

NISKOSKŁADNIKOWE METODY OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW I PRZERÓBKII OSADÓW ŚCIEKOWYCH

**Dariusz BORUSZKO, Wojciech DĄBROWSKI,
Elżbieta GRYGORCZUK-PETERSON, Lech MAGREL, Józefa WIATER***

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące oczyszczania ścieków komunalnych, odcieków w oczyszczalniach mleczarskich, kompostowania osadów mleczarskich oraz fermentacji osadów w celu uzyskania biogazu. Stwierdzono, że w oczyszczalniach przydomowych uzyskuje się wysoką efektywność oczyszczania ścieków. Oczyszczanie odcieków przy pomocy hydrofitów wpływa korzystnie na pracę oczyszczalni ścieków mleczarskich. Stosowanie Efektywnych Mikroorganizmów przyspiesza procesy kompostowania różnych odpadów organicznych. Osady ścieków komunalnych i mleczarskich można fermentować i otrzymać biogaz.

Słowa kluczowe: osady, ścieki, oczyszczalnie hydrofitowe, biogaz.

1. Wstęp

Praca poświęcona jest problematyce oczyszczania ścieków i przeróbki osadów alternatywnymi metodami. Metody te, to oczyszczanie ścieków z użyciem hydrofitów, wytwarzanie biogazu i kompostów. Wiąże się to z reguły z niskim zużyciem energii, niskimi kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi oraz brakiem użycia reagentów chemicznych do wspomagania procesów.

2. Zastosowanie metody hydrofitowej w ochronie środowiska

Pierwsze systemy hydrofitowe w Polsce pojawiły się latami 90 ubiegłego wieku i wzorowane były na budowanych w Europie Zachodniej i Ameryce Północnej systemach określanych, jako „constructed wetlands”. Charakteryzują się one prostą obsługą oraz brakiem stosowania chemikaliów. W trakcie ich pracy nie powstają odpady charakterystyczne dla obiektów stosujących metody biologiczne i chemicznie czynne. Zalety metody hydrofitowej spowodowały jej wykorzystanie do oczyszczania ścieków bytowych, komunalnych, przemysłowych i rolniczych, ścieków ze stacji paliw, wód deszczowych, odcieków ze składowisk odpadów, spływów obszarowych z pól uprawnych i z lotnisk. Jest ona także stosowana do przeróbki osadów ściekowych. Zaletą złą hydrofitowych stosowanych do przeróbki osadów jest ich niska energochłonność, prosta budowa oraz tania eksploatacja. Jest to coraz powszechniej stosowana

metoda służąca do rozwiązania problemów gospodarki ściekowej na terenach wiejskich, szczególnie w przypadku zabudowy rozproszonej (Rosen, 2002; Stanko, 2007). Wybór rodzaju przydomowej oczyszczalni ścieków powinien być uwarunkowany ilością odprowadzanych ścieków i zawartym w nich ładunków zanieczyszczeń, warunków gruntowo-wodnych, dostępnej powierzchni oraz aspektów ekonomicznych, które najczęściej wpływają na wybór danego rozwiązania. Uwzględnić należy także ochronę otaczającego środowiska (Błażejewski, 1999; Heidrich, 1998; Heidrich i in., 2008; Rosen, 2002; Stańko, 2007). W innym przypadku ich funkcjonowanie miałyby się z celem.

3. Zastosowanie metody hydrofitowej do oczyszczania odcieków

Ocieki z przeróbki osadów ściekowych są nieodłącznym produktem występującym w każdej oczyszczalni pracującej metodą osadu czynnego. Ich oddziaływanie na proces oczyszczania ścieków jest znaczne. Szczególnie odnosi się to do dużych obiektów oczyszczających ścieki komunalne bądź przemysłowe, gdzie osady są stabilizowane beztlenowo. Występują one także na obiektach stosujących stabilizację tlenową osadów. Taki sposób stabilizacji występuje w oczyszczalniach mleczarskich działających na terenie województwa podlaskiego. Są one zwykle zwracane na początek oczyszczalni powodując tym samym problemy z efektywną i stabilną eksploatacją. Ilość odcieków

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: j.wiater@pb.edu.pl

w ogólnym strumieniu ścieków wybranych oczyszczalniach wynosiła od kilku do kilkunastu procent.

