



**TECHNOLOGIA INTENSYFIKACJA
PRODUKCJI BIOGAZU W KOMUNALNEJ
OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW
WYKORZYSTUJĄCĄ ODPADY
POOCZYSZCZALNIOWE**

wersja 01

08.2015



**TECHNOLOGIA
INTENSYFIKACJA PRODUKCJI BIOGAZU W
KOMUNALNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW
WYKORZYSTUJĄCĄ ODPADY
POOCZYSZCZALNIOWE**



1. INFORMACJE PODSTAWOWE

Technologia przeznaczona jest do wspomaganie procesu fermentacji osadów ściekowych poprzez usprawnienie I fazy procesu tj. hydrolizy. Jest to realizowane przez wprowadzenie do procesu wyselekcjonowanych enzymów ukierunkowanych na rozkład wybranych grup trudnorozkładanych związków jak białka, tłuszcze, cukry mające na celu ich przekształcenie w związki łatwoprzyswajalne przez bakterie metanogenne. Skutkuje to zwiększoną produkcją biogazu w wyniku zwiększonego rozkładu związków organicznych zawartych w osadach ściekowych.

Technologia opiera się na selektywnym wyborze grup enzymów, których najbardziej efektywna aktywacja następuje w określonych, precyzyjnie dobranych temperaturach. Hydroliza multienzymatyczna powiązana może być dodatkowo z fermentacją termofilową umożliwiającą, w porównaniu z fermentacją mezofilową, bardziej efektywne przekształcenie związków organicznych w krótszym czasie i co za tym idzie w mniejszych kubaturach lub przy wprowadzeniu do procesu dodatkowej biomasy wymagającej dla rozkładu wyższych temperatur.

Podstawowe cechy charakterystyczne:

- zwiększono produkcja biogazu o ok. 40% w odniesieniu do klasycznych procesów fermentacji mezofilowej osadów ściekowych,
- przekształcenie związków trudnorozkładalnych,

Technologia opracowana w ramach realizacji umowy o dofinansowanie projektu nr POIG.01.04.00-14-145/11 w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007-2013, Działanie 1.4 Wsparcie projektów celowych pt. „Intensyfikacja produkcji biogazu w komunalnej oczyszczalni ścieków”.

2. CHARAKTERYSTYKA RYNKU

W Polsce większość oczyszczalni ścieków posiada węzeł przeróbki osadów, przy czym ok. 380 oczyszczalni o wielkości RLM>60 000 posiadają proces stabilizacji osadów w oparciu o stabilizację beztlenową – fermentację metanową. W procesie tym powstaje biogaz, który jest spalany w agregatach kogeneracyjnych, w których produkowana jest energia elektryczna i ciepła.

Instalacje te traktowane są jako OZE, a energia elektryczna w nich wyprodukowane musi być kupiona przez zakład energetyczny.

W chwili obecnej większość oczyszczalni ukierunkowana jest na maksymalną intensyfikację produkcji biogazu w celu zwiększenia przychodów ze sprzedaży energii elektrycznej i tym samym obniżenia kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni ścieków.

Proponowana technologia skierowana jest do powyższych przedsiębiorstw i oferuje przy ograniczonych dodatkowych kosztach eksploatacyjnych znaczący wzrost ilości produkowanego biogazu w komorach fermentacyjnych.

3. CHARAKTERYSTYKA PRODUKTU

3.1. Wprowadzenie

Komunalny osad pościekowy to specyficzny produkt, w znacznym stopniu będący osadem nadmiarowym po osadniku wtórnym w oczyszczalni ścieków. Są to komórki roślinne, które swoimi błonami komórkowymi zamykają w sobie łatwo anaerobowo biodegradowalny materiał organiczny. Aby nastąpiła głęboka biodegradacja materii organicznej osadu, konieczna jest najpierw dezintegracja ścian komórkowych połączona z głęboką hydrolizą całej materii organicznej, a następnie przeprowadzenie procesu metanogenezy tak przygotowanego substratu.

