

Jakość i sposoby wykorzystania biogazu na oczyszczalniach ścieków należących do Aquanet S.A.

Parameters and ways of using biogas in sewage treatment plants belonging to Aquanet S.A.

Monika Pielach, Tomasz Kurant^{*)}

Słowa kluczowe: Aquanet, oczyszczalnia ścieków, fermentacja metanowa, kofermentacja, biogaz, metan, osady ściekowe.

Streszczenie

W niniejszej artykule zestawiono najważniejsze parametry fermentacji metanowej, prowadzonej na dwóch oczyszczalniach ścieków należących do poznańskiej spółki wodociągowo-kanalizacyjnej Aquanet S.A. – Centralnej Oczyszczalni Ścieków w Koziegłowach oraz Lewobrzeżnej Oczyszczalni Ścieków w Poznaniu. Przeanalizowano skład i jakość produkowanego biogazu oraz przedstawiono sposoby jego wykorzystania. Opracowanie obejmuje lata 2017-2022.

Keywords: Aquanet, wastewater treatment plant, methane fermentation, co-digestion, biogas, methane, sewage sludge.

Abstract

This article summarizes the most important parameters of methane fermentation carried out at two wastewater treatment plants belonging to the Poznan water and sewage company Aquanet S.A. – The Central Wastewater Treatment Plant in Koziegłowy and the Left Bank Wastewater Treatment Plant in Poznań. The composition and quality of the biogas produced were analyzed, and ways to use it were presented. The study covers the years 2017-2022.

1. Wprowadzenie

Biogaz, stanowiący produkt fermentacji metanowej od wielu lat wykorzystywany jest na oczyszczalniach ścieków na całym świecie. Umożliwia produkcję energii elektrycznej i ciepłej, wykorzystywanej na cele technologiczne oraz socjalne, stanowiąc ważny element strategii energetycznych przedsiębiorstw wodno-kanalizacyjnych. Aby zapewnić najwyższą sprawność agregatów prądotwórczych, należy zagwarantować odpowiednią jakość produkowanego gazu, spełniającą wymagania urzędów, na których będzie spalany.

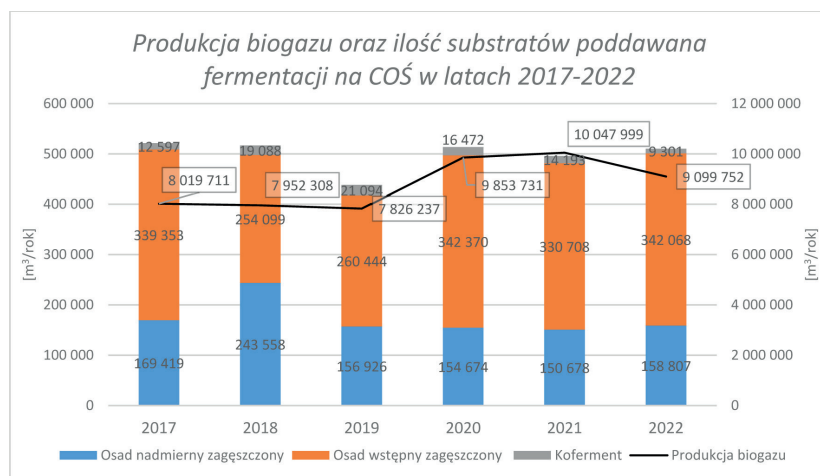
Aquanet posiada dwie oczyszczalnie, na których prowadzony jest proces fermentacji metanowej osadów ściekowych, Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków w Poznaniu (LOŚ) oraz Centralna Oczyszczalnia Ścieków w Koziegłowach (COŚ). Na obydwu obiektach w celu zwiększenia wydajności procesu, odbywa się kofermentacja osadów ściekowych z odpadami tłuszczowymi.

Centralna i Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków są obiektami odbierający ścieki z terenów Poznania i części gmin ościennych. Średni napływ z ostatniego roku wynosi odpowiednio około 110 000 m³/d dla COŚ i 30 000 m³/d dla LOŚ, przy RLM około 1 100 000 dla COŚ i około 300 000 dla LOŚ.

2. Produkcja biogazu i jego parametry

2.1 Centralna Oczyszczalnia Ścieków (COŚ)

Proces fermentacji metanowej na COŚ zachodzi w sześciu Wydzielonych Komorach Fermentacyjnych (WKF) o objętości 4900 m³ każda. Osady ściekowe podawane do procesu fermentacji są uprzednio



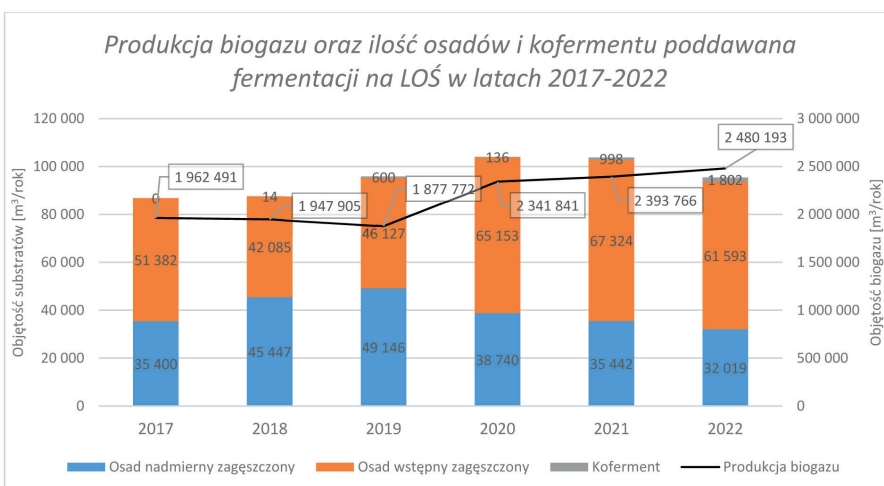
Rys. 1 Produkcja biogazu oraz ilość substratów poddawana fermentacji na COŚ w latach 2017-2022
Fig. 1. Biogas production and the amount of substrates digested at the COŚ from 2017 to 2022

