



# Wpływ recyrkulacji odcieków na produkcję i kaloryczność biogazu wytwarzanego w Okresowym Bioreaktorze Beztlenowym.

Białowiec A.<sup>a, b\*</sup>, Siudak M.<sup>b</sup>, Jakubowski B.<sup>b</sup>, Wiśniewski D.<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Wydział Przyrodniczo-Technologiczny,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,  
[andrzej.bialowiec@up.wroc.pl](mailto:andrzej.bialowiec@up.wroc.pl)

<sup>b</sup> Instytut Energii Sp. z o.o.,  
[a.bialowiec@instytutenergii.pl](mailto:a.bialowiec@instytutenergii.pl)

[m.siudak@instytutenergii.pl](mailto:m.siudak@instytutenergii.pl)

[b.jakubowski@instytutenergii.pl](mailto:b.jakubowski@instytutenergii.pl)

<sup>c</sup> Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,  
Centrum Badań Energii Odnawialnych  
[dwisniewski@02.pl](mailto:dwisniewski@02.pl)



**Projekt Celowy Centrum Innowacji NOT**  
**„Opracowanie i wdrożenie innowacyjnej instalacji sterowania**  
**pracą Okresowego Bioreaktora Beztlenowego”**

Numer projektu ROW-III-306/2012.



# Koncepcje technologiczne mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów



Mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów komunalnych (MBP) jest techniką obróbki odpadów metodami mechanicznymi i biologicznymi, które konfigurowane są do rodzaju odpadów przetwarzanych oraz do stawianych celów.

## Mechaniczne przetwarzanie

| Technika separacji       | Właściwość              | Uzyskiwany produkt                                      | Kluczowy czynnik                     |
|--------------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|
| Przesiewanie             | Uziarnienie             | Fracja nadsitowa<br>Fracja podsitowa                    | Zapylenie powietrza,<br>oczyszczenia |
| Ręczna separacja         | Ocena wizualna          | Surowce, zanieczyszczenia                               | BHiP                                 |
| Magnetyczna separacja    | Właściwości magnetyczne | Fe  | -                                    |
| Indukcyjna separacja     | Przewodność elektryczna | nFe   | -                                    |
| Perkolacja               | Różnice gęstości        | Flotujące tworzywa i organika<br>Tonące kamienie, szkło | Strumień mokrych odpadów             |
| Klasyfikacja powietrzna  | Waga                    | Lekkie – tworzywa, papier<br>Ciężkie – kamienie, szkło  | Oczyszczanie powietrza               |
| Klasyfikacja balistyczna | Gęstość                 | Lekkie – tworzywa, papier<br>Ciężkie – kamienie, szkło  | Przepustowość                        |
| Klasyfikacja optyczna    | Dyfrakcja               | Specyficzne polimery                                    | Przepustowość                        |



Biologiczne przetwarzanie

Tlenowa biostabilizacja

Beztlenowa biostabilizacja

Biosuszenie

Procesy biologicznego przetwarzania stosuje się indywidualnie oraz w sekwencyjnych konfiguracjach. Każdy z wymienionych procesów biologicznych w zależności od konstrukcji reaktora, przepływu strumienia odpadów, wilgotności odpadów, temperatury procesu dzieli się na wiele różnych typów.

## MBP - koncepcje

| <b>Rodzaj opcji MBP</b>   | <b>Cel opcji MBP</b>  |
|---|---|
| Stabilizacja odpadów przed ich składowaniem                     | Obniżenie podatności na rozkład biologiczny odpadów komunalnych oraz odzysk części surowców wtórnych  |
| Wytwarzanie kompostu z odpadów                                  | Uzyskanie materiału o właściwościach kompostu oraz odzysk części surowców wtórnych  |
| Wytwarzanie kompostu niespełniającego wymogów                   | Uzyskanie materiału o właściwościach podobnych do kompostu oraz odzysk części surowców wtórnych   |
| Produkcja RDF   | Wytwarzanie paliwa alternatywnego z frakcji lekkiej odpadów oraz odzysk części surowców wtórnych  |
| Wytwarzanie paliwa SRF w procesie biosuszenia                   | Produkcja paliwa alternatywnego z lekkiej i organicznej frakcji odpadów oraz odzysk części surowców wtórnych  |
| Wspomaganie termicznego unieszkodliwiania odpadów               | Podniesienie wartości opałowej odpadów kierowanych do instalacji termicznego unieszkodliwiania odpadów oraz odzysk części surowców wtórnych   |
| <b>Produkcja biogazu</b>  | <b>Wytwarzanie i odzysk energetyczny biogazu wytworzonego w warunkach beztlenowych oraz odzysk części surowców wtórnych</b>   |
| <b>Produkcja biogazu oraz kompostu niespełniającego wymogów</b> | <b>Wytwarzanie i odzysk energetyczny biogazu wytworzonego w warunkach beztlenowych, uzyskanie z pozostałości pofermentacyjnej materiału o właściwościach podobnych do kompostu oraz odzysk części surowców wtórnych</b> |



## Wybór koncepcji MBP

- możliwości wykorzystania produktów końcowych MBP.