Zastosowanie kosztownych metod fizyczno-chemicznych jest uzasadnione w przypadku największych oczyszczalni komunalnych. W przypadku mniejszych obiektów, które stabilizują osady tlenowo, celem jest zastosowanie prostszych i znacznie tańszych metod wydzielonego oczyszczania odcieków. Badania własne prowadzone na terenie dwóch oczyszczalni mleczarskich zlokalizowanych w Wysokim Mazowieckiem i Bielsku Podlaskim. W trakcie badań skoncentrowano się na określeniu podstawowych wskaźników zanieczyszczeń ze szczególnym uwzględnieniem azotu amonowego. Wynika to z tego, iż odcieki z przeróbki osadów mleczarskich zawierają duży ładunek azotu. Złóża o przepływie pionowym służą do prowadzenia procesu nitrifikacji ze względu na dobre natlenienie i cykliczny pionowy przepływ. Rysunek 1 przedstawia instalacje badawcze w Wysokim Mazowieckiem.

W tabeli 1 i 2 przedstawiono fragment wyników badań z 2007 roku, prowadzonych z zastosowaniem złóż hydrofitowych A i B o różnej budowie (wypełnieniu).

Uzyskane rezultaty wykazały przydatność tej metody celem zmniejszenia ładunku zanieczyszczeń ścieków mleczarskich. Może mieć to szczególne znaczenie ze względu, iż większość oczyszczalni mleczarskich działa według założeń projektowych z lat 70-tych ubiegłego wieku. Wymagają one modernizacji ze względu na wzrost ładunku ścieków jak i wymagania odnośnie, jakości ścieków oczyszczonych. Złóża hydrofitowe poziome, tak jak i pionowe zostały bardzo dobrze rozpoznane, w ostatnich latach zaobserwowano tendencje do stosowania układów hybrydowych opartych o złożo pionowe (nitrifikacja) i poziome (denitrifikacja). Szereg autorów określiło warunki stosowania takiego układu w przypadku oczyszczania ścieków bytowych (Błażejowski, 1996; Obarska-Pempkowiak i in., 2010; Brix i Arias, 2005; Janus i Van der Roast, 1997).



Rys. 1. Instalacje badawcze działające na terenie firmy Mlekovita w Wysokim Mazowieckiem

Tab. 1. Parametry odcieków zasilających złóża A i B

Parametry	BZT ₅ [mg O ₂ ·dm ⁻³]	ChZT [mg O ₂ ·dm ⁻³]	TKN [mg N·dm ⁻³]	Azot amonowy [mg N-NH ₄ ·dm ⁻³]	Fosfor ogólny [mg P·dm ⁻³]
Wartość średnia	110	232,0	32,1	14,7	7,0

Tab. 2. Efektywność usuwania zanieczyszczeń w złożu hydrofitowym „A” i „B” w Wysokim Mazowieckiem

Parametry	BZT ₅	CHZT	N-NH ₄	N-TKN	P-ogólny
Złożo pionowe A – efekt usunięcia %					
wartość średnia	86,9	74,2	89,2	70,0	36,0
Złożo pionowe B – efekt usunięcia %					
wartość średnia	85,0	75,0	86,6	69,4	39,0

4. Efektywność pracy przydomowych oczyszczalni ścieków

Efektywność pracy przydomowych oczyszczalni ścieków określać można na podstawie przeprowadzanych ankiet wśród użytkowników przydomowych oczyszczalni oraz badań fizyko-chemicznych ścieków. Badania przeprowadzone zostały na 50 istniejących obiektach, w których zastosowane są głównie drenaże rozsączające i filtry roślinne.

Ankietyzacja miała na celu zebranie danych dotyczących ogólnej charakterystyki i stanu sanitarnego gospodarstw (część I ankiety) oraz funkcjonowania oczyszczalni ścieków (część II ankiety), natomiast badania próbek ścieków dotyczyły głównie określenia takich parametrów jak odczyn, biochemiczne zapotrzebowanie na tlen – BZT₅, chemiczne zapotrzebowanie na tlen – ChZT, zawiesina ogólna oraz stężenie azotu. Uzyskiwane wyniki poddawane były analizie statystycznej. Przykładowe zmiany stężeń zanieczyszczeń dopływających do wybranych przyzagrodowych oczyszczalni ścieków przedstawiono w tabeli 3, a ocenę pracy oczyszczalni na rysunku 2. Tabela 4 zawiera zakresy wartości i stężenia ścieków surowych oraz oczyszczonych w oczyszczalniach roślinnych.

W indywidualnej ocenie eksploatowanych oczyszczalni ścieków w latach 2007-2010 użytkownicy określali ich pracę głównie, jako „dobrą”, „bardzo dobrą” oraz „wzorową” (rys. 2). Tylko nieliczni eksploatatorzy oczyszczalni określili ich pracę, jako „złą”. Wynikało to z błędów popełnionych w trakcie ich budowy. Należy zaznaczyć, że uzyskane oceny odnoszą się jednak do oczyszczalni, które funkcjonują dopiero około dwóch lat.

