

Kofermentacja substratów realnym sposobem na zwiększenie ilości biogazu

Małgorzata Tomczykowska

PWiK Ostróda Sp. z o.o.

W eksploatacji oczyszczalni ścieków obok procesów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów, bardzo ważne miejsce zajmuje dziś aspekt biogazowo-energetyczny. Korzyści, jakie płyną z produkcji biogazu mobilizują eksploatatorów do modernizacji i rozbudowy instalacji do jego wytwarzania oraz przetwarzania w energię elektryczną i ciepłą. Powyższe działania są charakterystyczne głównie dla dużych oczyszczalni, prowadzących z racji wielkości obiektu, proces wytwarzania energii na dużą skalę.

Na przykładzie działań podjętych na naszej oczyszczalni ścieków chcielibyśmy udowodnić, iż uzyskanie znacznej produkcji biogazu i energii jest również możliwe w przypadku średnich obiektów o wartości RLM poniżej 100 000. Podstawą realizacji zadania jest wprowadzenie zmian w samym procesie fermentacji, a mianowicie zamiana procesu fermentacji na proces świadomie prowadzonej kofermentacji z udziałem biodegradowalnych, biogazotwórczych substratów.

1. Charakterystyka obiektu.

Oczyszczalnia ścieków w Tyrowie dla miasta Ostródy położona jest w północno-wschodniej części kraju w województwie warmińsko-mazurskim, około 4 km na zachód od miasta Ostródy. Oczyszczalnia przyjmuje ścieki komunalne z miasta Ostródy, okolicznych miejscowości gminnych, a także ścieki z nieskanalizowanych obszarów miasta i gminy dowożone taborem asenizacyjnym.

Na terenie zlewni ścieków odprowadzanych do oczyszczalni mieszka ok. 38 tys. mieszkańców. W mieście znajdują się niewielkie zakłady przemysłu spożywczego, zakład naprawy taboru kolejowego i kilka stoczni jachtowych. Zakłady mięsne położone w bliskim sąsiedztwie oczyszczalni są największym zakładem przemysłowym związanym z miastem i mają duży wpływ na jego gospodarkę ściekową.

Oczyszczalnia w Tyrowie jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną pracującą w układzie ze zintegrowanym usuwaniem związków węgla, azotu i fosforu.

Aktualne parametry oczyszczalni przedstawiono w tabeli nr 1.

Tab. 1. Charakterystyczne parametry dla Oczyszczalni ścieków w Tyrowie.

Charakterystyczne przepływy	Jednostka	Wartość
Dane projektowe		
Q _{dśr} - przepływ średniodobowy	m ³ /d	12 000
Q _{dmax} - przepływ maksymalny dobowy	m ³ /d	15 500
RLM oczyszczalni		94 000
Dane za 2014 r		
Q _{dśr} - przepływ średniodobowy	m ³ /d	5 419
Q _{dmax} - przepływ maksymalny dobowy	m ³ /d	9 500
RLM oczyszczalni		62 500

2. Rozwój procesu kofermentacji na oczyszczalni w Tyrowie.

Technologia przeróbki osadów oparta na kofermentacji metanowej w dwóch zamkniętych komorach ZKF rozpoczęła się już na początku lat 90-tych. Duże znaczenie miało sąsiedztwo dużego zakładu przemysłu mięsnego. Do oczyszczalni trafiały tłuszczowe osady poflotacyjne z flotatorów, które stanowiły jeden z głównych elementów zakładowej podczyszczalni ścieków.

Biogaz spalany był w dwóch kotłach węglowo-koksowych przystosowanych do spalania biogazu oraz pochodni. W 1997 r. stary zbiornik biogazu zastąpiono nowym dwupowłokowym o pojemności 780 m³. W 2000 r. zamontowano dwa nowe kotły przystosowane do spalania biogazu o mocy cieplnej 505 kW każdy.

W latach 2001-2002 oczyszczalnia przeszła gruntowną modernizację części ściekowej i osadowej. Z dwóch ZKF-ów istniejących na oczyszczalni, wyremontowano i włączono do eksploatacji tylko jeden o kubaturze V = 5000 m³. Uruchomiono również kogenerator G1 o mocy elektrycznej 186 kW i cieplnej 318 kWc. W tym samym czasie do współfermentacji zaczęto stosować również osady tłuszczowe pozyskiwane z innego zakładu, prowadzącego ubój i przetwórstwo indyków. W 2004 r. udział tłuszczu w masie osadu dozowanego do ZKF-u kształtował się na poziomie 6 % i z roku na rok wzrastał. W 2011 roku wyniósł już 23 % (w dobowej porcji wsadu wynoszącej 107 m³ znajdowało się 19 m³ tłuszczu). Produkcja biogazu utrzymywała się na poziomie 2717 m³/d.

Ze względu na powstałe nadwyżki wytwarzanego biogazu w roku 2011 zdecydowano się na zakup drugiej jednostki kogeneracyjnej G2 o mocy elektrycznej 252 kW i cieplnej 315 kWc. Niestety niedługo po uruchomieniu drugiego agregatu w 2012 r. nastąpiła zmiana profilu produkcji w zakładach mięsnych. Konsekwencją tego było znaczne zmniejszenie osadów tłuszczowych dostarczanych do oczyszczalni i spadek produkcji biogazu do wartości 1965 m³/d.