^{*)} Monika Pielach, Starszy Technolog ds. Ścieków, mgr. inż. Monika Pielach, email: monika.pielach@aquanet.pl
Tomasz Kurant, Młodszy Technolog ds. Ścieków, mgr. Inż. Tomasz Kurant, email: tomasz.kurant@aquanet.pl

zagęszczane do poziomu około 6% suchej masy (osad nadmierny) oraz około 4% suchej masy (osad wstępny). Sucha masa kofermentu oscyluje natomiast w granicach 10-12%. Czas fermentacji wynosi około 20 dni, obciążenie komór fermentacyjnych suchą masą organiczną oscyluje około 1,8 kg s.m.o./m³. Roczna produkcja biogazu wraz z ilością substratów podawanych do WKF i proporcje pomiędzy nimi przedstawione zostały na wykresie (rys 1). Zauważyć można stopniowy spadek udziału kofermentu w łącznej ilości fermentowanej masy, spowodowany prawdopodobnie coraz trudniejszym pozyskaniem surowca na rynku.

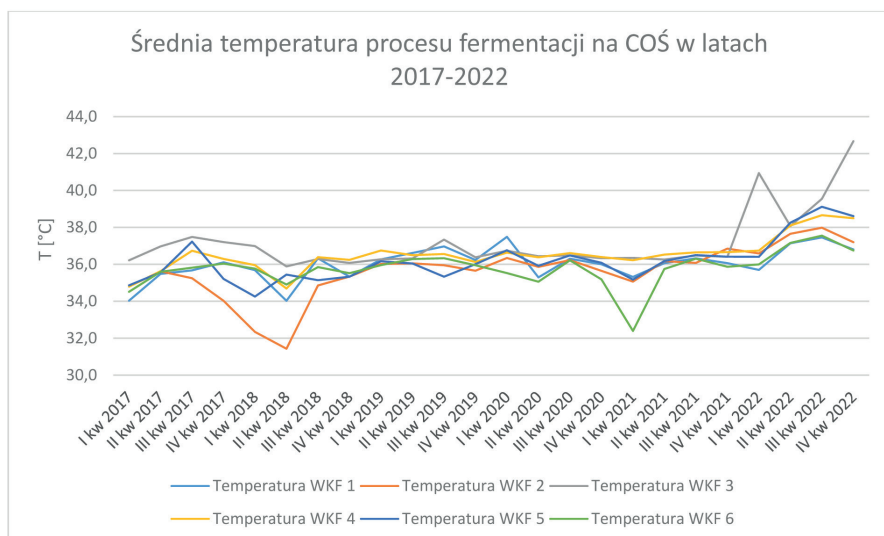
2.2 Lewobrzeźna Oczyszczalnia Ścieków (LOŚ)

Analogicznie jak na COŚ, biogaz LOŚ produkowany jest w wyniku prowadzenia fermentacji beztlenowej osadów ściekowych: wstępnego i nadmiernego oraz kosubstratu w postaci odpadów tłuszczowych. Proces zachodzi w dwóch Zamkniętych Komorach Fermentacyjnych (ZKF) o pojemności 6300 m³ każda. Czas fermentacji wynosi około 45 dni, obciążenie komór fermentacyjnych suchą masą organiczną oscyluje około 0,81 kg s.m.o./m³. Stopniowe zwiększanie ilości dawkowanego kofermentu (Rys 2) związane z uruchomieniem nowej instalacji kofermentacji, pomimo ogólnego spadku ilości substratów poddawanych fermentacji powoduje regularny wzrost produkcji biogazu. Roczna produkcja biogazu wraz z Ilością substratów podawanych do ZKF i proporcje pomiędzy nimi przedstawione zostały na wykresie (rys 2).



Rys. 2 Produkcja biogazu oraz ilość osadów i kofermentu poddawana fermentacji na LOŚ w latach 2017-2022

Fig. 2. Biogas production and the amount of sludge and co-digestate digested at the LOŚ from 2017 to 2022



Rys. 3. Średnia temperatura procesu fermentacji na COŚ w latach 2017-2022

Fig. 3. Average temperature of the digestion process at the COŚ from 2017 to 2022

2.3 Parametry i czynniki prowadzenia fermentacji

Kluczem do skutecznego prowadzenia fermentacji metanowej jest zapewnienie odpowiednich warunków umożliwiających rozwoju bakteriom metanogennym. Najważniejsze czynniki wpływające bezpośrednio na wydajność procesu i jakość produkowanego biogazu to:

- brak dostępu światła,
- brak dostępu tlenu,
- temperatura,

pH [2]. W niniejszym artykule omówimy sobie szerzej dwa z tych parametrów, a mianowicie temperaturę i pH.

Temperatura. W zależności od utrzymywanej temperatury w komorach fermentacyjnych. Dzielimy ją na trzy rodzaje:

- psychrofilową (poniżej 20°C),
- mezofilową (optimum 35–39°C),
- termofilową (optimum 50–55°C).

W celu zwiększenia efektywności procesu większość instalacji biogazowych na świecie (ok. 85%) pracuje w zakresie mezo- i termofilowym. Zarówno na COŚ jak i LOŚ proces prowadzony jest w warunkach mezofilowych. Średnia temperatura procesu na COŚ została przedstawiona na wykresie (rys. 3).