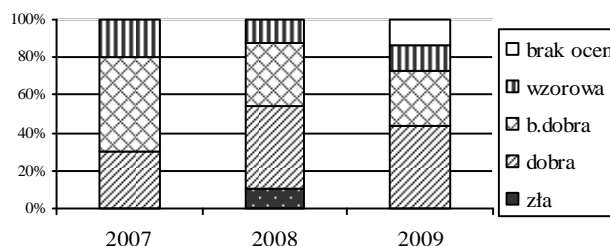
Tab. 3. Przykładowe wartości i stężenia badanych wskaźników w próbkach ścieków surowych i oczyszczonych w wybranych przyzagrodowych oczyszczalni typu roślinnego

Parametr	Ścieki		
	surowe	oczyszczone	
	n = 60	n = 60	
pH	Zakres	6,6 – 7,7	7,3 – 8,2
	Średnia	7,38	7,97
	SD	0,58	0,62
BZT ₅ [g·m ⁻³]	Zakres	160 – 1003	20* – 360
	Średnia	620	149
	SD	359	120
ChZT [g·m ⁻³]	Zakres	450 – 1800	35* – 500
	Średnia	1033	257
	SD	374	191
Zawiesina og. [g·m ⁻³]	Zakres	420 – 530	80 – 100
	Średnia	488	89
	SD	36	7,9

Objaśnienia:

SD – odchylenie standardowe

* – niższe stężenia parametrów ścieków oczyszczonych występowały w obiektach z oczkami wodnymi



Rys. 2. Ocena przydomowych oczyszczalni ścieków w zależności od roku budowy

Tabela 4. Przykładowe wartości badanych wskaźników w próbkach ścieków dopływających do wybranych przyzagrodowych oczyszczalni

Parametr		Kod oczyszczalni						
		Wszystkie n = 90	O1 n = 15	O2 n = 15	O3 n = 15	O4 n = 15	O5 n = 15	O6 n = 15
pH	Zakres	6,6 – 8,5	6,6 – 7,5	7,4 – 8,4	6,8-7,6	6,9 – 7,9	7,4 -8,5	7,5 - 8,4
	Średnia	7,89	7,11	8,05	6,96	7,4	8,21	7,94
	SD	0,58	0,37	0,58	0,42	0,62	0,48	0,51
BZT ₅ [g·m ⁻³]	Zakres	680 – 1200	960 – 1200	680 – 940	910 – 1030	940 – 1020	690 – 1000	820 – 970
	Średnia	903	1008	840	974	982	836	901
	SD	130	34	82,8	39	27	130	61
ChZT [g·m ⁻³]	Zakres	890 – 1800	1300 – 1500	810 – 1110	1210 – 1800	1320 – 1510	890 – 1200	970 – 1180
	Średnia	1295	1393	1619	1322	1419	1008	1062
	SD	229	65	138	74	68	106	90
Zawiesina og. [g·m ⁻³]	Zakres	360 – 590	420 – 520	360 – 530	410 – 510	330 – 480	380 – 450	440 – 590
	Średnia	457	481	451	473	468	468	468
	SD	58,7	30,3	61,5	43,7	45	25,3	52,5

Przeprowadzone badania analityczne wykazały dość istotne przekroczenia badanych stężeń zanieczyszczeń w porównaniu ze stężeniami ścieków bytowo-gospodarczych, podawanych w literaturze, na terenie Polski oraz stężeń zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych z osadników gnilnych w innych krajach, na przykład we Francji czy USA (Błazejewski, 1996; Janus i Roest, 1997; Józwiakowski i in., 2009; Obarska-Pempkowiak i in., 2010).

W ściekach tych wskaźniki zanieczyszczeń przyjmowały wartości z zakresów: BZT₅ od 680 g·m⁻³ do 1200 g·m⁻³, ChZT od 810 g·m⁻³ do 1800 g·m⁻³ i zawiesiny od 310 g·m⁻³ do 590 g·m⁻³ (tab. 4). Stwierdzono, że w większości przypadków jest to wynikiem odprowadzania do osadników gnilnych (tylko 1-komorowych), także ścieków z mycia pomieszczeń gospodarczych znajdujących się w budynkach inwentarskich. Jednocześnie z analizy uzyskanych wyników przeprowadzonych badań wynika, że na oczyszczalniach uzyskiwano wysoki stopień oczyszczania i ścieki spełniały wymagane, rozporządzeniem z 2006 roku normy, jakie powinny spełniać ścieki przy wprowadzaniu do wód i ziemi. Efekty usunięcia zanieczyszczeń wyrażonych BZT₅ > 20% oraz zawiesiny > 50%. Jednak wysokie parametry ścieków oczyszczonych (tab. 3), nawet przy spełnieniu wymogów związanych z minimalnym stopniem oczyszczania w przydomowych oczyszczalniach ścieków odprowadzanych do gruntu – przy ilości < 5 m³·doba⁻¹, w dalszym stopniu mogą stanowić zagrożenie dla środowiska naturalnego.