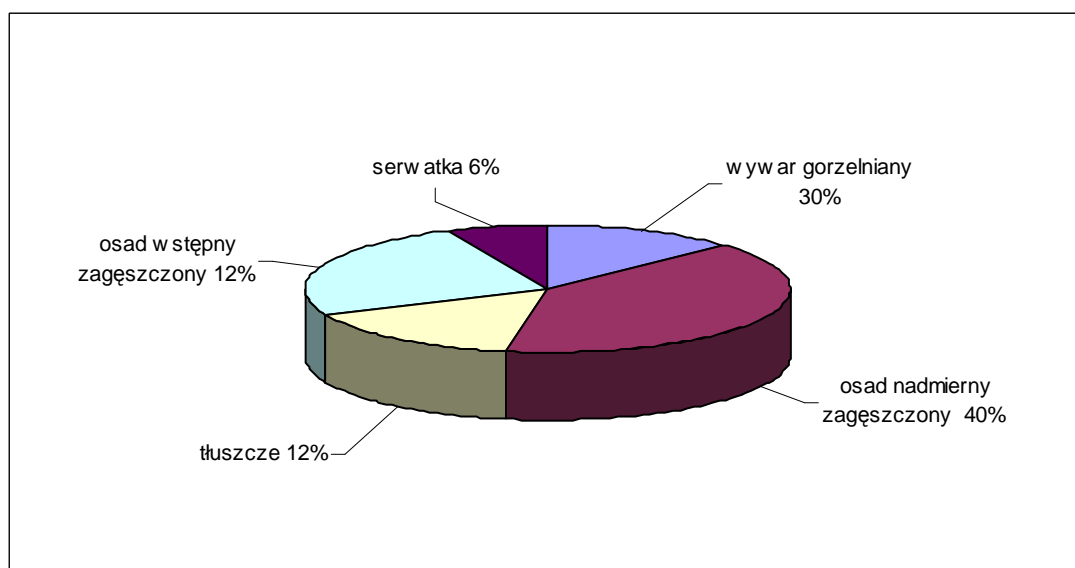
Sytuacja ta była impulsem do poszukiwania i pozyskiwania nowych kosubstratów do fermentacji.

Od 2013 r. rozpoczęto na pełną skalę współfermentację osadów z następującymi kosubstratami:

- osady tłuszczowe z podoczyszczania ścieków przemysłowych z przemysłu mięsnego,
- tłuszcze jadalne z separatorów zakładów gastronomicznych,
- serwatka kwaśna pasteryzowana z zakładów przetwórstwa mleka,
- wywar gorzelniany zbożowy i melasowy.

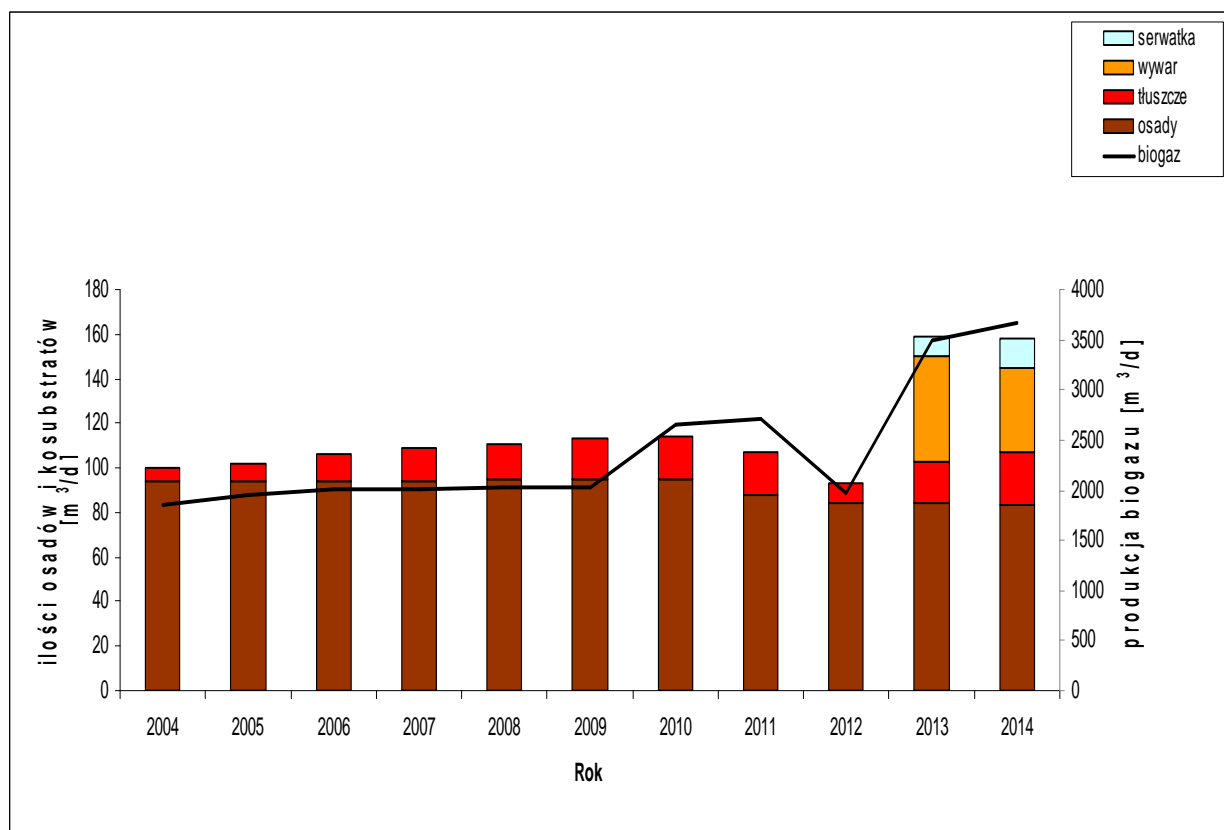
Średnio do komory podawano w ciągu doby: 84 m³ osadów, 19 m³ osadów tłuszczowych 47 m³ wywaru gorzelnianego i 9 m³ serwatki. Udział kosubstratów zewnętrznych w masie podawanej do komory wzrósł do 47 %.

