

EWA ZIELEWICZ, MALWINA TYTŁA\*

## WPŁYW CHARAKTERYSTYKI KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH NA EFEKTY KOFERMENTACJI Z SERWATKĄ

### *Streszczenie*

*Jedną z metod unieszkodliwienia serwatki kwaśnej może być jej fermentowanie z osadami komunalnym. Dozowanie serwatki do osadów komunalnych nie powinno zakłócać procesu fermentacji ani pogarszać podatności osadów przefermentowanych na odwadnianie. Efekty kofermentacji uzyskane dla takich samych proporcji udziału serwatki w 2 osadach komunalnych wykazały, że istotną rolę przy ustalaniu dawek serwatki może odgrywać proporcja ChZT serwatki / ChZT osadów.*

Słowa kluczowe: kofermentacja, fermentacja metanowa, osady ściekowe, serwatka kwaśna, biogaz

### WPROWADZENIE

Kofermentacja polega na fermentacji co najmniej dwóch składników pochodzących z różnych źródeł. Proces ten przebiega tak samo jak klasyczna fermentacja metanowa, w czterech kolejno następujących po sobie fazach tj. hydrolizy, kwasogenezy, octanogenezy i metanogenezy [Podedworna i Umiejewska, 2008; Worwąg i in., 2008]. Produktem końcowym kofermentacji są przefermentowane osady o zmniejszonej zawartości związków organicznych oraz biogaz, składający się głównie z metanu (60-80%) i dwutlenku węgla (20-40%) [Podedworna i Umiejewska, 2008; Andreoli i in., 2007; Dymaczewski i in., 1997]. Kofermentację komunalnych osadów ściekowych z odpadami przemysłu spożywczego można rozpatrywać zarówno jako metodę utylizacji tych odpadów, jak i wspomaganie fermentacji osadów ściekowych, dzięki wprowadzaniu do procesu substancji o dużej zawartości związków organicznych. Wprowadzanie do fermentacji dodatkowego źródła węgla w postaci biodegradowalnych odpadów jest postrzegane jako możliwość pozyskania większej ilości biogazu stanowiącego źródło energii odnawialnej [Comino i in., 2009]. Ilość uzyskiwanego

---

\* Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska Gliwice

biogazu w procesie kofermentacji może być około 2-3 krotnie wyższa w porównaniu z fermentacją jednoskładnikową [Ledakowicz i Krzystek, 2005]. Substratami procesu kofermentacji, poza osadami ściekowymi, mogą być ścieki lub odpady przemysłowe (z gorzelnii, browarów), odchody i odpady zwierzęce (gnojówka, gnojowica, wody gnojowe, obornik, odchody drobiu), odpady płynne z przetwórstwa rolniczego i spożywczego (serwatka kwaśna), odpady organiczne (organiczne frakcje odpadów komunalnych, trawy, słomy, liście ziemniaków i buraków, kukurydza) oraz rośliny energetyczne (zboża, trawy, poplony) [Ledakowicz i Krzystek, 2005; Bień i in., 2008; Kuczyńska i in., 2011]. Podczas kofermentacji odpadów przemysłu spożywczego z osadami ściekowymi można uzyskać wyższy stopień biodegradacji składników oraz lepszą jakość osadu prefermentowanego. Do zalet kofermentacji można zatem zaliczyć: rozcieńczenie substancji toksycznych zawartych w substratach poddawanych procesowi, zwiększenie ilości substancji pożywkowych i biodegradowalnych substancji organicznych, uzyskanie wysokiego stopnia prefermentowania oraz większej produkcji biogazu [Lebiocka i Pawłowski, 2009].