5. Niskonakładowe metody przeróbki osadów ściekowych

Gospodarka rolna w regionie północno-wschodniej Polski coraz powszechniej wykorzystuje osady ściekowe, które poddawane są niskonakładowym metodom przeróbki.

Na takie działanie mają wpływ następujące czynniki:

- rolniczo-przemysłowa specyfika regionu,
- właściwości i charakter powstających osadów,
- dostępna na tym obszarze biomasa w postaci: słomy, trocin i zrębków; niezbędna do produkcji kompostów,
- duża ilość gleb o małej zawartości próchnicy,

Na tym terenie występuje przewaga małych i średnich oczyszczalni ścieków komunalnych i mleczarskich, w których powstające osady zawierają niewielkie ilości metali ciężkich (tab. 5).

Metody niskonakładowe są tu rozumiane, jako metody charakteryzujące się: prostą konstrukcją i technologią, łatwością obsługi, wykorzystaniem naturalnych procesów zachodzących w środowisku, stosowaniem urządzeń technologicznych i technicznych w niewielkim stopniu, niezawodnością działania, nieznaczną kontrolą w trakcie trwania procesu, niewielkim udziałem energii elektrycznej, niskimi kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi.

Osady ściekowe powstające w oczyszczalniach ścieków często traktowane są jeszcze jako odpady, a nie jako potencjalny materiał do produkcji energii lub do pozyskania cennych surowców wtórnych, jak na przykład wartościowego nawozu w postaci kompostu. Uwzględniając wymogi prawne obecnie obowiązujące, wiadomo, że ilość odpadów „biodegradowalnych” kierowanych na składowisko, musi być sukcesywnie zmniejszana. Składowanie odpadów komunalnych nieprzetworzonych jest praktycznie zabronione od 1 stycznia 2013 roku. W kraju w dotychczasowych badaniach, prowadzonych nad rolniczym wykorzystaniem osadów ściekowych nie podejmowano próby z odpowiednim przygotowaniem osadów mleczarskich. Istnieje natomiast duży problem z zagospodarowaniem osadów z oczyszczania ścieków mleczarskich z dużych zakładów produkcyjnych. Inny charakter i skład fizykochemiczny tych osadów w porównaniu z typowymi osadami komunalnymi (między innymi zdecydowanie

Tabela 5. Zawartość metali ciężkich w osadach oczyszczalni ścieków mleczarskich

Lokalizacja	Ilość metali ciężkich w mg/kg s.m.						
	Ołów	Cynk	Miedź	Kadm	Nikiel	Chrom	Rtęć
Wysokie Mazowieckie	10	310	35	0,52	5,1	18,4	0,2
Grajewo	19,9	307	22	0,45	7,4	17,6	0,19
Mońki	3,2	157	21	0,11	6,8	11,4	0,2
Mrągowo	24,3	194	27,5	31	18,2	31	2,8
Kolno	12,6	139	17	0,15	8	6,6	0,05
Sejny	10	240	26	0,8	1,9	2,1	0,06
Bielsk Podlaski	5	348	20	0,4	12	16	0,045
Zambrów	8,1	230	28	0,6	9,1	9,6	0,23
Piątnica	7,1	410	16	0,26	7,9	19	0,1
Wartość maksymalna przy rolniczym wykorzystaniu	500	2500	800	10	100	500	5

Tab. 6. Zawartość związków biogenych w osadach oczyszczalni ścieków mleczarskich – badania z lat 1996-2007