Procentowy udział fermentowanych substratów obrazuje rysunek nr 1.



Rys. 1. Procentowy udział fermentowanych substratów cyklu dobowym w 2013 r.

Proces rozwoju kofermentacji na oczyszczalni w Tyrowie w latach 2004-2014 obrazuje rysunek nr 2.



Rys. 2. Ilości fermentowanych osadów i kosubstratów oraz produkcja biogazu w cyklu dobowym na oczyszczalni w Tyrowie w latach 2000 – 2014.

W roku 2014 w strudze 158 m³ świeżej masy wsadu podawanego do komory w ciągu doby znajdowało się 83 m³ osadów i 75 m³ kosubstratów. W skali roku przefermentowano 30000 m³ osadów ściekowych, 8917 m³ osadów tłuszczowych, 13845 m³ wywaru gorzelnianego i 4913 m³ serwatki. W efekcie prowadzonej współfermentacji osadów ściekowych z kosubstratami uzyskano w latach 2013 i 2014 produkcję biogazu w ilości odpowiednio: 3573 m³/d i 3672 m³/d.

W wyniku podjętych działań średniomiesięczna produkcja energii elektrycznej od 2013 r. utrzymuje się na poziomie około 241 MWh. Ilość wytworzonej energii pokrywa w 100 % zapotrzebowanie oczyszczalni ścieków, której energochłonność w skali miesiąca kształtuje się na poziomie 153 MWh, a nadprodukcja w wysokości 88 MWh sprzedawana jest do sieci energetycznej.

Energia ciepła powstająca w bloku energetyczno-cieplnym w całości zabezpiecza potrzeby oczyszczalni nawet w warunkach zimowych (jeżeli temperatura nie spada < - 20 °C).

Dla porównania wyliczono, że ilość biogazu uzyskana na drodze fermentacji jednostopniowej osadów z oczyszczalni, bez udziału kosubstratów wynosiłaby zaledwie 1666 m³/dobę.

W 2014 roku rozpoczęto modernizację drugiej komory fermentacyjnej głównie ze względu na konieczność wyczyszczenia i zmodernizowania pracującej. Od stycznia 2015 r. pracują dwie komory ZKF w systemie fermentacji dwustopniowej z możliwością dozowania substratów zarówno do I jak i II stopnia fermentacji. W kwietniu 2015 r. uruchomiono trzecią jednostkę kogeneracyjną G3 o mocy elektrycznej 256 kW i cieplnej 315 kWc. Wprowadzenie dwustopniowej fermentacji przy zachowaniu dotychczasowych warunków dozowania mieszaniny osadów i kosubstratów zintensyfikowało dobową produkcję biogazu do wartości średniodobowej 4200 m³ (dane za miesiąc marzec 2015 r.).



Fot. 1. PWiK Ostróda Sp. z o.o. Oczyszczalnia ścieków w Tyrowie – zbiorniki ZKF.

3. Wytyczne do prowadzenia procesu kofermentacji.

Organizacja pozyskiwania kosubstratów wymagała dużego nakładu pracy i nie była sprawą łatwą. Na podstawie naszych doświadczeń przed wdrożeniem procesu należy przeprowadzić analizę możliwości prowadzenia procesu oraz zaplanować dodatkowe działania związane z przyjmowaniem i fermentacją kosubstratów, a w szczególności:

1. Oszacować możliwości technologiczne i techniczne węzła przeróbki osadów pod kątem przyjęcia nowych dostaw kosubstratów.
2. Wytypować dostawców kosubstratów biorąc pod uwagę jakość kosubstratu oraz koszty transportu.
3. Opracować procedurę oceny jakości kosubstratów.
4. Dokonać klasyfikacji kosubstratów zgodnie z Ustawą o odpadach oraz rozszerzyć decyzję odpadową. W przypadku przyjmowania serwatki uzyskać decyzję Powiatowego Lekarza Weterynarii wraz z weterynaryjnym numerem identyfikacyjnym.
5. Opracować procedurę kontroli technologicznej procesu fermentacji.

Ad.1. Ocena możliwości technologicznych i technicznych węzła przeróbki osadów.