Serwatka kwaśna, będąca produktem odpadowym z produkcji serów twarogowych w zakładach przetwórstwa mleka, stanowi poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego. W porównaniu z serwatką słodką, wykorzystywaną w pełni przez przemysł spożywczy, serwatka kwaśna charakteryzuje się niższym odczynem (pH 3,8-4,6) i zawartością białek, a wyższym udziałem kwasu mlekowego (do 0,7%) oraz popiołu. Ponadto wysoka wartość chemicznego zapotrzebowania na tlen (ChZT) rzędu 60-80 g O<sub>2</sub>/l zmniejsza możliwości przeróbki serwatki kwaśnej, a jej odprowadzanie wraz ze ściekami do komunalnej oczyszczalni ścieków może przyczyniać się do załamania procesów biologicznych i pogorszenia jakości ścieków oczyszczonych. Procesem zalecanym do unieszkodliwienia serwatki kwaśnej jest jej fermentacja lub kofermentacja z osadami ściekowymi, prowadzona w warunkach mezofilowych. Jest to związane z przekształcaniem w/w odpadu na energię w postaci biogazu. Z 1 tony serwatki powstaje do 55 m<sup>3</sup> biogazu, który zawiera około 77% metanu, natomiast fermentacja samych osadów ściekowych zapewnia tylko 1,0-2,0 m<sup>3</sup> gazu z tony suchej masy osadów [Bień i in., 2008; Jodłowski P. i Jodłowski G., 2008]. Istotnym problemem dla procesów kofermentacji jest odpowiedni dobór jakości i proporcji substratów kierowanych do procesu. Jakość serwatki kwaśnej, wytwarzanej w jednym zakładzie nie ulega większym zmianom. Natomiast charakterystyka osadów ściekowych z poszczególnych oczyszczalni ścieków miejskich jest zróżnicowana i nie w każdej z nich wprowadzenie serwatki do komór fermentacyjnych będzie miało korzystny wpływ na przebieg oraz efekty procesu fermentacji osadów. Problem stanowi również określenie ilości serwatki kwaśnej jaką w stosunku do ilości osadów ściekowych może przyjąć oczyszczalnia z zachowaniem produkcji biogazu i jakości osadów prefermentowanych. Należy także wziąć pod uwagę, iż ilości serwatki przyjmowane przez

oczyszczalnię powinny spełniać oczekiwania producenta tego odpadu i być opłacalne dla obydwu podmiotów, chociażby ze względu na ponoszone koszty utylizacji (np. koszty transportu).

Celem przeprowadzonych badań było określenie możliwości kofermentowania serwatki kwaśnej, pochodzącej z jednej ze śląskich OSM, z osadami ściekowymi z różnych oczyszczalni komunalnych. Efekty kofermentacji określano w oparciu o ubytek ChZT i masy organicznej substratów, ilości wytworzonego w procesie gazu oraz charakterystykę fermentatu.

### CHARAKTERYSTYKA SUBSTRATÓW BADAŃ

Badanymi substratami były komunalne osady ściekowe i serwatka kwaśna. Pobierane do badań osady ściekowe pochodziły z 2 komunalnych oczyszczalni ścieków (G) i (K) o różnych RLM, a także różnych charakterystykach fizykochemicznych osadów kierowanych do fermentacji (różny charakter zlewni ciążących do oczyszczalni). Oczyszczalnia (G) o RLM > 100 0000, w aglomeracji miejsko-przemysłowej, przyjmuje znaczące ilości ścieków przemysłowych i wytwarzane w niej osady zawierają substancje inhibujące procesy biochemiczne. Osady oczyszczalni (K), dla RLM 40 000, nie zawierają zanieczyszczeń o charakterze toksycznym dla mikroorganizmów fermentacyjnych. Osady (wstępne i wtórne) pobierano z instalacji ciągu przeróbki osadów. Mieszanina osadów kierowana do badań fermentacji/kofermentacji składała się z osadów: wstępnego, nadmiernego zagęszczonego oraz przefermentowanego, w proporcji odpowiednio: 2:2:1. Do osadów dozowano serwatkę pobraną z Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej (OSM) na Śląsku w ilości 6, 9, 12 lub 15 ml (Tabela 1). Jako próbkę odniesienia przyjęto osady ściekowe poddane fermentacji bez udziału serwatki kwaśnej. Objętość próbek poddawanych fermentacji każdorazowo wynosiła 500 ml. OSM jest zakładem o standardzie europejskim, który specjalizuje się w produkcji wyrobów przeznaczonych dla profesjonalistów w branży lodziarskiej, cukierniczej, piekarskiej, a także gastronomii. Firma jest wyposażona w nowoczesne linie technologiczne produkcji serów jak również produktów UHT.