Lokalizacja	Wybrane wskaźniki charakterystyczne						
	Azot ogólny [g/kg s.m.]	Fosfor ogólny [g/kg s.m.]	Azot anionowy [g/kg s.m.]	Magnez [g/kg s.m.]	Wapń [g/kg s.m.]	Substancje organiczne [%]	Odczyn [pH]
Wysokie Mazowieckie	93,6	22,5	2,91	3,94	28,2	82,9	12,7
Grajewo	31,9	10,6	11	1,02	24,9	67	7,14
Mońki	60,0	8,2	6,4	2,1	18	64	7,04
Mrągowo	42	9,6	4,5	3,1	13,2	55	7,09
Kolno	71	2,2	0,8	5,8	49	31	7,01
Sejny	69	2	2,8	4,2	18	61	7,32
Bielsk Podlaski	21,6	1,75	2,61	6,82	61,9	74,2	7,67
Zambrów	93,5	48,8	0,53	5,73	41,3	74	7,11
Piątnica	74,3	7,6	38	6,9	12,4	82	7,03

wyższa zawartość azotu i fosforu w osadzie w stosunku do związków węgla, występowanie dużych ilości skoagulowanego białka) powoduje, że ich przetwarzanie jest utrudnione. Charakteryzują się one wysoką zawartością składników pokarmowych (tab. 6). Osady te będzie trzeba zagospodarować w inny sposób, na przykład przetwarzając je metodami alternatywnymi. Metoda ta powinna być preferowana dla osadów z małych i średnich oczyszczalni, zgodnie ze strategią odpadową UE – preferencją recyklingu względem spalania.

Przez działanie takie rozumie się metody oparte na naturalnych procesach zachodzących w środowisku, (niewymagające ciągłej kontroli, znacznego zużycia energii i korzystania z urządzeń technicznych), takie jak: kompostowanie, suszenie słoneczne czy unieszkodliwianie na poletkach z trzciną, wierzbą lub przetwarzanie z wykorzystaniem dżdżownicy kalifornijskiej.

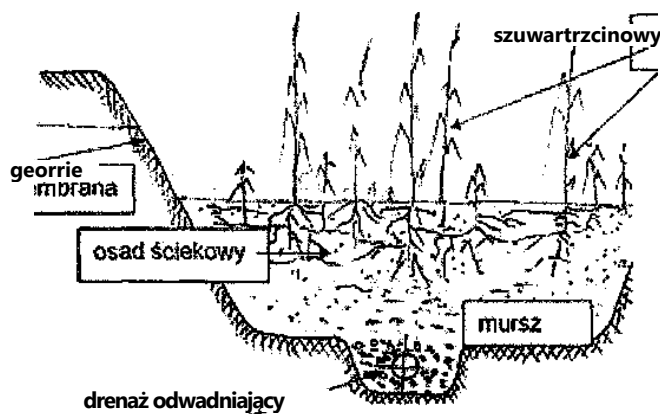
6. Kompostowanie z użyciem dżdżownicy kalifornijskiej

Podstawy wemikompostowania są względnie proste, polegają na skojarzeniu procesu tradycyjnego kompostowania z fizjologiczną aktywnością dżdżownic. Dżdżownice ze względu na specyficzny sposób odżywiania, polegający na rozdrabnianiu substratu organicznego, przyczyniają się powstawania produktu o innych właściwościach niż materiał wyjściowy. Odbywa się to dzięki współpracy mikroorganizmów występujących zarówno w odpadach, jak i przewodzie pokarmowym dżdżownic oraz dzięki enzymom produkowanym przez dżdżownice. W wyniku działalności dżdżownic związki organiczne są rozkładane do łatwo przyswajalnych przez rośliny związków azotu, fosforu, potasu i wapnia. Walkowiak (2007) i Kostecka (1997) twierdzą, że jedna dżdżownica jest w stanie przetworzyć codziennie kilka razy więcej materii organicznej niż wynosi masa jej ciała. Dzięki dużej żarłoczności jedna tona biomasy dżdżownic

w ciągu pięciu dni może przekształcić jedną tonę osadu w wermikompostu (Walkowiak, 2007).

7. Kompostowanie na lagunach z użyciem trzciny

W lagunach osadowych – trzcinowiskach wysokość od dna laguny do korony nasypu wynosi 3,2 m. Są one zbudowane w formie wykopu nasypu. Schemat laguny osadowej przedstawiono na rysunku 3. Doprowadzenie osadu rozwiązano poprzez ułożenie na koronie skarp rurociągów z rur PVC z wbudowanymi trójnikami. Miejsce dozowania uzyskuje się poprzez przekręcenie trójnika wylotem w dół.