Coraz częściej osad nadmiarowy poddaje się różnym czynnościom mającym zwiększyć zawartość węgla poddającego się procesom biodegradacji. Do takich operacji zwiększających anaerobową biodegradowalność osadów można zaliczyć:

- stosowanie ultradźwięków,
- przepuszczanie przez filiry i gwałtowne rozprężenie,
- bardzo intensywne mieszanie (ścinanie) np. noże lizacyjne,
- termiczną dezintegrację np. metoda „Cambi.

Po operacji zwiększenia biodegradowalności w procesie dezintegracji i hydrolizy (stosowana stosunkowo od niedawna, zdecydowana większość oczyszczalni ich jeszcze nie posiada) osad podawany jest w sposób ciągły do wydzielonych komór fermentacyjnych, gdzie następuje beztlenowa stabilizacja mezofilna w temperaturze ok. 35-38° C. W WKF (wydzielona komora fermentacyjna) zachodzi szeroko rozumiany proces metanogenezy. Produkowany jest biogaz o średniej zawartości metanu ok. 66% i ok. 33% dwutlenku węgla.

Skutecznie przeprowadzana dezintegracja i hydroliza osadu może zwiększyć ok. kilkadziesiąt procent ilość produkowanego biogazu z jednostki doprowadzanego do komory osadu.

3.2. Innowacyjność

Wprowadzenie procesu wspomaganego enzymami ma na celu osiągnięcie wyższej efektywności procesu hydrolizy przy zdecydowanie niższych niż dla procesów wysokotemperaturowych kosztach eksploatacyjnych i inwestycyjnych.

Istotą pomysłu jest łączne zastosowanie dotychczas istniejących procesów dezintegracyjnych (procesy temperaturowe) oraz hydrolizy trzema specyficznymi grupami roślinnych enzymów hydrolitycznych (hydroliza multienzymatyczna).

W proponowanej technologii enzymy wykorzystane będą do hydrolizy trzech różnych grup biopolimerów będących podstawowymi składnikami osadu nadmiarowego:

- do polocukrów (węglowodanów np.: amylaza i równoważne),
- do tłuszczów (lipazy),
- do białek (enzymy proteolityczne) działających w selektywnie dobranych warunkach.

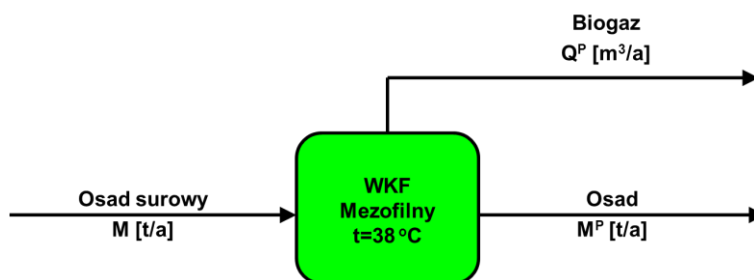
Działanie enzymów specyficznych dla białek powoduje hydrolizę błonek komórkowych osadu czynnego, a pozostałe enzymy hydrolizują wylewające się z komórek substancje organiczne jak i zawarte w osadzie czynnym tłuszcze i węglowodany.

Technologia ma szereg rozwiązań wariantowych

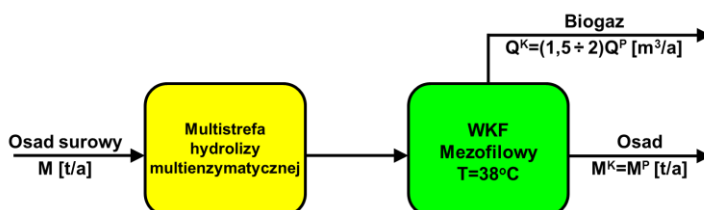
- **WARIANT MEZO PODSTAWOWY** – zastosowanie hydrolizy enzymatycznej wspomagającej klasyczny proces fermentacji mezofilowej osadów
- **WARIANT MEZO ROZSZERZONY** – zastosowanie hydrolizy enzymatycznej w układzie podwyższonej temperatury wspomagającej klasyczny proces fermentacji mezofilowej osadów
- **WARIANT TERMO PODSTAWOWY** – zastosowanie hydrolizy enzymatycznej wspomagającej proces fermentacji termofilowej osadów
- **WARIANT TERMO ROZSZERZONY** – zastosowanie hydrolizy enzymatycznej w układzie podwyższonej temperatury wspomagającej proces fermentacji termofilowej osadów.