Zasadniczym aspektem technologicznym, który decyduje o tym, czy można myśleć o wprowadzeniu kofermentacji jest posiadanie rezerw kubaturowych komór fermentacyjnych. Maksymalną ilość, możliwych do przyjęcia kosubstratów szacuje się na podstawie czasu zatrzymania osadów w ZKF-ach, czyli wymaganego czasu fermentacji. W przypadku oczyszczalni ścieków w Tyrowie rezerwy te są bardzo duże. Czas zatrzymania osadu w jednej komorze ZKF o pojemności 5000 m³ przy dozowaniu 163 m³/d w tym 77 m³ kosubstratów wynosi 30 dni. W obecnej chwili po włączeniu drugiej komory o takiej samej pojemności czas ten podwaja się do 60 dni. A więc teoretycznie jesteśmy w stanie przyjąć jeszcze dodatkowo około 170 m³/dobę substratów.

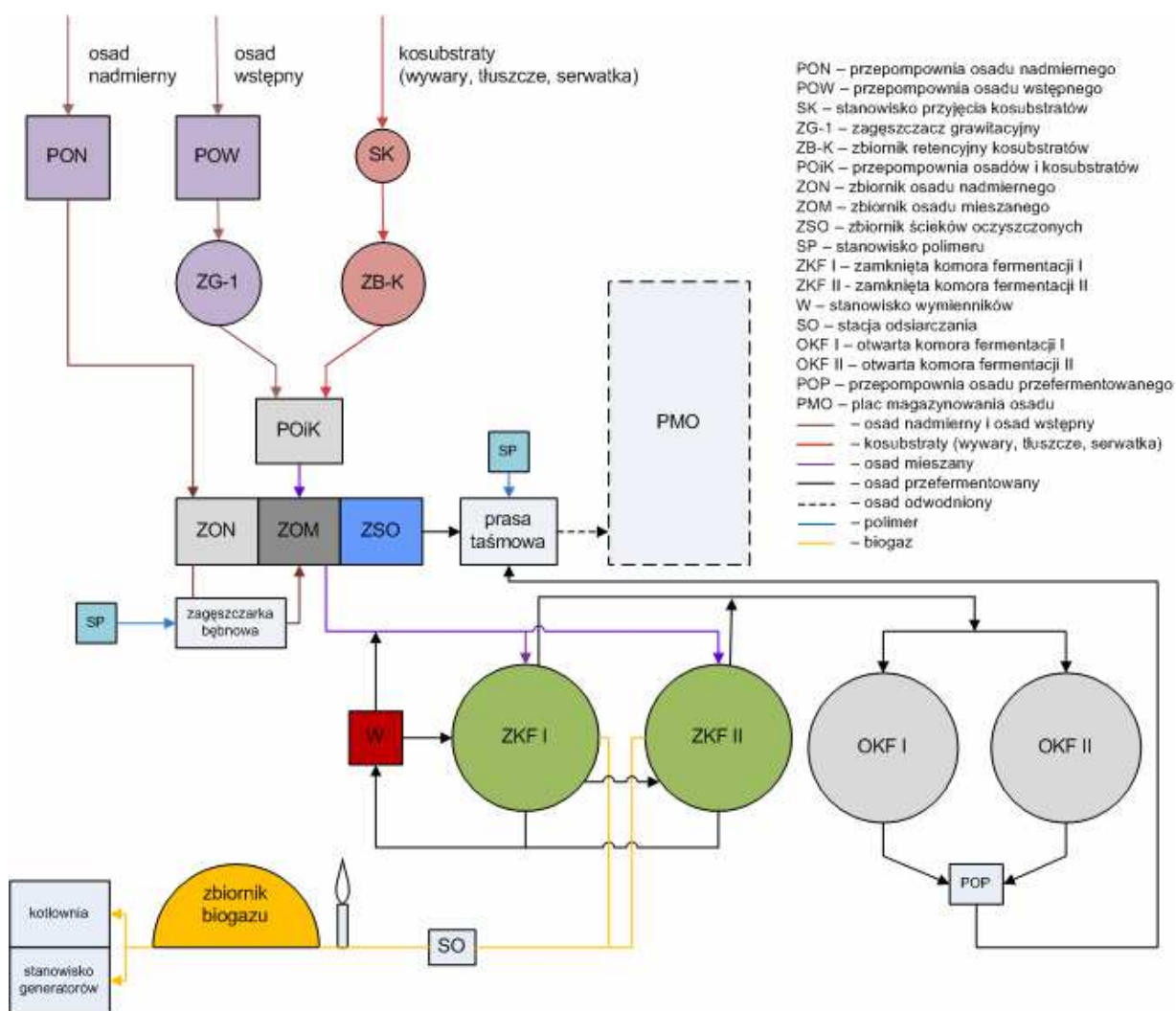
Podstawowym, wręcz niezbędnym naszym zdaniem elementem instalacji do przyjmowania kosubstratów jest zbiornik retencyjny wyposażony w mieszadło. Posiadanie zbiornika retencyjnego:

- łagodzi nierównomierności dostaw dając możliwość zasilania komory fermentacyjnej w sposób ciągły stałą dawką kosubstratów,
- zapewnia dobre wymieszanie kosubstratów i ujednoczenie masy pod kątem składu i struktury.

Do naszej oczyszczalni kosubstraty dowożone są cysternami i wozami asenizacyjnymi o różnej pojemności. Dostawy substratu są w miarę regularne.