Na podstawie wykresu (rys. 3) stwierdzono, że przez większość badanego okresu temperatura procesu znajdowała się na optymalnym poziomie. Poważne obniżenie temperatury (do wartości około 32°C)

wystąpiło w II kwartale 2018 roku (WKF 18.2) oraz I kwartale 2019 roku (WKF 6 – rys. 4, linia oznaczona granatowym kolorem). Wtedy to, pomimo zwiększenia ładunku suchej masy organicznej osadów i kofermentu, dawkowanego do procesu fermentacji, zauważono obniżenie produkcji biogazu (rys. 4). Wzrost temperatury w IV kwartale 2022 w WKF 3 spowodowany był testem fermentacji termofilowej, zakończonym niepowodzeniem z uwagi na nieosiągnięcie wymaganej temperatury.

Na przykładzie COŚ i przytoczonych powyższych danych (rys. 3 i 4) można wysnuć ważny wniosek, że utrzymywanie temperatury na odpowiednim poziomie ma znaczący wpływ na ilość produkowanego biogazu.

Wartość pH

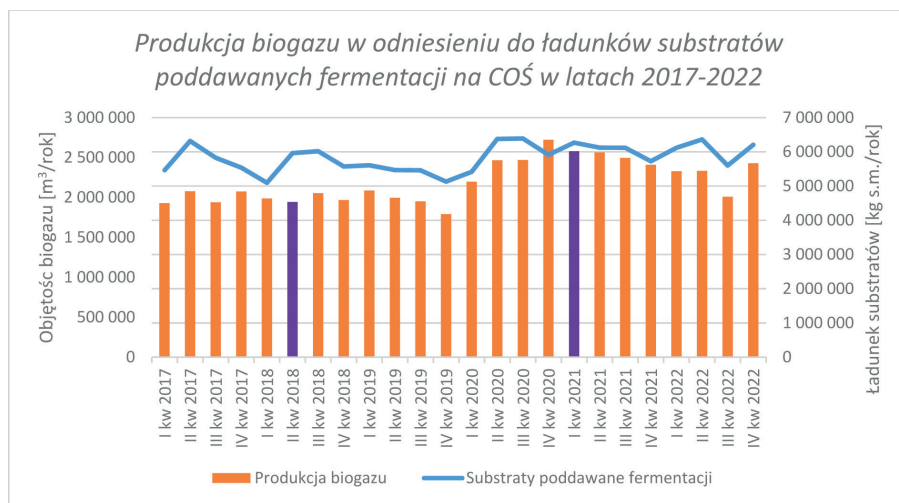
Bakterie biorące udział w poszczególnych etapach fermentacji metanowej do optymalnego rozwoju wymagają odmiennego pH:

- Bakterie hydrolytyczne i kwasogenne: od 5,5 do 6,5,
- Bakterie octanowe i metanogenne: od 6,8 do 7,4.

Przyjmuje się, że optymalny zakres pH umożliwiający współistnienie bakterii fermentacji metanowej wynosi 6,8-7,4 [2].

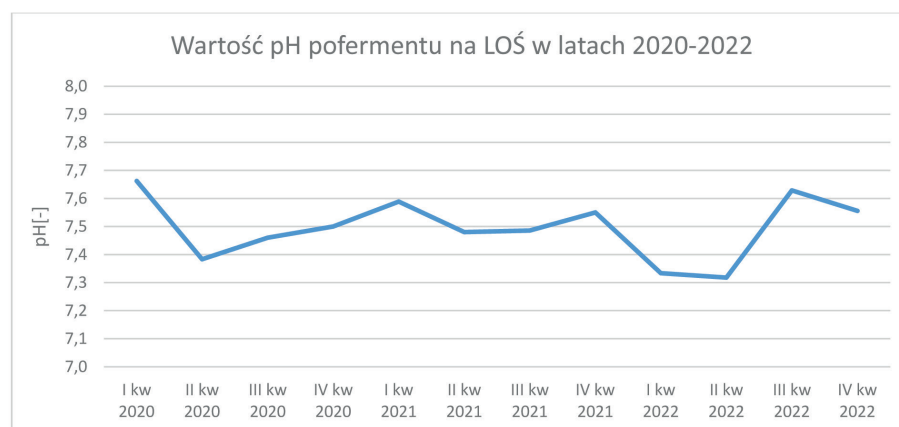
Na wykresach (rys. 7-8) przedstawiono średnią kwartalną wartość pH pofermentu na COŚ i LOŚ.

Na Centralnej Oczyszczalni Ścieków pH pofermentu niemal w całym badanym okresie utrzymywało się na optymalnym poziomie. Na LOŚ pH nieznacznie przekracza przyjęte wartości optymalne. Nie zauważono jednak wpływu podwyższonej wartości odczynu na jakość i skład biogazu. W punkcie tym należy także zaznaczyć, iż komory fermentacyjne na LOŚ są znacznie przewymiarowane i średni czas zatrzymania w tych komorach wynosi ok.



