzące do spadku lub braku odbioru produkowanego ciepła. W takich sytuacjach część biogazu zostaje spalana w pochodni. Najlepsze efekty przeprowadzania procesów w części osadowej osiągane są przy maksymalnej produkcji biogazu oraz przy jednoczesnej minimalnej stracie energii.

Korzystając z zestawienia w tab. 3 można odczytać, że przy średnim miesięcznym zapotrzebowaniu na energię elektryczną w obiekcie, wynoszącą około 400 tys. kWh, energia elektryczna produkowana we wszystkich agregatach jest w stanie zapewnić około 91% zapotrzebowania na obiekcie. Pokrycie tego zapotrzebowania z energii produkowanej tylko w agregatach zasilanych biogazem wynosi około 57%. Hala agregatów została pokazana na fot. 3.

Z danych zebranych w 2020 roku można oszacować, że z 1 m<sup>3</sup> dopływających ścieków (przy założeniu Q<sub>ściek.</sub> = 17 300 m<sup>3</sup>/dzień), Oczyszczalnia Ścieków w Siedlcach wyprodukowała:

- $Q_{e.elekt.} = 12\,207/17\,300 = 0,71\text{ kW/m}^3$
- $Q_{e.ciepl.} = 16\,552/17\,300 = 0,96\text{ kW/m}^3$



Fot. 3 Hala agregatów przy Oczyszczalni Ścieków w Siedlcach [5]

## 8. Podsumowanie i wnioski

Oczyszczalnia Ścieków w Siedlcach realizuje wszystkie etapy oczyszczania ścieków jak i produkcji biogazu w rzetelny sposób. Dzięki przeprowadzanej utylizacji powstałych osadów ściekowych, wytwarza odnawialne źródło energii a tym samym zapewnia nieodpłatny sposób zasilania zainstalowanych urządzeń. Wszystkie realizowane przez oczyszczalnię zadania, prowadzone są w kierunku ochrony środowiska poprzez zmniejszenie odprowadzanych do środowiska odpadów. Dzięki wykorzystaniu pozyskanego biogazu, obiekt jest w stanie zapewnić średnio 57% zapotrzebowania na energię elektryczną w oczyszczalni. Jest to duży udział, pozwalający na zaoszczędzenie znacznego budżetu, dzięki wykorzystaniu odnawialnej energii.

Rozpowszechnienie instalacji biogazowych wpłynie pozytywnie na ilość powstającej energii odnawialnej. Takie instalacje mogą być budowane w dowolnym miejscu, nie stanowiąc żadnego zagrożenia dla środowiska naturalnego.

### LITERATURA

- [1] Aktualizacja Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych 2020
- [2] Dudek, J. Zaleska-Bartosz J., *Pozyskiwanie i wykorzystanie biogazu do celów energetycznych*
- [3] Główny Urząd Statystyczny. Oczyszczalnie ścieków w Polsce.
- [4] Tujka A. *Ocena możliwości przyrodniczych wykorzystania osadów ściekowych z wybranych oczyszczalni ścieków*
- [5] Opracowanie wewnętrzne PWiK w Siedlcach