Rozładunek wszystkich typów substratów następuje bezpośrednio do studni żelbetowej SPK za pomocą króćca z węzłem. W studni na wylocie zamontowana jest krata rzadka, zapewniająca separację grubszych zanieczyszczeń przywożonych razem z substratami. Ze studni kosubstraty dopływają grawitacyjnie rurociągiem PCV do wydzielonego zbiornika retencyjnego kosubstratów ZBK o pojemności 280 m³, przekształconego ze starego zagęszczacza grawitacyjnego. Zbiornik wyposażony jest w mieszadło średniobrotowe o mocy 2,5 kW. Ze zbiornika kosubstraty pompowane są w ustalonych porcjach dobowych (obecnie ok. 70 m³ na dobę) do zbiornika osadu mieszanego ZOM, gdzie łączą się z osadami z oczyszczalni ścieków, a więc osadem nadmiernym zagęszczonym i wstępnym zagęszczonym.

Zbiornik ten również wyposażony jest w mieszadło. Ujednoliconą masę osadów i kosubstratów dostarczana jest w sposób ciągły do ZKF-u. Obecnie ZKF zasilany jest świeżą masą z wydajnością 6 - 8 m³/h. Sucha masa osadu mieszanego podawanego do komory fermentacji utrzymuje się na poziomie od 4,5 do 5,5 %. Schemat technologiczny części osadowej oczyszczalni przedstawia rysunek nr 3.



Rys.3. Schemat technologiczny części osadowej

Ad 2. Dostawcy kosubstratów.

Drugim z podstawowych elementów świadomego prowadzenia procesu współfermentacji, jest dokonanie oceny dostępności kosubstratów na rynku lokalnym oraz możliwości współpracy z ich dostawcami. Ze względu na ewentualne koszty transportu należy zainteresować się zakładami położonymi jak najbliżej oczyszczalni. Ze względu na koszty ponoszone w związku z przyjęciem i przeróbką kosubstratów najlepsze są osady powstające w podczyszczalniach zakładowych, czyli odpady biodegradowalne, które nie nadają się do jakiegokolwiek dalszego wykorzystania. Wtedy koszty transportu i utylizacji ponosi dostawca, muszący udokumentować organom państwowym, co dzieje się z tym odpadem. Inaczej jest w przypadku wywaru gorzelnianego i serwatki, które są odpadami mogącymi być wykorzystywanymi w dalszych procesach przetwórczych, np. wywar do karmienia zwierząt i nawożenia pól. Odpady te zaliczane są do tzw. produktów ubocznych. W takim przypadku najczęściej koszty transportu ponosi przyjmujący kosubstraty, a więc oczyszczalnia.

W chwili obecnej współpracujemy łącznie z sześcioma zakładami zlokalizowanymi w promieniu 40 km od oczyszczalni.

Ad. 3. Ocena jakości kosubstratów.

Przed przyjęciem kosubstratu należy dokonać jego oceny pod kątem przydatności do fermentacji metanowej oraz technicznych możliwości podaży do komory.

Dla procesu prowadzonego na naszej oczyszczalni wyznaczono następujące podstawowe cechy kosubstratu kwalifikujące go do przyjęcia:

- musi być substratem biodegradowalnym, o wysokiej wartości potencjału biogazowego,
- musi mieć postać półpłynną o jednolitej konsystencji i zawartości suchej masy do 8 %,
- nie może zawierać zanieczyszczeń w postaci elementów stałych typu kości, skóry, pióra (dotyczy to głównie osadów z podczyszczalni zakładowych),
- skład chemiczny substratu musi gwarantować bezpieczeństwo prowadzenia procesu fermentacji oraz wydajną produkcję biogazu i bezpieczny skład biogazu.

Potencjał biogazowy substratów świadczy o ich biodegradowalności i możliwości uzyskania określonej ilości biogazu z kg smo. Potencjał biogazowy osadów ściekowych kształtuje się na poziomie 0,25 – 0,35 m³/kg smo_{dop}. Pożądane jest więc wprowadzenie do systemu fermentacji kosubstratów o wyższej wartości potencjału biogazowego w porównaniu z osadami ściekowymi.

Wykorzystywane do fermentacji na naszej oczyszczalni kosubstraty charakteryzują się następującymi wartościami potencjału:

- osady tłuszczowe – 0,6 – 1,6 m³/kg smo_{dop.}
- serwatka – 0,3 – 0,9 m³/kg smo_{dop.}
- wywar gorzelniany – 0,4 – 0,7 m³/kg smo_{dop.}

Zbadanie próbki kosubstratu i określenie jego składu jest bardzo ważnym elementem procesu jego klasyfikacji do współfermentacji.

Bardzo ważnym parametrem jest pH kosubstratów. Odczyn często jest czynnikiem limitującym ilość bezpiecznej dawki podawanego kosubstratu do komory, szczególnie jeśli chodzi o kosubstraty o odczynie kwaśnym tj. serwatkę i wywar.

Drugim ważnym parametrem wpływającym na przebieg procesu fermentacji oraz skład biogazu są siarczany. Duża ilość siarczanów w próbce kosubstratu na poziomie powyżej 600 mg/l może powodować poważne zakłócenia samego procesu, jak również doprowadzić do zwiększenia zawartości siarkowodoru w biogazie.

Zawartość sm, smo, ChZT, LKT, oraz substancji ekstrahujących się eterem naftowym ma wpływ na wydajność produkcji biogazu. Na podstawie określenia sm, smo oraz przyjętego potencjału biogazowego możemy wyliczyć teoretyczną ilość biogazu jaką uzyskamy z 1 m³ podawanego kosubstratu.