Rys. 3. Schemat poletka trzcinowego

W górnej warstwie na poletkach osadowych w oczyszczalni ścieków komunalnych w Zambrówie dokonano nasadzeń trzciny 4 sztuki na 1 m². Roślina ta jest przystosowana do życia w warunkach bagiennych, dzięki wytwarzanym strefom tlenowym wokół korzeni roślin. Umożliwiają one intensywny rozwój kłaczy i korzeni oraz ich penetracje w głąb złoża od 0,3 do 0,9 m. W miarę zalewania warstw osadów są budowane kolejne warstwy systemu korzeniowego, które mają ze sobą kontakt. Zapewnia to stałą, dobrą przepuszczalność złoża. Dolne warstwy ulegają ciągłej mineralizacji i sprasowaniu, które prowadzą do powstania

struktury torfowej. Kłaczka trzciny osiągają w osadach średnicę 20-30 mm i wypełniają one znaczną część objętości złoża (Józwiakowski i in., 2009). Trzciny po zakończeniu okresu wegetacyjnego nie są wycinane, ale przewracają się i ulegają rozkładowi, wzbogacając powstający kompost i zagęszczając go (Wójcik, 2008). Dno laguny wypełnia glina zwarta, poziom wód gruntowych zalega powyżej 6 m. Nachylenie skarp wynosi 1:1,5, a szerokość grobli wynosi 2-4 m. Laguny zostały wyposażone w zjazdy służące do wywożenia osadu.

8. Kompostowanie osadów z materiałem strukturotwórczym

Kompostowanie jest sumą procesów mikrobiologicznych zachodzących w warunkach tlenowych związaną z tworzeniem humusu jako końcowego produktu z odpadów organicznych. Obok humusu w procesie utylizacji materii organicznej mikroorganizmy produkują duże ilości dwutlenku węgla uwalnianego do atmosfery oraz wytwarzają znaczne ilości energii cieplnej w pryzmach kompostowych. W procesie mineralizacji materii organicznej obok produktu końcowego jakim jest humus uwalniane są mineralne związki azotu i fosforu. W czasie kompostowania tworzona jest także i to w znacznej ilości biomasa mikroorganizmów (Błaszczuk i Fit, 2004). Ogólnie proces kompostowania można przedstawić za pomocą uproszczonej reakcji:

Odpady + mikroorganizmy + tlen (powietrze) →
H₂O + CO₂ + kompost + ciepło

Kompostowanie osadów ściekowych jest procesem wielofunkcyjnym, zapewniającym stabilizację osadów, zniszczenie organizmów chorobotwórczych, redukcję masy i uwodnienia. Oprócz unieszkodliwiania osadów ważnym celem kompostowania jest możliwość ich ponownego wykorzystania w gospodarce i środowisku. Substancja organiczna po przetworzeniu na kompost może być wykorzystana jako materiał nawozowy, strukturotwórczy i rekultywacyjny. Stosowanie w tych metodach Efektywnych Mikroorganizmów przyspiesza procesy przetwarzania osadów ścieków mleczarskich. Wyniki przykładowego składu kompostów przedstawiono w tabeli 7.

9. Wytwarzanie biogazu z osadów ściekowych

Fermentacja metanowa jest złożonym procesem beztlenowym, w którym bakterie rozkładają substancje organiczne. W porównaniu z tlenowymi sposobami oczyszczania, uzyskuje się w procesie fermentacji korzystniejszy bilans węgla, gdyż 80-90% tego pierwiastka przechodzi w formę gazową (Nasierowska, 2000).

Fermentacja osadów jako metoda stabilizacji pozwala na osiągnięcie wszystkich celów, które są zakładane w czasie unieszkodliwiania osadów, a mianowicie (Nasierowska, 2000):

- dobrze prowadzona fermentacja osadów wstępnych i nadmiernych prowadzi do rozkładu stałych substancji organicznych o około 50% i redukcję wszystkich ciał stałych o około 33%;
- ustabilizowany osad nie wydziela przykrych zapachów;
- jest metodą prostą, niezawodną ze stosunkowo niskimi kosztami eksploatacyjnymi.

Proces stabilizacji osadów ściekowych metodą fermentacji jest ekonomicznie uzasadniony dla oczyszczalni ścieków o przepustowości powyżej 15000 mieszkańców równoważnych. W pracy przedstawiono wyniki badań procesu fermentacji metanowej osadów ściekowych pochodzących z oczyszczania ścieków mleczarskich i bytowo- gospodarczych.

1. Osady z oczyszczalni ścieków mleczarskich

Osady poddawane procesowi stabilizacji beztlenowej pochodzą z oczyszczalni zakładowych oczyszczających ścieki pochodzące tylko i wyłącznie z produkcji mleka i jego przetworów. Ścieki mleczarskie z zakładów zlokalizowanych w regionie północno-wschodnim posiadają z reguły niższe wskaźniki BZT₅ i ChZT niż ścieki pochodzące z innych regionów kraju.