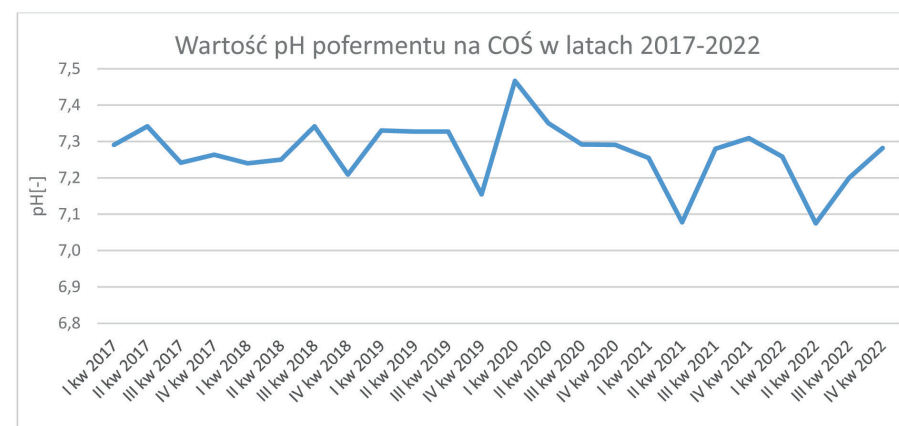
Rys. 4 Produkcja biogazu w odniesieniu do ładunków substratów poddawanych fermentacji na COŚ w latach 2017-2022

Fig.4. Biogas production in relation to substrate loads digested at the COŚ from 2017 to 2022



Rys.5 Wartość pH pofermentu na COŚ w latach 2017-2022

Fig.5 pH value of the digestate at the COŚ from 2017 to 2022



Rys. 6 Wartość pH pofermentu na LOŚ w latach 2020-2022

Fig.6 pH value of the digestate at the LOŚ from 2020 to 2022

45 dni, stąd wyższa wartość pH w stosunku do COŚ, gdzie średni czas zatrzymania osadu to 20 dni.

2.4 Jakość produkowanego biogazu

Skład biogazu

Biogaz to mieszanina gazów z których około dwie trzecie stanowi metan, jedną trzecią dwutlenek węgla oraz pozostałe gazy śladowe. Może być wykorzystywany jako paliwo, dzięki wysokiej zawartości metanu, z którego pochodzi cała wyprodukowana energia. Uzysk metanu zależy od składu substratów poddawanych fermentacji – zawartości tłuszczów, białek i węglowodanów.

Najwięcej metanu otrzymujemy z fermentacji tłuszczów, kolejno z białek a najmniej z węglowodanów. Ze względu na czystość biogazu, ważną rolę odgrywa stężenie gazu śladowego, jakim jest siarkowodor.

Zwiększona zawartość siarkowodoru powoduje korozję silników oraz kotłów grzewczych [3].

W tabeli (Tab. 1) przedstawiono średnią zawartość głównych składników biogazu.

Tab. 1 Średni skład procentowy biogazu [3]

Tab. 1 Average percentage composition of biogas (Kaltschmitt M., 2005)

Składnik	Stężenie
metan (CH ₄)	50 – 75% obj.
dwutlenek węgla (CO ₂)	25 – 45% obj.
woda (H ₂ O)	2 – 7% obj. (20-40°C)
siarkowodor (H ₂ S)	20 – 20 000 ppm
azot (N ₂)	< 2% obj.
tlen (O ₂)	< 2% obj.
wodór (H ₂)	< 1% obj.

W tabelach (Tab. 2 – 5) przedstawiono średni procentowy skład biogazu wyprodukowanego i oczyszczonego na COŚ i LOŚ.).

Tab. 2 Skład biogazu wyprodukowanego na COŚ

Tab. 2 Composition of biogas produced at the COŚ

Składnik	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Średnia
CH ₄ [%]	61,67	62,92	61,34	59,48	60,89	59,42	60,95
CO ₂ [%]	37,21	27,66	37,47	36,06	37,40	39,16	35,83
O ₂ [%]	0,08	0,10	0,09	0,42	0,13	0,17	0,16
N ₂ [%]	0,26	0,41	0,33	8,07	0,66	0,64	1,73
H ₂ O [%]	0,56	2,60	0,52	1,02	0,90	0,61	1,04
H ₂ S [ppm]	180,36	134,38	137,50	257,00	183,33	168,75	176,89

Tab. 3 Skład biogazu oczyszczonego na COŚ

Tab. 3 Composition of biogas purified at the COŚ

Składnik	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Średnia
CH ₄ [%]	61,56	62,50	61,58	61,35	60,86	59,51	61,23
CO ₂ [%]	37,48	27,57	37,58	37,38	43,23	39,08	37,05
O ₂ [%]	0,07	0,08	0,05	0,04	0,14	0,14	0,09
N ₂ [%]	0,24	1,95	0,19	0,17	0,81	0,49	0,64
H ₂ O [%]	0,65	0,69	0,60	1,07	0,85	0,78	0,77
H ₂ S [ppm]	50,00	100,00	75,00	0,00	0,00	75,00	50,00

Tab. 4 Skład biogazu wyprodukowanego na LOŚ

Tab. 4 Composition of biogas produced at the LOŚ

Składnik	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Średnia
CH ₄ [%]	58,23	60,92	61,26	58,24	60,80	61,57	60,17
CO ₂ [%]	39,09	39,25	37,67	38,41	38,25	36,76	38,24
O ₂ [%]	0,04	0,05	0,04	0,38	0,06	0,22	0,13
N ₂ [%]	0,09	0,16	0,09	1,55	0,25	0,82	0,49
H ₂ O [%]	0,62	0,88	0,95	1,43	0,64	0,63	0,86
H ₂ S [ppm]	531,25	50,00	66,67	0,00	0,00	0,00	107,99

Tab. 5 Skład biogazu oczyszczonego na LOŚ

Tab. 5 Composition of biogas purified at the LOŚ

Składnik	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Średnia
CH ₄ [%]	59,46	60,93	60,75	59,50	57,79	62,11	60,09
CO ₂ [%]	38,57	37,92	37,70	39,13	38,10	37,00	38,07
O ₂ [%]	0,26	0,04	0,12	0,05	0,04	0,07	0,10
N ₂ [%]	1,06	0,12	0,42	0,13	0,13	0,20	0,34
H ₂ O [%]	0,70	0,98	1,01	1,19	0,61	0,63	0,85
H ₂ S [ppm]	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

W związku z małą dokładnością pomiaru siarkowodoru w badaniach wykonywanych przez Chemus w tab. 6 i 7 przedstawiono wyniki pomiarów wykonywanych przez Aquanet Laboratorium.