Odpowiednio wysoka wartość proporcji C/N (C/N >10) w kosubstracie zabezpiecza proces fermentacji przed inhibitującym działaniem amoniaku.

Osady tłuszczowe są najbardziej korzystnym kosubstratem w procesie współfermentacji z osadami ściekowymi z uwagi na dobrą podatność na biodegradację, wysoki potencjał biogazowy, dużą wartość proporcji C/N = 10-39, niską zawartość siarczanów. Ich wprowadzanie do systemu fermentacji powoduje wzrost stężenia metanu w biogazie.

Przydatność wywarów gorzelnianych do procesu współfermentacji uzależniony jest od rodzaju surowca oraz technologii produkcji. Stosowany na naszej oczyszczalni wywar zbożowy charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami jako kosubstrat. Posiada wysoki ładunek związków organicznych, wysoką wartość proporcji C/N, wysoki potencjał biogazowy, niską zawartość patogenów, bogaty zasób składników mineralnych, niewielką ilość siarczanów i wysoką temperaturę. Wadą jest niski odczyn. Wywar melasowy, który odrzuciliśmy jako potencjalny kosubstrat zawierał bardzo dużo siarczanów powodujących znaczny wzrost zawartości siarkowodoru w biogazie.

Serwatka kwaśna jest kolejnym pożądanym kosubstratem do współfermentacji z osadami ściekowymi. Ze względu na duże stężenie łatwo biodegradowalnych związków organicznych, znaczną zawartość białek (laktozy), substancji odżywczych – witamin oraz soli mineralnych, wysoki potencjał biogazowy, odpowiedni stosunek C/N = 11-24. Wadą serwatki kwaśnej jest niski odczyn pH. Należy pamiętać, że serwatka jako produkt uboczny pochodzenia zwierzęcego

kategorii 3 przed fermentacją musi być poddana pasteryzacji. My przyjmujemy serwatkę już spasteryzowaną.

Skład chemiczny kosubstratów przyjmowanych na oczyszczalnię w Tyrowie przedstawia się następująco (tabela 2):

Tab. 2. Skład chemiczny kosubstratów przyjmowanych na oczyszczalnię w Tyrowie.

Lp.	Badany parametr	Jednostka	Osady tłuszczowe	Wywar gorzelniany zbożowy	Serwatka kwaśna
1	pH	-	5,9- 6,5	4,0	3,9
2.	ChZT	mg/l	902 - 13500	59500	50000
3.	Azot ogólny	mg/l	730- 1212	900	1268
4.	LKT	mg/l	2700- 4018	3640	6705
5.	Substancje ekstrahujące się eterem naftowym	mg/l	15590- 31590	5340	153
6.	Siarczany	mg/l	120-250	110	86
7.	s.m. osadu	%	6- 8	5	6
8	substancje organiczne	%	82 - 86	88	88

Ad. 4. Zagadnienia – formalno prawne.

Przed przyjmowaniem kosubstratów należało zakwalifikować je zgodnie z rozporządzeniem MŚ z dnia 27 września 2001 r w sprawie katalogu odpadów do grup o odpowiednich kodach i rozszerzyć decyzję odpadową na ich przetwarzanie.

Zgodnie z posiadaną decyzją możemy przetwarzać następujące rodzaje odpadów:

- 020204 – osady z zakładowych oczyszczalni ścieków przetwórstwa mięsnego (osady tłuszczowe),
- 020502 – osady z zakładowych oczyszczalni ścieków przetwórstwa mleczarskiego,
- 020580 – odpadowa serwatka,
- 020780 – wytloki, osady moszczowe, wywary,
- 190809 – tłuszcze i mieszaniny olejów z separacji olej/woda zawierające wyłącznie jadalne i tłuszcze.

W decyzji znajdują się też odpady potencjalnie możliwe do przyjęcia w celu ich przetworzenia na drodze kofermentacji. Są to odpady o kodach: 020301, 020204, 020380, 020501, 190899.

W przypadku serwatki zaliczanej na podstawie rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 - do produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego kategorii 3 wymagane było uzyskanie decyzji Powiatowego Lekarza Weterynarii. Z tego tytułu inspektor weterynarii raz na pół roku kontroluje prowadzenie procesu na oczyszczalni, oprócz tego wykonuje się dodatkowe badania mikrobiologiczne osadu pofermentacyjnego na zawartość *E. coli* z częstotliwością co 4 miesiące.

Ad. 5. Parametry technologiczne procesu kofermentacji i jego kontrola.

W celu monitorowania stabilności procesu kofermentacji należy prowadzić ciągłą kontrolę podstawowych parametrów technologicznych procesu oraz badania analityczne substratów i osadów pofermentacyjnych.

Na oczyszczalni w Tyrowie monitorowanie procesu realizuje się prowadząc:

- ciągłą kontrolę temperatury i pH mieszaniny wprowadzanych kosubstratów i osadów na wlocie do komory ZKF, w komorze i na wylocie,
- ciągły pomiar ciśnienia i produkcji biogazu,
- kontrolę analityczną masy substratów wprowadzanych (wsadu) w zakresie: pH, sm, smo, zasadowości, ChZT, LKT fosforu og., azotu og., azotu amonowego oraz siarczanów,
- kontrolę analityczną masy pofermentacyjnej w zakresie: pH, sm, smo, zasadowości, ChZT, LKT fosforu og., azotu og., azotu amonowego,
- pomiar zawartości metanu i siarkowodoru w biogazie,
- kontrolne analizy składu chemicznego dowożonych kosubstratów.