Wybór w/w zakresu zastosowanych w badaniach kofermentacji dawek serwatki kwaśnej ustalono w oparciu o rezultaty wcześniejszych badań, w których prowadzono kofermentację osadów z dużo wyższymi dawkami serwatki tj. 20 ml; 30 ml; 40 ml, 50 ml i 100 ml w 500 ml badanej mieszaniny. Zarówno serwatka kwaśna jak i osady ściekowe pochodziły z tego samego źródła. Wyniki badań wykazały, iż dawki serwatki z zakresu 20 -100 ml powodowały wyraźne zahamowanie produkcji biogazu [Zielewicz i in., 2012].

*Tab. 1. Udział objętościowy substratów w mieszaninie poddawanej kofermentacji*  
*Tab.1. The volume fraction of substrate In the mixture subjected to co-digestion*

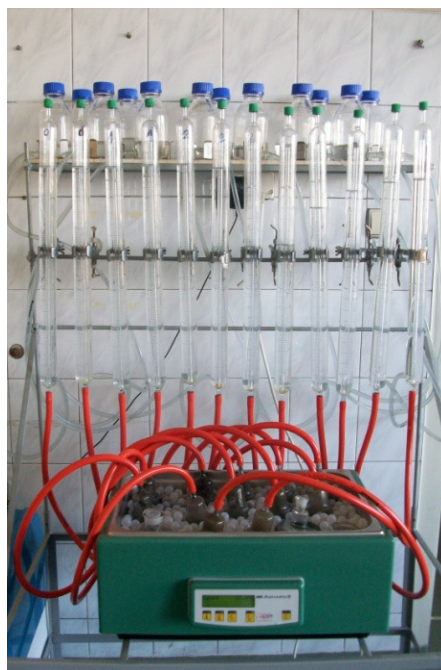
Nr próbki	Proporcje osadów poddawanych kofermentacji [ml]	Objętość (dawka) serwatki [ml]
<b>0</b>	200 ml osady wstępne + 200 ml osady nadmierne +100 ml osady przefermentowane	0
<b>I</b>		6
<b>II</b>		9
<b>III</b>		12
<b>IV</b>		15

### METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w warunkach statycznych, przez okres 30 dni, w instalacji składającej się z 12 szczelnie zamkniętych szklanych kolb (komór fermentacyjnych), o pojemności 500 ml każda. Komory fermentacyjne umieszczono w łaźni wodnej utrzymującej stałą temperaturę na poziomie 37°C i wyposażono w zestaw do odbioru oraz pomiaru objętości wydzielanego gazu. Ponieważ komory nie posiadają mieszadeł, ich zawartość wstrząsano 2 razy na dobę w celu rozbicia powstającego kożucha, a także ułatwienia kontaktu bakterii prowadzących proces z badanymi substratami. Stanowisko badawcze do kofermentacji przedstawiono na fot. 1.

Badania kofermentacji mezofilowej, w temperaturze 37°C prowadzono przez okres 30 dni, w dwóch powtórzeniach.

W ramach omawianych badań przeprowadzono analizę chemiczną substratów i ich mieszanin. W celu określenia składu i charakterystyki chemicznej badanych osadów oraz serwatki kwaśnej oznaczono następujące parametry: chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT), lotne kwasy tłuszczowe (LKT), suchą masę, suchą masę organiczną, uwodnienie i odczyn. Wykonano również badania odwadnialności osadów testem czasu ssania kapilarnego (CSK) i filtracji sitowej z użyciem najkorzystniejszej dawki polielektrolitu kationowego typu Zetag 7633 (roztwór 0,2%), wyznaczonej w oparciu o badania CSK. Takie same badania przeprowadzono także po zakończeniu procesu fermentacji w rozpatrywanych mieszaninach. W badaniach podatności na odwadnianie określono również zmianę dawki wybranego polielektrolitu Zetag 7633. Efekty procesów kofermentacji mezofilowej określono na podstawie obniżenia wartości ChZT i stężenia suchej masy organicznej oraz ilości wydzielonego biogazu.