Tab. 6 Zawartość siarkowodoru w biogazie na COŚ zmierzona przez Aquanet Laboratorium
Tab. 6 Hydrogen sulfide content in biogas at the COŚ as measured by Aquanet Laboratory

Biogaz	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Średnia
Wyprodukowany [ppm]	93,22	89,75	108,55	104,13	127,58	168,41	115,27
Oczyszczony [ppm]	103,17	73,67	49,00	64,33	58,75	79,91	71,47

Tab. 7 Zawartość siarkowodoru w biogazie na LOŚ zmierzona przez Aquanet Laboratorium
Tab. 7 Hydrogen sulfide content in biogas at the LOŚ as measured by Aquanet Laboratory

Biogaz	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Średnia
Wyprodukowany [ppm]	329,25	88,05	67,32	83,04	42,17	66,28	112,69
Oczyszczony [ppm]	40,25	41,08	14,29	1,46	0,77	0,00	16,31

Maksymalna zawartość siarkowodoru dla poszczególnych odbiorników na COŚ i LOŚ jest dużo większa od tej w biogazie produkowanym na przedmiotowych oczyszczalniach i wynosi odpowiednio:

- kotły i palniki – 1000ppm,
- armatura pochodni biogazu – 1000ppm,
- zespoły prądotwórcze – 900ppm.

Niebezpiecznymi związkami zagrażającymi poprawnej pracy odbiorników (a w szczególności silników) są również występujące w biogazie siloksany.

Siloksany są antropogenicznymi związkami organicznymi, w który skład wchodzi krzem, tlen oraz grupy metylowe[1]. W ich strukturze atomy krzemu połączone są wiązaniami kowalencyjnymi z atomami tlenu tworząc łańcuch –O–Si–[O–Si]_n–O–Si–[5]. Szacuje się, że koncentracja siloksanów w różnych biogazach zawiera się w przedziale od 3 do 300 mg/m³. Podczas spalania znajdujących się w gazie siloksanów, wytrącają się cząsteczki tlenku krzemu (IV). Są one chemicznie i fizycznie podobne do piasku i mogą spowodować znaczne wewnętrzne uszkodzenia turbin i różnych części silników. Przyspieszają zużycie elementów ruchomych silnika na skutek tworzenia twardego nagaru (rys. 13).



Rys. 7 Nagar i uszkodzenia spowodowane obecnością siloksanów w biogazie
Fig. 7 Carbon build-up and damage caused by the presence of siloxanes in biogas.

Na oczyszczalniach COŚ i LOŚ siloksany są usuwane z biogazu na filtrach wypełnionych węglem aktywnym.

Badania na obecność siloksanów w biogazie na COŚ i LOŚ wykonywane są na zlecenie Aquanetu przez niemieckie laboratorium – SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH.

W biogazie sprawdzana jest zawartość związków:

- Tetrametylosilan,
- Trimetylosilanol ,
- Heksametylodisiloksan,
- Heksametylocyklotrisiloksan,
- Oktametylotrisiloksan,
- Oktametylocyklotetrasiloksan,
- Dekametylotetrasiloksan,
- Dekametylocyklopentasiloksan.

W tab.8 przedstawiono zestawienie sumy wykrytych związków krzemu w badanych próbkach.

Tab. 8 Suma związków krzemu w biogazie COŚ/LOŚ
 Tab. 8 Sum of silicon compounds in biogas at COŚ/LOŚ

Data	COŚ		LOŚ
	Biogaz z WKF	Biogaz na odbiornikach	Biogaz na odbiornikach
	[mg/nm ³]	[mg/nm ³]	[mg/nm ³]
20.04.2017	-	1,6	2,3
14.11.2017	-	11,7	3,7
06.03.2018	6,2	0,1	3,5
17.04.2018	2,5	0,1	-
09.07.2018	7,3	0,3	-
05.03.2019	6,4	0	10,7
18.07.2019	8,1	1,4	-
24.10.2019	3,7	4,5	7
21.07.2020	3,2	0,5	3,9
08.12.2020	4,2	6,9	2,9
26.04.2021	2,1	2,4	5,4
10.08.2021	2,4	2,1	0
29.03.2022	5,4	0	0
29.06.2022	4,1	0,3	0
08.11.2022	2	16,8	0

Maksymalna zawartości siloksanów w biogazie zasilającym zespoły prądotwórcze na Centralnej i Lewobrzeżnej Oczyszczalni Ścieków, według wytycznych producenta silników, wynosi 20 mg/10 kWh, co odpowiada **11,3 mg/m³** biogazu produkowanego na COŚ i LOŚ (średnia wartość opałową biogazu COŚ i LOŚ w latach 2017-2022 wynosiła 20,39 MJ/m³ = 5,66 kWh/m³).

Przekroczenie tej wartości miało miejsce dwa razy. W 2022 r. wynikało z wysycenia filtra węglowego (większa zawartość siloksanów w biogazie po filtrze niż przed). Powód przekroczenia zaobserwowanego w 2017 r. prawdopodobnie był tożsamy, jednak nie dysponujemy pomiarem próbki biogazu przed filtrem.

Parametry energetyczne biogazu

Kluczowymi parametrami określającymi potencjał paliw do wykorzystania na cele energetyczne są: ciepło spalania i wartość opałowa.