W wariantach TERMO proponowana technologia przewiduje znaczące zwiększenie efektywności i skuteczności procesu stabilizacji poprzez wprowadzenia procesu termofilnego w odniesieniu do związków trudnorozkładalnych.

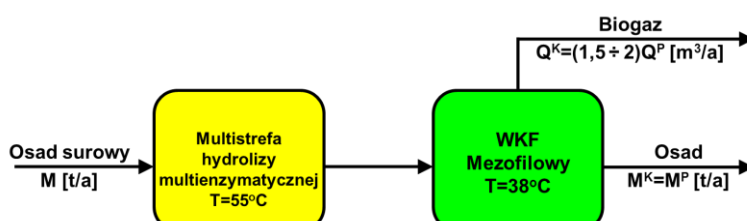
Klasyczny układ fermentacji osadów:



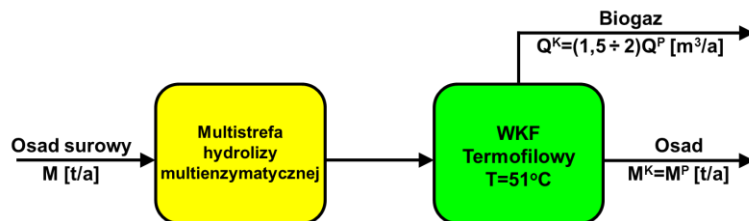
Proponowany zmodyfikowany układ fermentacji osadów w wariantcie MEZO PODSTAWOWY:



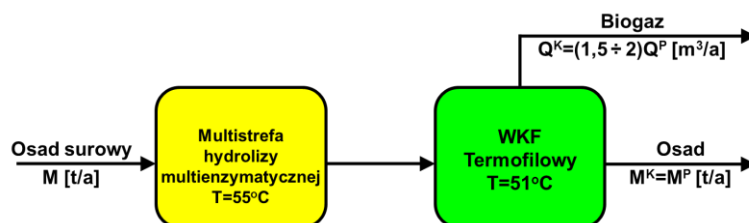
Proponowany zmodyfikowany układ fermentacji osadów w wariantcie MEZO ROZSZERZONY:



**Proponowany zmodyfikowany układ fermentacji osadów w wariacie TERMO
PODSTAWOWY:**



**Proponowany zmodyfikowany układ fermentacji osadów w wariacie MEZO
ROZSZERZONY:**



3.3. Przewaga konkurencyjna

Cechy charakterystyczne:

- zwiększona produkcja biogazu o ok. 40% w odniesieniu do klasycznych procesów fermentacji mezofilowej osadów ściekowych,
- przekształcenie związków trudnorozkładalnych,
- opcjonalnie fermentacja w temperaturze 51°C
- zwiększenie mineralizacji osadu w odniesieniu do klasycznych procesów fermentacji mezofilowej osadów ściekowych,
- mniejsza ilość osadu do finalnego zagospodarowania w odniesieniu do klasycznych procesów fermentacji mezofilowej osadów ściekowych,

Faktyczna wielkość zwiększonej produkcji osadu i/lub zwiększonej redukcji osadów w poszczególnych wariantach ściśle zależy od konkretnego osadu ściekowego tj. układu technologicznego oczyszczalni, charakterystyki zlewni itp. Ustalenie szczegółów technologicznych powinno opierać się na przeprowadzonych badaniach pilotowych.