*Fot. 1. Stanowisko badawcze*  
*Fot. 1. The test stand*

### WYNIKI BADAŃ

Skład fizyczno-chemiczny badanych mieszanin przed procesem fermentacji przedstawiono w tabelach 2A (osady G) i 2B (osady K), natomiast produktów fermentacji w tabelach 3A i 3B.

*Tab. 2A. Charakterystyka badanych mieszanin z osadem G przed procesem kofermentacji*

*Tab. 2A. Characteristics of mixtures of sludge G before co-digestion process*

Wskaźnik	Jednostka	OG	IG	IIG	IIIG	IVG	S1
pH	-	7,05	6,95	6,96	6,96	6,96	4,65
ChZT	g O <sub>2</sub> /l	46,80	50,00	51,60	54,40	87,60	68,70
LKT	g CH <sub>3</sub> COOH/l	0,72	0,88	1,17	1,43	1,61	3,21
sucha masa	g/kg	46,89	47,22	46,66	45,62	46,52	58,19
sucha masa org.	g/kg	33,67	34,07	33,75	32,93	33,71	50,78
uwodnienie	%	95,31	95,28	95,33	95,44	95,35	94,17

Tab. 2B. Charakterystyka badanych mieszanin z osadem K przed procesem kofermentacji

Tab. 2B. Characteristics of mixtures of sludge K before co-digestion process

Wskaźnik	Jednostka	0K	IK	IIK	IIIK	IVK	S2
pH	-	6,19	5,90	5,96	5,97	6,00	4,00
ChZT	g O <sub>2</sub> /l	17,70	20,15	21,55	22,60	27,35	85,40
LKT	g CH <sub>3</sub> COOH/l	0,23	0,52	0,65	0,69	0,77	4,90
sucha masa	g/kg	31,72	32,34	32,16	33,28	34,08	57,37
sucha masa org,	g/kg	24,01	24,83	24,42	25,49	25,96	50,30
uwodnienie	%	96,83	96,77	96,78	96,67	96,59	94,26

Tab.3A. Charakterystyka badanych mieszanin osadu G po procesie kofermentacji z serwatką S1

Tab.3A. Characteristics of mixtures of sludge G after co-digestion process with whey S1

Wskaźnik	Jednostka	0G	IG	IIG	IIIG	IV G
pH	-	7,00	7,63	7,33	7,42	7,73
ChZT	g O <sub>2</sub> /l	16,20	20,40	18,50	21,10	22,80
LKT	g CH <sub>3</sub> COOH/l	2,47	3,28	3,88	2,97	2,50
sucha masa	g/kg	29,65	38,69	33,96	34,42	32,40
sucha masa org,	g/kg	18,10	22,30	21,28	22,13	19,84
uwodnienie	%	97,03	96,13	96,60	96,56	96,76

Tab.3B. Charakterystyka badanych mieszanin osadu K po procesie fermentacji i kofermentacji z serwatką S2

Tab. 3B. Characteristics of mixtures of sludge K after digestion/co-digestion process with whey S2

Wskaźnik	Jednostka	0K	IK	IIK	IIIK	IVK
pH	-	7,14	7,03	7,13	6,89	6,96
ChZT	g O <sub>2</sub> /l	7,35	7,60	9,60	12,75	15,65
LKT	g CH <sub>3</sub> COOH/l	0,13	0,17	0,58	1,64	1,94
sucha masa	g/kg	23,32	19,69	20,81	25,26	27,42
sucha masa org,	g/kg	15,95	13,43	14,22	17,68	19,56
uwodnienie	%	97,67	98,08	97,92	97,47	97,26

Celem porównania wpływu dawki serwatki na przebieg i efekty procesu kofermentacji osadów z obydwu oczyszczalni określono procentowe zmiany wartości ChZT i ubytku suchej masy, Wyniki obliczeń wraz z wartościami wskaźników produkcji biogazu, tj, intensywności wydzielania biogazu i jego sumaryczną objętość po zakończeniu procesu, w odniesieniu do jednostki masy osadów, zestawiono w tabeli 4, W wyniki testu filtracji sitowej przedstawiono w tabeli 5A (osady G) i 5B (osady K),

Tab. 4. Wpływ dawki serwatki na efekty kofermentacji w zależności od rodzaju osadów

Tab. 4. The influence of dose of whey on the effects of co-digestion depending on kind of sludge