Do czynników wpływających inhibitująco na przebieg fermentacji metanowej zalicza się: temperaturę, pH, stężenie azotu amonowego, lotnych kwasów tłuszczowych czy związków działających toksycznie na mikroorganizmy. W prawidłowo działającym reaktorze beztlenowym optymalny odczyn powinien mieścić się w zakresie od 6,8 do 7,4, stężenie lotnych kwasów tłuszczowych od 100 do 500 mg/dm³, przy zasadowości nie mniejszej niż 500 mgCaCO₃/dm³. Stosunek LKT do zasadowości nie może przekroczyć granicznej wartości wynoszącej 0,4. Innym parametrem informującym o stabilności przebiegu procesu fermentacji metanowej jest stężenie jonu amonowego (N-NH₄). Stężenie jonu amonowego powyżej 4,0 g/dm³ może powodować inhibicję procesu.

Dodatek kosubstratów do fermentacji metanowej osadów ściekowych powoduje wzrost obciążenia komory ładunkiem organicznym (OLR). Nieodpowiedni stosunek substratów w mieszaninie, a tym samym uzyskanie zbyt wysokiego OLR może powodować inhibicję procesu. Przy zbyt wysokim OLR szybkość procesu hydrolizy/acidogenezy może być wyższa od metanogenezy, co spowoduje nagromadzenie się lotnych kwasów tłuszczowych w komorze, a w konsekwencji obniżenie pH.

Podstawowe parametry technologiczne procesu współfermentacji przy 48 % udziale kosubstratów prowadzonych na oczyszczalni w Tyrowie przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 3. Parametry technologiczne procesu fermentacji. Dane za 2014 r.

I. Substraty dostarczane do komory		
1. Osad wstępny		
ładunek s m.osadu wstępnego zagęszczonego	kgsm/d	820
uwodnienie osadu wstępnego zagęszczonego	%	95,9
sucha masa osadu wstępnego zagęszczonego	%	4,1
objętość osadu wstępnego zagęszczonego	m ³ /d	20
udział części organicznych w osadzie wstępnym	%	80
2. Osad nadmierny		
ładunek s m. osadu nadmiernego zagęszczonego	kgsm/d	3024
sucha masa osadu nadmiernego zagęszczonego	%	4,8
uwodnienie osadu nadmiernego zagęszczonego	%	65,2
objętość osadu nadmiernego zagęszczonego	m ³ /d	63
udział części organicznych osadu nadmiernego zag.	%	77
3. Tłuszcze		
ilość tłuszczu dowożonych	m ³ /d	24
sucha masa tłuszczu	%	6,3
uwodnienie tłuszczu	%	93,7
ładunek s m.tłuszczu	kgsm/d	1512
udział części organicznych w tłuszczach	%	85
4. Wywar gorzelniany		
ilość wywary gorzelnianego	m ³ /d	38
sucha masa wywaru	%	5,3
uwodnienie wywaru	%	94,7
ładunek s m.wywaru	kgsm/d	2014
udział części organicznych w wywarze	%	95
5. Serwatka		
ilość serwatki	m ³ /d	13
sucha masa serwatki	%	4,8
uwodnienie serwatki	%	64
ładunek s m.serwatki	kgsm/d	624
udział części organicznych w serwatce	%	90
II. Parametry mieszaniny substratów kierowanych do ZKF		
łącna ilość suchej masy w mieszaninie substratów kierowanych do ZKF	kgsm/d	7900
łącna objętość substratów kierowana do ZKF	m ³ /d	158,0
sucha masa w mieszaninie substratów kierowanych do ZKF	%	5,0
zawartość lotnych kwasów w osadzie przefermentowanym LKT	mgCH ₃ COOH/ dm ³	4164,0
azot ogólny	mg/l	1060,0

III. Udziały procentowe substratów w masie wejściowej		
udział procentowy osadu nadmiernego w suchej masie wejściowej	% sm	38
udział procentowy osadu wstępnego w suchej masie wejściowej	% sm	10
udział procentowy tłuszczu w suchej masie wejściowej	% sm	19
udział procentowy wywaru w suchej masie wejściowej	% sm	25
udział procentowy serwatki w suchej masie wejściowej	% sm	8
IV. Parametry komory ZKF		
ilość komór ZKF	szt.	1
pojemność komory ZKF	m ³	5000
czas zatrzymania osadu w ZKF	d	31,6
temperatura fermentacji	°C	37
obciążenie komory sucha masą	kgsm/m ³ d	1,58
obciążenie komory sucha masą substancji organicznej	kgsmo/m ³ d	1,31
V. Parametry procesu fermentacji		
udział części organicznych w osadzie do fermentacji	%	83
zawartość suchej masy organicznej w osadzie do fermentacji	kgsmo/d	6557
stopień fermentacji części organicznych w osadzie	%	65,1
dobowa ilość masy organicznej zredukowanej w osadzie	kgsmo/d	4268
VI. Parametry osadu przefermentowanego		
ilość suchej masy organicznej osadu po fermentacji	kgsmo/d	2289
dobowa ilość osadu po fermentacji	kgsm/d	3634
procent suchej masy osadu po fermentacji	%	2,3
udział suchej masy organicznej w osadzie po fermentacji	%	63
dobowa objętość osadu odprowadzanego z ZKF	m ³ /d	158,0
pH	-	7,5
zasadowość osadu przefermentowanego	mgCaCO ₃ /dm ³	5875,0
zawartość lotnych kwasów w osadzie przefermentowanym LKT	mgCH ₃ COOH/ dm ³	210,0
stosunek LKT/ZAS.	-	0,04
azot ogólny	mg/l	1750,0
VII. Biogaz		
dobowa produkcja biogazu	m ³ /d	3672
dobowa ilość masy organicznej zredukowanej w ZKF	kgsmo/d	4268
jednostkowa produkcja biogazu na smo zredukowaną	m ³ /kg smo	0,86
ilość biogazu przypadająca na smo osadu doprowadzanego do ZKF	m ³ /kg smo	0,56
zawartość metanu w biogazie	%	65,0