Wymagane nakłady lub zmiany w istniejących procesach przeróbki osadów:

- instalacja przygotowania i dozowania enzymów,

- instalacja hydrolizy temperaturowej w przypadku wariantów rozszerzonych,
- zmiana procesu fermentacji z mezofilowej na termofilową – konieczność wymiany lub rozbudowy wymienników ciepła, ewentualne zmiany kotłów do przygotowania wody grzewczej dla potrzeb wymienników, ocieplenie zbiorników fermentacyjnych
- zwiększone nakłady na oczyszczanie wód osadowych pofermentacyjnych zawracanych do głównego ciągu biologicznego oczyszczania ścieków.

4. WSKAŹNIKI FINANSOWE

4.1. Nakłady inwestycyjne

Koszt jednostkowej instalacji są ściśle zależne od konkretnego przypadku oczyszczalni ścieków tj.:

- jej wielkości,
- zastosowanej instalacji od przeróbki osadu,
- stanu technicznego istniejących obiektów budowlanych,
- oczekiwanych przez Klienta efektów technologicznych.

Przy założeniu istniejących WKFów w dobrym stanie technicznym, koszty jednostkowej instalacji będą obejmować:

- wykonanie instalacji hydrolizy termiczno-enzymatycznej – zbiorniki wyposażone w system ogrzewania wraz z mieszadłem oraz system przygotowania i dozowania enzymów,
- modernizację systemu wymienników ciepła woda/osad istniejących WKFów,
- wprowadzenie systemów gaszenia piany (jeśli WKF nie jest w nią wyposażony),
- rozbudowa instalacji agregatów prądotwórczych.

4.2. Koszty eksploatacyjne – korzyści dla Inwestora

Szczegółowe rozważania dotyczące opłacalności proponowanej technologii należy wykonywać dla konkretnego przypadku – przyjmując rzeczywiste stawki energii elektrycznej, opłaty za wywóz osadów, możliwości wykorzystania ciepła odpadowego itd.

Przykładową ekonomiczną opłacalność dla wariantów podstawowych MEZO i TERMO przedstawiono poniżej.

Ekonomiczna opłacalność instalacji ENZYMY dla oczyszczalni 35 000 RLM				
		Obecny układ techniczny	Hydroliza enzymatyczna+ TERMO	Hydroliza enzymatyczna +MEZO
DANE				
Ilość osadów	t SM/r	2 500	2 500	2 500
Rozkład SM	%	47,0%	38,0%	39,0%
Ilość osadów z WKF	t SM/r	1 325	1 550	1 525
PRODUKCJA BIOGAZU				

Ekonomiczna opłacalność instalacji ENZYMY dla oczyszczalni 35 000 RLM				
		Obecny układ techniczny	Hydroliza enzymatyczna+ TERMO	Hydroliza enzymatyczna +MEZO
wskaźnik produkcji biogazu	m ³ /t sm wpr osadu	320	530	770
produkcja biogazu	m ³ /r	800 000	1 325 000	1 925 000
wartość kaloryczna biogazu	MJ/m ³	22,5	22,5	22,5
ilość energii w biogazie	GJ/r	18 000	29 813	43 313
ilość energii w biogazie	MWh/r	5 000	8 281	12 031
produkcja energii cieplnej z biogazu	kWh/r	2 150 000	3 560 938	5 173 438
produkcja energii elektrycznej z biogazu	kWh/r	1 900 000	3 146 875	4 571 875
cena sprzedawanej energii elektr.	zł/kWh	0,45	0,45	0,45
roczne przychody ze sprzedaży energii		855 000	1 416 094	2 057 344
ZUŻYCIĘ POLIMERÓW				
Wskaźnik zużycia polimerów	kg PE/ton SM	6,5	6,5	6,5
Zużycie polimerów	kg PE/rok	8 613	10 075	9 913
Koszt polimerów	zł/kg PE	15	15	15
Roczne koszty zużycia polimerów	zł/r	129 188	151 125	148 688
ZAPOTRZEBOWANIE NA ENERGIĘ CIEPLNĄ				
Energia na ogrzewanie				
ilość potrzebnej energii cieplnej	kWh/h	232	361	232
ilość potrzebnej energii cieplnej	kWh/r	2 035 800	3 159 000	2 035 800
potrzeba dodatkowej energii (różnica między ilością potrzebnej energii a produkcją energii w agregacie)	kWh/r	-114 200	-401 938	-3 137 638
	GJ/r	-411	-1 447	-11 295
cena dodatkowej energii cieplnej	zł/GJ	35,0	35,0	35,0
roczne koszty energii cieplnej	zł/r	-14 389	-50 644	-395 342
ZAGOSPODAROWANIE OSADU				
SM osadu po odwadnianiu	%SM	17,7%	17,7%	17,70%
Koszt zagospodarowania osadu	zł/t	100	100	100
Koszt zagospodarowania osadu	zł/r	748 588	875 706	861 582
INSTALACJA MULTIENZYMATYCZNA				
Zużycie energii	kWh/rok	0	8760	8760
Czas pracy	h/24h	24	24	24
Cena energii (czarna energia)	zł/kWh	0,35	0,35	0,35
Roczne koszty energii	zł/rok	0	3066	3066
Dawka enzymów	%s.m.	20%	20%	20%
Koszty enzymów	zł/r	0	850 000	850 000
Roczne koszty eksploatacyjne instalacji	zł/r	0	853 066	853 066
PODSUMOWANIE				
Koszty roczne	zł/r	863 386	1 829 253	1 467 993
Przychody roczne (ze sprzedaży energii elektr.)	zł/r	855 000	1 416 094	2 057 344
Roczny zysk/strata	zł/r	-8 386	-413 159	589 351
Roczna korzyść dla inwestora	zł/r		-404 773	597 737