2. Osady z komunalnych oczyszczalni ścieków

Skład fizyczno-chemiczny osadów ze ścieków komunalnych zależy od rodzaju i ilości ścieków wprowadzanych do kanalizacji oraz metod ich oczyszczania. W ostatnich latach maleje w nich zawartość metali ciężkich, które muszą być usuwane

Tab. 7. Przykładowa zawartość makroelementów w kompostach z zastosowaniem Efektywnych Mikroorganizmów

Nazwa	Węgiel organiczny	Azot	C:N	Fosfor	Potas
Wermikultura	681	102	6,7	35,55	27,99
Wermikultura + efektywne mikroorganizmy	516	100	5,2	34,18	44,79
Trzcina na osadzie	524	107	4,9	37,06	24,6
Trzcina + efektywne mikroorganizmy	519	95	5,5	36,3	14,46
Wierzba na osadzie	620	102	6,1	35,7	41,45
Wierzba + efektywne mikroorganizmy	409	19	21,5	34,75	29,28

ze ścieków przemysłowych przed ich wprowadzeniem do kanalizacji miejskiej. Skład chemiczny osadów ściekowych jest zmienny w bardzo szerokim zakresie zarówno w poszczególnych oczyszczalniach, jak i w okresie eksploatacji w pojedynczym obiekcie (Dymaczewski i in., 1997).

W pracy badano osady zmieszane z osadów wstępnych i wtórnych. Łącznie w całym procesie oczyszczania ścieków powstaje od 0,5 do 1,2 kg suchej masy osadu na 1 kg usuniętego BZT₅.

Badania wykonano w dwóch układach na modelach w skali ułamkowo-technicznej i prowadzono w zakresie temperatury 303-305 K (33-35°C), czyli w fazie fermentacji mezofilowej. Zrealizowano dwa sposoby prowadzenia procesu fermentacji metanowej:

- fermentację statyczną (układ nieprzepływowy) – w procesie której utylizacji był poddawany osad ściekowy jednorazowo wprowadzony do komory fermentacyjnej; proces prowadzono do momentu całkowitego zaniku wydzielania się biogazu; komora była zaszczipiona osadem przefermentowanym w ilości około 20% osadu surowego;
- fermentację dynamiczną (układ przepływowy) – podczas której po każdorazowym pobraniu próby dawkowano do komory fermentacyjnej osad surowy w ilości równej objętości pobranego do oznaczeń osadu fermentującego; proces prowadzono do momentu ustabilizowania się ilości wydzielanego gazu w ciągu doby na jednakowym poziomie; czas fermentacji wahał się w granicach 20-40 dni.

We wszystkich seriach badawczych badano skład biogazu za pomocą specjalistycznej aparatury. Przykładowy skład biogazu z trzech badawczych serii przedstawiono w tabeli 8.

Tab. 8. Przykładowy skład biogazu z trzech serii badawczych (wartości w procentach objętościowych)

	Numer serii		
	I	II	III
CH ₄	78	86	76
CO ₂	18	9	19
	1	1	1
O ₂	1	2	1
	0	1	1
Inne	2	1	2

W wyniku przeprowadzonych badań prowadzonych zaobserwowano wpływ odczynu na zawartość metanu w wydzielanym biogazie. Przykładowo wynosiła ona przy:

- pH = 7,15 – 85% CH₄.
- pH = 7,75 – 83% CH₄.
- pH = 7,98 – 82% CH₄.
- pH = 8,2 – 79% CH₄.

Otrzymana zawartość metanu w biogazie mieści się w przedziałach podanych w dostępnych danych źródłowych. Buraczewski (1990) stwierdził, iż więcej gazu pofermentacyjnego można uzyskać z biomasy

o dużej zawartości suchej masy. W przeprowadzonych badaniach uzyskał z biomasy o stężeniu 25% s.m., o 8% więcej gazu niż z biomasy o zawartości suchej masy 5,3%.

W badaniach własnych uzyskano 400-600 Ndm³ gazu/kg usuniętego ładunku ChZT przy stężeniu suchej masy rzędu 10-20,4%.

Skład biogazu ustalono w ścisłym powiązaniu z czasem trwania procesu stabilizacji anaerobowej, stopniem rozkładu substancji organicznych oraz ze zmianami zawartości azotu amonowego, lotnych kwasów tłuszczowych i odczynu fermentującego osadu i wody nadosadowej.