Z prezentowanych danych wynika, że badane parametry mieszczą się w zakresach wartości świadczących o stabilnym przebiegu procesu.

4. Negatywne aspekty prowadzenia procesu kofermentacji.

Podstawowym negatywnym zjawiskiem prowadzenia tak zaawansowanej kofermentacji, jest zmiana struktury osadu przefermentowanego, co przekłada się na pogorszenie jego podatności na odwadnianie mechaniczne.

W ostatnich dwóch latach przy prowadzeniu kofermentacji na poziomie 48 % wzrosło zużycie polimeru z 8,2 kg/Mg s.m osadu do 10,5 kg/Mg s.m., co podnosi koszty odwadniania osadów.

Ponadto słabo skłaczkowy osad pofermentacyjny podawany na urządzenie, szybko zanieczyszcza elementy prasy odwadniającej, a szczególnie taśmy odwadniające. Należało więc wprowadzić częstsze czyszczenie tych elementów odpowiednimi środkami.

Ze względu na prowadzenie rozszerzonego monitoringu procesu, w tym badań poszczególnych kosubstratów i dodatkowych badań osadów pofermentacyjnych narzuconych przez Powiatowego Lekarza Weterynarii zwiększyły się koszty badań laboratoryjnych na oczyszczalni.

5. Wnioski:

- Zastosowanie kosubstratów (osady tłuszczowe, wywary gorzelniane i serwatka) w ilości 75 m³/d, co stanowi 48 % całkowitego wsadu do fermentacji zwiększyło ponad dwukrotnie produkcję biogazu z wartości 1666 m³/d (fermentacja samych osadów) do 3672 m³/d przy kofermentacji jednostopniowej.
- Wprowadzenie od 2015 r. kofermentacji dwustopniowej przy zachowaniu takiego samego składu fermentowanych substratów zwiększyło produkcję biogazu do 4200 m³/d, lecz proces ten jest nadal na etapie obserwacji i zbierania danych.
- Wprowadzenie procesu kofermentacji wymaga spełnienia następujących warunków:
 - technicznych: posiadania rezerw kubaturowych komór fermentacyjnych oraz odpowiedniej wielkości zbiornika retencyjnego na kosubstraty z możliwością mieszania,
 - technologicznych: opracowanie procedur technologicznych przyjęcia kosubstratów, kontroli jakości przyjmowanych kosubstratów, monitoringu samego procesu oraz kontroli jakości osadu przefermentowanego,
 - prawnych: rozszerzenia decyzji odpadowej o kody przyjmowanych kosubstratów, a w przypadku stosowania serwatki po pasteryzacji uzyskania decyzji Powiatowego Lekarza Weterynarii.
- Przy wyborze kosubstratów do współfermentacji z osadami ściekowymi należy brać pod uwagę ich skład chemiczny, dostępność na rynku lokalnym oraz wyższą w porównaniu z osadami ściekowymi wartość potencjału biogazowego.

- Przy zastosowaniu różnych kosubstratów: osady tłuszczowe, wywary gorzelniane i serwatka bardzo ważne jest, dla utrzymania stabilności procesu, określenie proporcji osadów i poszczególnych kosubstratów w mieszaninie podawanej do komory fermentacji.
- Proces fermentacji z udziałem kosubstratów oprócz korzyści ekonomicznych zapewnia jednocześnie ich utylizację i stanowi alternatywę dla innych, droższych metod unieszkodliwiania i zagospodarowania odpadów.
- Przy podejmowaniu decyzji o kofermentacji osadów z substratami tłuszczowymi, należy zwrócić uwagę na niekorzystne aspekty wynikające z tego procesu, jakim jest pogorszenie się technologii procesu odwadniania osadu.

Literatura:

- [1] Montusiewicz A. (2012). "Współfermentacja osadów ściekowych i wybranych kosubstratów jako metoda efektywnej biometanizacji". Polska Akademia Nauk. Komitet Inżynierii Środowiska. Monografia vol 98.
- [2] Drzewicki A., Bułkowska K., Tomczykowska M. (2015). „Intensyfikacja procesu biometanizacji na przykładzie oczyszczalni w Tyrowie”. International Journal of Environmental Research. Przyjęte do druku 01.01.2015 r.