Wskaźnik	Jednostka	Dawka serwatki [ml]					
		Osady	0	6	9	12	15
Ubytek ChZT	%	G	65,4	59,2	64,1	61,2	74,0
		K	55,5	62,3	55,0	43,6	46,3
Ubytek s.m. org.	%	G	46,2	34,5	36,9	32,8	41,1
		K	33,5	45,9	41,8	30,6	24,6
Średnia intensywność wydzielania biogazu	l/kg próbki/d	G	0,27	0,20	0,21	0,17	0,24
		K	0,65	0,60	0,59	0,52	0,47
Sumaryczna ilość wydzielonego biogazu	l/kg próbki	G	3,19	2,60	2,83	1,90	3,15
		K	11,8	10,6	8,5	7,0	6,0

Tab.5A. Wpływ dawki serwatki na odwadnialność osadów G po procesach kofermentacji ( test sitowy filtracji z objętości nadawy 0,1 dm<sup>3</sup>)

Tab.5A. The influence of dose of whey on the susceptibility on dewatering of sludge G after co-digestion process (test sieve filtration on the feed volume 0,1 dm<sup>3</sup>)

Dawka serwatki [ml]	Czas filtracji [s]	Dawka Polielektrolitu Zetag 7633 [g/kg sm]	Objętość filtratu [dm <sup>3</sup> ]
0	25	4,04	0,049
6	35	3,62	0,048
9	45	4,12	0,045
12	24	3,49	0,045
15	28	3,70	0,046

Tab. 5B. Wpływ dawki serwatki na odwadnialność osadów K po procesach kofermentacji (test sitowy filtracji z objętości nadawy 0,1dm<sup>3</sup>)

Tab.5A. The influence of dose of whey on the susceptibility on dewatering of sludge after co-digestion process (test sieve filtration on the feed volume 0,1dm<sup>3</sup>)

Dawka serwatki [ml]	Czas filtracji [s]	Dawka polielektrolitu Zetag 7633 [g/kg sm]	Objętość filtratu [dm <sup>3</sup> ]
0	26	3,42	0,047
6	21	4,06	0,022
9	21	3,84	0,027
12	22	3,17	0,030
15	21	2,92	0,027

### DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań, stwierdzono, że wartości wskaźnika ChZT w osadach G i K po fermentacji bez serwatki, jak i po kofermentacji z serwatką uległy zmniejszeniu, przy czym w odniesieniu do osadów G było to obniżenie rzędu 60-70%, podczas gdy w osadach K tylko rzędu 40-60%. Największy stopień obniżenia ChZT stwierdzono w odniesieniu do kofermentacji osadów G z 15 ml serwatki S1 (próbka nr IVG). Przy takiej samej dawce serwatki S2 w odniesieniu do osadów K obniżenie wartości ChZT było znacząco mniejsze, a najlepszy efekt obniżenia ChZT uzyskano dla najniższej dawki serwatki 6ml (próbka IK). Wraz ze wzrostem dawki serwatki procentowy ubytek ChZT malał i był także niższy niż w próbce kontrolnej. Niekorzystny wpływ wzrostu wielkości dawki na zmiany wartości ChZT w odniesieniu do kofermentacji osadów z oczyszczalni G nie był aż tak wyraźny jak w odniesieniu do osadów oczyszczalni K. Dodatek serwatki spowodował zmniejszenie o kilka procent obniżenia ChZT, ale przy dawce najwyższej 15 ml serwatki nastąpił ponowny wzrost procentowego ubytku wartości ChZT, większy niż w próbce kontrolnej i próbce z najmniejszą zastosowaną dawką serwatki (6 ml serwatki / 500 ml mieszaniny osadów).

Pomimo dość znaczącego zmniejszenia ChZT, kofermentacja osadów G z serwatką nie przyniosła istotnego zmniejszenia stężenia suchej masy organicznej mieszaniny, co mogło być spowodowane niską zawartością łatwo rozkładalnych związków organicznych w samych osadach G. W osadach tych najwyższy procentowy ubytek suchej masy w próbkach z serwatką odpowiadał najwyższemu procentowemu zmniejszeniu ChZT (próbka IVG z dawką 15 ml serwatki). W osadach K obniżenie suchej masy było bardziej wyraźne niż w osadach G, przy czym największy ubytek suchej masy (próbka IK z dawką



6 ml serwatki) także towarzyszył najwyższemu ubytkowi wartości ChZT i był aż o 12% większy niż w próbce kontrolnej.