Ciepło spalania biogazu waha się od 22 do 27 MJ/m³, a wartość opałowa wynosi od 20 do 24 MJ/m³. Jest ona zbliżona do wartości opałowej gazu średniokalorycznego, jednakże znacznie odbiega od wartości charakterystycznej dla gazu ziemnego [4].

Wartości tych parametrów (tab. 9) zarówno na COŚ jak i LOŚ przez większość czasu utrzymuje się w oczekiwanym zakresie, nieznacznie tylko odstając w 2020 r. Nie zauważono jednak wpływu na obniżenie produkcji energii elektrycznej i sprawności urządzeń.

Tab. 9 Parametry energetyczne biogazu na COŚ/LOŚ
 Tab. 9 Energy parameters of biogas at COŚ/LOŚ

Obiekty	Parametr	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Średnia
COŚ	Ciepło spalania [MJ/m ³]	22,83	23,02	22,92	22,07	22,58	22,03	22,57
	Wartość opałowa [MJ/m ³]	20,60	20,82	21,75	19,87	20,33	19,83	20,53
LOŚ	Ciepło spalania [MJ/m ³]	22,31	22,60	22,72	21,61	22,56	22,84	22,44
	Wartość opałowa [MJ/m ³]	20,09	20,35	20,63	19,46	20,32	20,57	20,24

3. Wykorzystanie biogazu w Aquanecie

3.1 Centralna Oczyszczalnia Ścieków

Ujmowany pod kopułami komór fermentacyjnych biogaz kierowany jest rurociągiem do zbiornika o pojemności 5000 m³. Zbiornik stanowi bufor, umożliwiający magazynowanie biogazu w celu optymalnego wykorzystania i ograniczenia nieefektywnego spalania na pochodni oraz emisji do atmosfery. Jego pojemność umożliwia przetrzymanie około 4-godzinnej produkcji. Biogaz następnie jest osuszany, podgrzewany i kierowany do filtra, wyposażonego w dwa złoża węgla aktywnego. Jego zadaniem jest oczyszczenie gazu z niekorzystnych dla pracy odbiorników (zwłaszcza zespołów prądotwórczych) związków krzemu (siloksanów) oraz siarkowodoru.

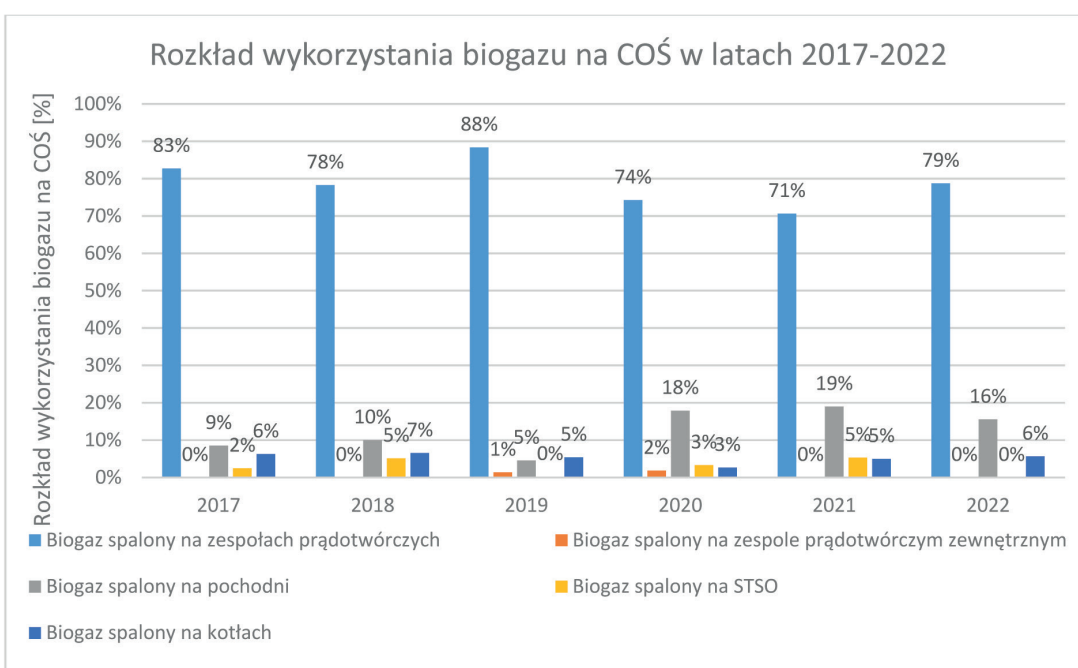
Oczyszczony biogaz kierowany jest do odbiorników, na których zachodzi jego spalanie.

Biogaz na COŚ może być obecnie spalany na czterech rodzajach odbiorników:

- trzech zespołach prądotwórczych (1 MW każdy),
- kotłach z palnikiem dwupaliwowym (biogaz lub gaz ziemny) Viessmann (moc 0,7 MW),
- kotłach umożliwiającym współspalania biogazu z gazem ziemnym na Stacji Termicznego Suszenia Osadów (STSO),
- pochodni biogazu (wydajność maksymalna – 500 m³/h).

Do 2020 r. w celu ograniczenia spalania biogazu na pochodni, biogaz spalany był również w zespole prądotwórczym należącym do firmy zewnętrznej, który obecnie nie wchodzi już w skład instalacji.