4.3. Opłaty dla posiadacza know-how

Marża dla właściciela technologii może być ulokowana w kilku miejscach:

- jako marża zysk przy wykonaniu całościowej modernizacji instalacji obejmującej zarówno roboty budowlane jak i projektowe,
- jako część opłaty za enzymy
- jako opłata patentowa.

Pierwsze rozwiązanie jest oczywiście możliwe w przypadku wykonywania całości robót i jest najbardziej korzystne ze względu na możliwą wielkość zysku. Jest to jednorazowy przychód, obarczony ryzykiem związanym z przekroczeniem przewidywanych kosztów inwestycyjnych.

Ujęcie części zysku w koszcie enzymów umożliwia długofalowe czerpanie zysków w w/w technologii. Jednak wiąże się to z mniejszymi jednorazowymi wpływami (przy założeniu 500 zł/t marży, roczny przychód dla oczyszczalni wielkości Zakopanego to 120 000 rocznie). Dodatkowo jest ryzyko związane ze znalezieniem przez Eksploatatora tańszego alternatywnego dostawcy.

W przypadkach, gdy właściciel technologii nie będzie równocześnie wykonawcą robót możliwe jest zastosowanie opłaty patentowej. Jest to sytuacja najmniej korzystna, jednak taką opłatę można zastosować również w przypadku wykonywania prac budowlanych i stosować ją jako rodzaj gwarancji. Gdy przewidywane efekty technologiczne są uzyskiwane płaci Inwestor, gdy nie są dotrzymywane płaci Wykonawca/właściciel technologii.

W przypadku oczyszczalni, które mają obecnie fermentację mezofilową i osiągają standardowe parametry, opłata równałaby się rocznym zyskom wynikającym ze zwiększonej produkcji biogazu i niższej produkcji osadu

$$\text{Opłata} = (V_B^2 - V_B^1) * \eta * C_e + (V_O^1 - V_O^2) * C_o$$

V_B^1	800 000	[m ³ /rok]	średnia roczna produkcja biogazu przed modernizacją
V_B^2	1 300 000	[m ³ /rok]	średnia roczna produkcja biogazu po modernizacji
η	38%	[%]	sprawność agregatu prądotwórczego w produkcji energii elektrycznej
C_e	0,5	[PLN/kWh]	cena energii czarnej
V_O^1	7 500	[t/rok]	objętość roczna osadu wywożona z oczyszczalni przed modernizacją
V_O^2	7 000	[t/rok]	objętość roczna osadu wywożona z oczyszczalni po modernizacji
C_o	150	[PLN/tonę]	koszt wywozu osadu z oczyszczalni
Opłata	170 000	PLN	