Wyniki badań wykazały wzrost ilości lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) w próbkach po zakończeniu kofermentacji co mogło być czynnikiem inhibitującym proces i przyczynić się do zmniejszenia produkcji biogazu (zaobserwowanego pomiędzy 4 i 13 dniem kofermentacji osadów). Intensywność jak i sumaryczna ilość wyprodukowanego gazu dla każdego z osadów była najwyższa w próbce kontrolnej.

Analiza uzyskanych wyników pozwala na stwierdzenie, że poddawanie osadów z oczyszczalni G procesowi kofermentacji z serwatką kwaśną nie pogorszyło podatności osadów przefermentowanych na odwadnianie w procesie filtracji. Zaobserwowano nawet zmniejszenie dawki polielektrolitu, przy zbliżonych ilościach filtratu. W odniesieniu do osadów z oczyszczalni K wyraźnie zaznaczył się ujemny wpływ dozowania serwatki na jego odwadnialność po kofermentacji, wyrażający się dwukrotnym zmniejszeniem ilości odcieku w teście sitowym. Nie wystąpiła natomiast istotna zmiana dawki polielektrolitu Zetag 7633.

Porównując efekty fermentacji osadów z dwóch wybranych oczyszczalni można zaobserwować, że dozowanie serwatki w całym przedziale dawek nie wpływało w podobnym stopniu na efekty fermentacji. W osadach G ubytek wartości ChZT większy niż w próbce kontrolnej wystąpił dopiero przy najwyższej dawce serwatki. W całym przedziale dozowania serwatki do osadów G wskaźniki produkcji biogazu uległy zmniejszeniu w podobnym stopniu ale były niewiele niższe od i tak bardzo niskich w próbce kontrolnej. Także podatność osadów G na odwadnianie w procesie filtracji nie uległa wyraźnym zmianom ze wzrostem dawki serwatki, poza niewielkim obniżeniem dawki polielektrolitu (Tab. 5A).

Zupełnie odmienny wpływ wywierało dozowanie serwatki na efekty kofermentacji osadów K. Dla dawki najniższej (6 ml), uzyskano spadek suchej masy organicznej i ChZT oraz wzrost odzysku biogazu. Wraz ze zwiększaniem dawki efekty kofermentacji pogarszały się. Dla dawki najwyższej były dużo gorsze, niż w próbce kontrolnej bez serwatki. Ponadto, uległa także pogorszeniu podatność kofermentowanych osadów K na odwadnianie w teście filtracji sitowej.

Wpływ dawki serwatki na efekty kofermentacji były bardziej wyraźne w odniesieniu do osadów z oczyszczalni K, niż z oczyszczalni G, co może być skutkiem wspomnianej już wyżej odmiennej charakterystyki zlewni tych oczyszczalni, a zatem jakości produkowanych osadów. Obserwowane różnice wpływu dawki mogą być także skutkiem odmiennych proporcji ChZT serwatki/ ChZT osadów. W przypadku osadów G, ChZT serwatki było tylko 1,46 razy wyższe od ChZT osadów, podczas gdy ta sama proporcja w odniesieniu do osadów K wynosiła aż 4,8, co powodowało znaczące zmiany jakościowe mieszaniny substratów poddawanych kofermentacji. Wprowadzanie serwatki do osadów K

okazało się toksyczne dla procesu fermentacji już powyżej dawki 12 ml/l osadów. Natomiast dozowanie serwatki do osadów G minimalnie wpływało na efekty fermentacji ponieważ nie zmieniało znacząco jakości mieszaniny w porównaniu z jakością samych osadów.

Słaba podatność osadów komunalnych na procesy fermentacyjne (występowanie w osadach substancji inhibitujących, pochodzących ze zlewni miejsko-przemysłowej) może stanowić istotną barierę unieszkodliwiania z takimi osadami serwatki kwaśnej (jak również innych odpadów przemysłu rolno-spożywczego) w procesach kofermentacji.