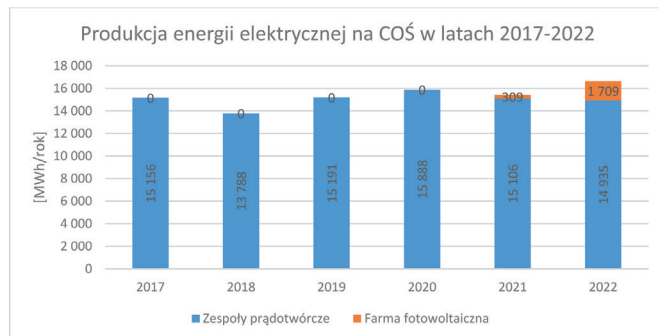
Procentowy rozkład ilości biogazu spalonego na poszczególnych odbiornikach w latach 2017-2022 przedstawiono na rys.8.



Rys. 8. Rozkład wykorzystania biogazu na COŚ w latach 2017-2022

Fig. 8. Distribution of biogas utilization at the COŚ from 2017 to 2022

Za najkorzystniejszy z ekonomicznego punktu widzenia sposób wykorzystania biogazu uchodzi spalanie go na zespołach prądowców. Dzięki temu jesteśmy w stanie wyprodukować energię elektryczną oraz ciepłą na potrzeby technologiczne i socjalne obiektu. Na wykresie (rys. 9) przedstawiono ilość energii elektrycznej wyprodukowanej na COŚ w latach 2017-2022.

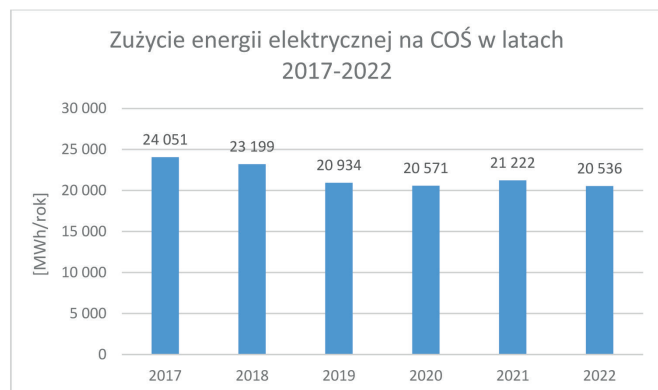


Rys. 9. Produkcja energii elektrycznej na COŚ w latach 2017-2022

Fig.9 Electricity production at the COŚ from 2017 to 2022

W wyniku sukcesywnego zwiększania produkcji energii elektrycznej, między innymi dzięki:

- równoległej pracy trzech zespołów prądowcowych (IV kwartał 2022),
- budowie instalacji fotowoltaicznej (2021), oraz stopniowym ograniczaniem jej zużycia na COŚ w skutek między innymi:
- zwiększania świadomości energetycznej pracowników oczyszczalni,
- wymianie urządzeń na energooszczędne,
- optymalizacji pracy obiektów technologicznych, rośnie pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną przez energię wyprodukowaną (rys. 11). W 2022 roku wyniosła rekordowe 81 %. Warto wspomnieć, że w październiku 2022 roku dzięki umożliwieniu równoległej pracy trzech zespołów prądowcowych ilość wyprodukowanej energii elektrycznej przewyższyła miesięczne zapotrzebowanie obiektu (1 635 780 kWh – produkcja, 1 635 167 kWh – zużycie).



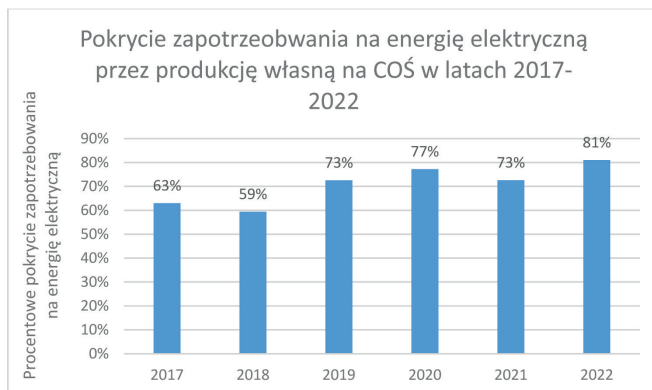
Rys. 10 Zużycie energii elektrycznej na COŚ w latach 2017-2022

Fig.10 Electricity consumption at the COŚ from 2017 to 2022

4.2 Lewobrzeźna Oczyszczalnia Ścieków

Analogicznie jak na COŚ, wyprodukowany biogaz magazynowany jest w zbiorniku o pojemności 5000m³, który umożliwia przetrzymanie około 12-godzinnej produkcji. Następnie oczyszczany jest w filtrze, w którym zastosowany został katalityczny węgiel aktywny, redukujący związki siarki i krzemu w nim zawarte.

Osuszony i podgrzany biogaz transportowany jest na odbiorniki, w których ulega spalaniu. Biogaz na LOŚ może być spalany na trzech rodzajach odbiorników:

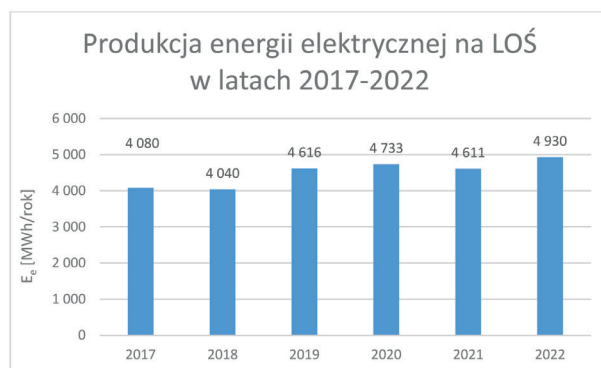


Rys. 11. Pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną przez produkcję własną na COŚ w latach 2017-2022

Fig.11 Coverage of electricity demand by own production at the COŚ from 2017 to 2022

- Zespołach prądowcowych (2 szt. praca, 1 szt. w rezerwie, każdy o mocy 0,54 MW),
- Dwóch kotłach (2 szt. o mocy 0,92 MW),
- Pochodni biogazu (trzy progi wydajności: 150, 250 i 400 m³/h).