W przypadku oczyszczalni, które nie mają jeszcze fermentacji, opłata równałaby się połowie rocznych zysków wynikających z produkcji biogazu i niższej produkcji osadu:

$$\text{Opłata} = 0,5 * V_B * \eta * C_e + (V_O^1 - V_O^2) * C_o$$

V_B^2	650 000	[m ³ /rok]	średnia roczna produkcja biogazu po modernizacji
η	38%	[%]	sprawność agregatu prądotwórczego w produkcji energii elektrycznej

C_e	0,5	[PLN/kWh]	cena energii czarnej
V_o^1	1 080	[t/rok]	objętość roczna osadu wywożona z oczyszczalni przed modernizacją
V_o^2	648	[t/rok]	objętość roczna osadu wywożona z oczyszczalni po modernizacji
C_o	150	[PLN/tonę]	koszt wywozu osadu z oczyszczalni
Opłata	650 000	PLN	

5. PROPONOWANE NAZWY PRODUKTU

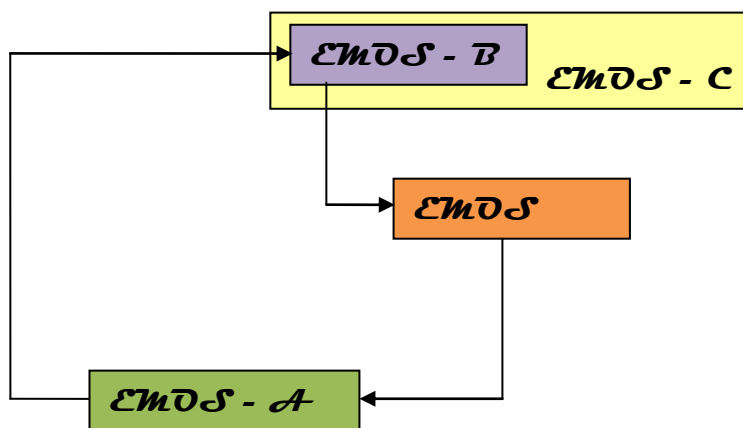
Wśród Klientów jest już zakorzeniona nazwa: *hydroliza multienzymatyczna*. Jednak to jest ogólna nazwa procesu, a wydaje się, że konkretna technologia powinna mieć charakterystyczną nazwę.

Wstępna propozycja nazwy to *EMOS* – enzymatyczna mineralizacji osadów. Przedstawione wcześniej warianty mogłyby być określane dodatkowymi końcówkami np. *EMOS-TERMO* lub *EMOS-MEZO*.

Powyższa technologia wydaje się być podstawowym oferowanym produktem – dodatkowy moduł przed procesem fermentacji. Proces obejmowałby wyłącznie osady ściekowe.

Z produktem podstawowym mogłyby być powiązane kolejne technologie:

- *EMOS - A* – oczyszczanie wód osadowych z biogenów poprzez hodowlę alg,
- *EMOS - C* – enzymatyczna mineralizacji osadów z zastosowaniem enzymów celulitycznych – ukierunkowanie na fermentację trudnorozkładalnej biomasy celulitycznej – np. odpady zielone,
- *EMOS - B* – enzymatyczna mineralizacji osadów ściekowych z dodatkiem biomasa organicznej innego pochodzenia np. z mokrej frakcji odpadów komunalnych, w ramach technologii ujęty byłby moduł do przygotowania biomasy przed wprowadzeniem do procesu fermentacji.





**TECHNOLOGIA HYDROLIZY MULTIENZYMATYCZNEJ
WSPIERAJĄCEJ PROCES FERMENTACJI METANOWEJ
SPOSOBEM NA ZWIĘKSZENIE PRODUKCJI BIOGAZU**



wersja 01

ZAŁĄCZNIK NR 1 – WYNIKI BADAŃ

04.2012