### WNIOSKI

- Prowadzenie procesu mezofilowej kofermentacji serwatki kwaśnej z osadami ściekowymi pochodzącymi z oczyszczalni ścieków miejskich G w zakresie dawek serwatki od 0 do 15 ml na 500 ml badanej mieszaniny nie pogarszają istotnie wydzielania biogazu w procesie kofermentacji ani podatności osadów przefermentowanych na odwadnianie metodą filtracji.
- Prowadzenie procesu mezofilowej kofermentacji serwatki kwaśnej z osadami ściekowymi pochodzącymi z oczyszczalni ścieków miejskich K jest możliwe tylko dla dawek 0-6 ml na 500 ml badanej mieszaniny. Dawki wyższe pogarszają produkcję biogazu i podatność osadów na odwadnianie metodą filtracji.
- Istotną rolę przy ustalaniu dawek serwatki może odgrywać proporcja ChZT-serwatki/ChZTosadów.
- Proces kofermentacji serwatki kwaśnej z osadami ściekowymi w warunkach mezofilowych może być metodą utylizacji serwatki pod warunkiem dostosowania dawki serwatki do charakterystyki fizykochemicznej osadów.

**Badania zostały sfinansowane w ramach badań statutowych BK prowadzonych w latach 2010-12 w Instytucie Inżynierii Wody i Ścieków Politechniki Śląskiej**

### LITERATURA

1. ANDREOLI C.V., SPERLING M., FERNANDES F.: *Sludge treatment and disposal*, IWA Publishing, Vol. 6, Chapter 4, Biological wastewater treatment series, 2007

2. BIEN J., WORWAŁ M., NECZAJ E., KACPRZAK M., MILCZAREK M., GAŁWA-WIDERA M.: *Kofermentacja odpadów tłuszczowych i osadów ściekowych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, T. 11 73-82, 2008
3. COMINO E., ROSSO M., RIGGIO V.: *Development of a pilot scale anaerobic digester for biogas production from cow manure and whey mix*, Biore-source Technology, 100, 5072-5078, 2009
4. DYMACZEWSKI Z., OLESZKIEWICZ J.A., SOZAŃSKI M.: *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, PZiTS O/ Poznań, Wyd. II, 1997
5. JODŁOWSKI P.J., JODŁOWSKI G.S.: *Serwatka jako substrat do otrzymania biogazu w procesie fermentacji metanowej*, Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych, AGH, Fundacja Studentów i Absolwentów AGH Academica, GN Pro Futuro, Kraków, 93-97, 2008
6. KUCZYŃSKA I., NOGAJ A., POMYKAŁA R.: *Odpady w produkcji biogazu, Cz. II, Recykling*, 10, 2011
7. LEBIOCKA M., PAWŁOWSKI A.: *Biometanizacja metoda zrównoważonej utylizacji odpadów*, Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, T. 11, Politechnika Lubelska, 1257- 1266, 2009
8. LEDAKOWICZ S., KRZYSZEK L.: *Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego*, Biotechnologia 3 (70), 165-185, 2005
9. PODEDWORNA J., UMIEJEWSKA K.: *Technologia osadów ściekowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 114-115, 2008.
10. WORWAŁ M., BRZESKA K., ZAWIEJA I., BIEN J.: *Stabilizacja beztlenowa osadów ściekowych pochodzących z przemysłu celulozowo-papierniczego*, Proceedings of EC Opole, Vol. 2, 493-498, 2008.
11. ZIELEWICZ E., TYTŁA M., LISZCZYK G.: *Possibility of sewage sludge and acid whey co-digestion process*, ACEE, 1, 2012

## EFFECT OF MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE IN RESULTS OF CO-DIGESTION WITH WHEY

### Summary

*One of the methods of disposal of acid whey may be the fermentation of municipal sewage sludge. Dosage whey waste water should not interfere with the fermentation process, and also deteriorate the susceptibility of fermented sludge dewatering. Co-digestion effects obtained for the same proportion of whey in 2 municipal sludge have shown that an important role in determining the doses of whey can play ratio of COD whey / COD sludge.*

Key words: co-digestion, digestion, sludge, acid whey, biogas