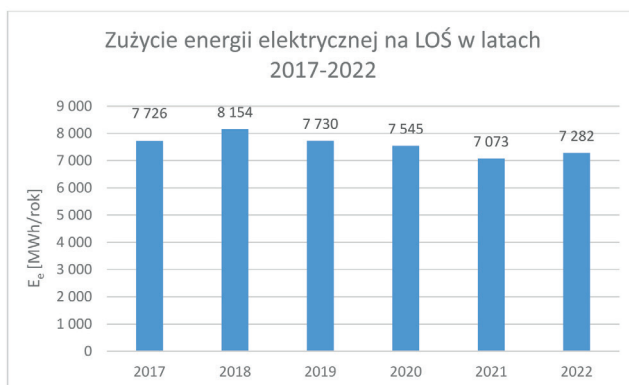
Na Lewobrzeźnej Oczyszczalni Ścieków, dzięki możliwości przetrzymania w zbiorniku dużej ilości biogazu w stosunku do jego produkcji, w latach 2017 – 2022 praktycznie w 100% spalany był na zespołach prądowcowych. Na wykresie (rys. 12) przedstawiono produkcję energii elektrycznej na LOŚ w latach 2017-2022.



Rys. 12. Produkcja energii elektrycznej na LOŚ w latach 2017-2022

Fig.12 Electricity production at the LOŚ from 2017 to 2022

Analogicznie jak na COŚ, systematycznie maleje zużycie energii elektrycznej na cele technologiczne i socjalne (rys. 13). Skutkuje to zwiększeniem pokrycia zapotrzebowania na energię przez produkcję własną (rys. 14) która w ostatnich latach oscyluje w okolicach 60-65%.



Rys. 13 Zużycie energii elektrycznej na LOŚ w latach 2017-2022

Fig.13 Electricity consumption at the LOŚ from 2017 to 2022



Rys. 14. Pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną przez produkcję własną na LOŚ w latach 2017-2022

Fig.14. Coverage of electricity demand by own production on the LOŚ from 2017 to 2022

5.Podsumowanie

W latach 2017-2022 biogaz, produkowany na oczyszczalniach ścieków w wyniku prowadzenia mezofilowej fermentacji osadów ściekowych oraz kofermentu, spełniał wymagania urzędów, na których był spalany, zapewniając ich optymalną i bezawaryjną pracę.

Gaz uzyskany na Centralnej Oczyszczalni Ścieków charakteryzowała zawartość metanu na poziomie około 61%, wartość opałowa na poziomie około 21 MJ/m³ oraz ciepło spalania na poziomie około 23 MJ/m³. W przypadku Lewobrzeżnej Oczyszczalni Ścieków było to odpowiednio: około 60%, 20 MJ/m³ oraz 22 MJ/m³. Są to wartości optymalne do efektywnego wykorzystania biogazu jako paliwa, co potwierdzają doświadczenia eksploatacyjne jak również dane literaturowe.

Niepożądane związki: siarkowodor i siloksany, występowały w analizowanym okresie w stężeniach nie stanowiących bezpośred-

niego zagrożenia dla użytkowanych na oczyszczalni silników, kotłów itd. Na COŚ siarkowodor występował w średnim stężeniu 115 ppm w biogazie wyprodukowanym oraz 71 ppm w biogazie oczyszczonym. Odpowiednio dla LOŚ było to 113 ppm oraz 16 ppm. Wartości te są dalekie od dopuszczalnych przez producentów stosowanych urządzeń. Średnia zawartość siloksanów w spalonym biogazie, wynosiła 3,25 mg/m³ dla COŚ oraz 3,28 mg/m³ na LOŚ. Jest to wartość znacznie niższa od maksymalnej dopuszczalnej przez producenta silników 11,3 mg/m³.

Odpowiednie warunki prowadzenia fermentacji (pH, temperatura,), jak również stosowanie kofermentacji w postaci dodawania do osadów odpadów tłuszczowych, pozwoliły na stopniowe zwiększanie ilości produkowanej przez Aquanet energii elektrycznej z produkowanego biogazu, co w połączeniu z nieustającą optymalizacją jej zużycia na cele technologiczne i socjalne poskutkowało systematycznym wzrostem pokrycia zapotrzebowania na nią przez produkcję własną (z 63% do 81% na COŚ oraz z 53% do 68% na LOŚ). ■

LITERATURA

- [1] Stachun Ireneusz i Jolanta Biegańska. 2014 „Siloxane in the biogas.” *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, 16(2): 1-8.
- [2] Kozłowski Kamil, Jacek Dach, Marta Cieślak, Wojciech Czekala i Damian Janczak. 2016 „Parametry środowiskowe oraz procesowe fermentacji metanowej prowadzonej w trybie ciągłym (CSTR).” *Inżynieria Ekologiczna*, Grudzień: 153-160.
- [3] Kaltschmitt M.i F. Scholwin. 2005 „Podstawy w zakresie wiedzy o fermentacji beztlenowej.” W *Biogaz produkcja wykorzystywanie*, 5-22. Lipsk: Institut für Energetik und Umwelt GmbH .
- [4] Michalski Marcin. „www.viessmann.edu.pl.” 14 Marzec 2017. http://www.viessmann.edu.pl/wp-content/uploads/T12_SEO-B22_Fermentacja_14_03_2017.pdf (data uzyskania dostępu: Marzec 7, 2023).