Zawartość metanu w wydzielającym się gazie wahała się od 71% do 86,8%. Buraczewski (1990) podaje, że gazy z fermentacji zawierają 65-70% metanu. Wydzielający się biogaz z osadów ze ścieków mleczarskich zawierał więcej tego związku. Ilość dwutlenku węgla wahała się w granicach 1,5-26,8%. Ilość tlenu węgla była znikoma i wynosiła od 0,1% do 0,6%. Ilość wydzielającego się gazu zależna była od stężenia ładunku materii organicznej. Z jednego kilograma usuniętego ChZT uzyskano od 228,6 do 698,2 Ndm³ gazu.

10. Podsumowanie

W pracy przedstawiono wyniki badań nad oczyszczaniem ścieków komunalnych, odcieków w oczyszczalniach mleczarskich, kompostowania osadów mleczarskich oraz fermentacji osadów w celu uzyskania biogazu.

Stwierdzono, że w oczyszczalniach przydomowych uzyskuje się wysoką efektywność oczyszczania ścieków. Uzyskane rezultaty wykazały przydatność metody hydrofitowej do zmniejszenia ładunku zanieczyszczeń ścieków mleczarskich. Stosowanie Efektywnych Mikroorganizmów przyspiesza procesy kompostowania odpadów organicznych. Osady ścieków komunalnych i mleczarskich można fermentować i otrzymać biogaz, który składa się głównie z metanu.

Literatura

- Błaszczak M., Fit M. (2004). Sukcesja mikroorganizmów w czasie kompostowania odpadów organicznych. W: *Materiały VII Konferencji Naukowo-Technicznej. Woda ścieki odpady w środowisku. Biologiczne przetwarzanie stałych odpadów organicznych*, Zielona Góra.
- Błażejowski R. (1996). Hydrobotaniczne oczyszczalnie ścieków. Przegląd systemów i zasad ich projektowania. W: *Materiały II Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Oczyszczalnie Hydrobotaniczne”*, Poznań, 25-32.
- Błażejowski R. (1999). Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Wyd. Ośrodek Doradztwa w Zarzeczu, Włocławek.
- Brix H., Arias C.A. (2005). The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. *Ecological Engineering*, No 25, 491-500.
- Buraczewski G. (1990). Ustalenie optymalnych parametrów technologii fermentacji metanowej gnojowicy. *Wyd. SGGW*, Warszawa.

- Dymaczewski, Z., Oleszkiewicz J.A., Sozański., M.M. (1997). Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. *PZITS*, Poznań.
- Heindrich Z. (1998). Przydomowe oczyszczalnie ścieków. *Wyd. COIB*, Warszawa.
- Heindrich Z., Kalencik M., Podedworna J., Stańko G. (2008). Sanitacja wsi. *Wyd. Seidel-Przyw.*, Warszawa, 188-195.
- Janus H.M., van der Roest H.F. (1997). Do not reject the idea of treating reject water. *Wat. Science Technology*, Vol. 35, No. 10, 27-34.
- Jóźwiakowski K., Kornilowicz-Kowalska T., Iglík H. (2009). Estimation of sanitary status of sewage treated in constructed wetland systems. W: *Monograph "Sewages and waste materials in environment"*, Olsztyn, 7-21.
- Kostecka J. (1997). Wermikultura w Polsce jako sposób zamiany osadu ściekowego w cenny nawóz organiczny. W: *Materiały Międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej nt. Osady ściekowe odpad czy surowiec?* *Wyd. Politechniki Częstochowskiej*, 121-129.
- Nasierowska A.A. (2000). Fermentacja metanowa jako sposób unieszkodliwiania osadów ściekowych. Praca dyplomowa, Warszawa.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E. (2010). Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków. *PWN*, Warszawa.
- Rosen P. (2002). Przydomowe oczyszczalnie ścieków. *PWN*, Warszawa.
- Stańko G. (2007). Leksykon przydomowych oczyszczalni ścieków. *Wyd. SGGW*, Warszawa.
- Walkowiak A. (2007). Wpływ wybranych parametrów środowiskowych na wermikompostowanie osadów ściekowych. *Polish Journal of Natural Science*, No. 22, 84-91.
- Wójcik P. (2008). W Zambrowie pracują dżdżownice i trzciny. *Wyd. Środowisko*.

LOW-COST METHODS OF WASTEWATER TREATMENT AND SEWAGE SLUDGE UTILIZATION

Abstract: The paper presents results of studies concerning the treatment of municipal wastewater and effluents of dairy wastewater treatment plants, as well as, composting of dairy sludge and its fermentation for biogas. It was found that household sewage treatment plants have high efficiency of wastewater treatment. Treatment of effluents using hydrophytes enhances the activity of dairy wastewater treatment plant. The use of Effective Microorganisms accelerates the composting of different organic wastes. Municipal and dairy sewage sludge can be a source of biogas consisting primarily of methane (fermentation process).