A – nastawienie na produkcję biogazu i jego energetyczne wykorzystanie,

B – nakierowanie przemian na wytwarzanie ustabilizowanego materiału do celów poprawy struktury próchnicznej gleby,

C – nakierowanie na wytwarzanie wysokokalorycznego paliwa zastępczego,

D – konfiguracja procesów w celu uzyskania materiału w jak najwyższym stopniu ustabilizowanego biologicznie kierowanego do ostatecznego składowania.



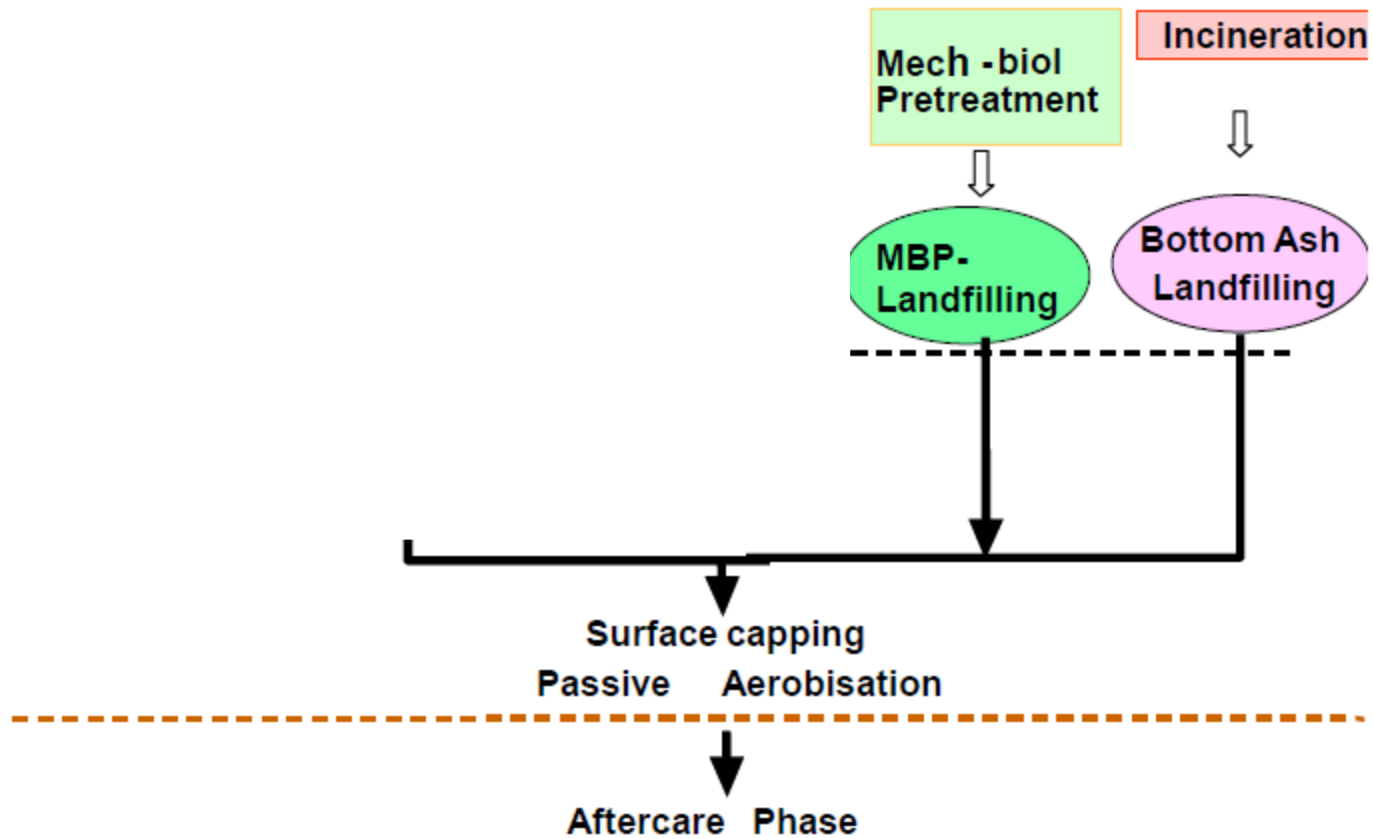


## Wybór koncepcji MBP

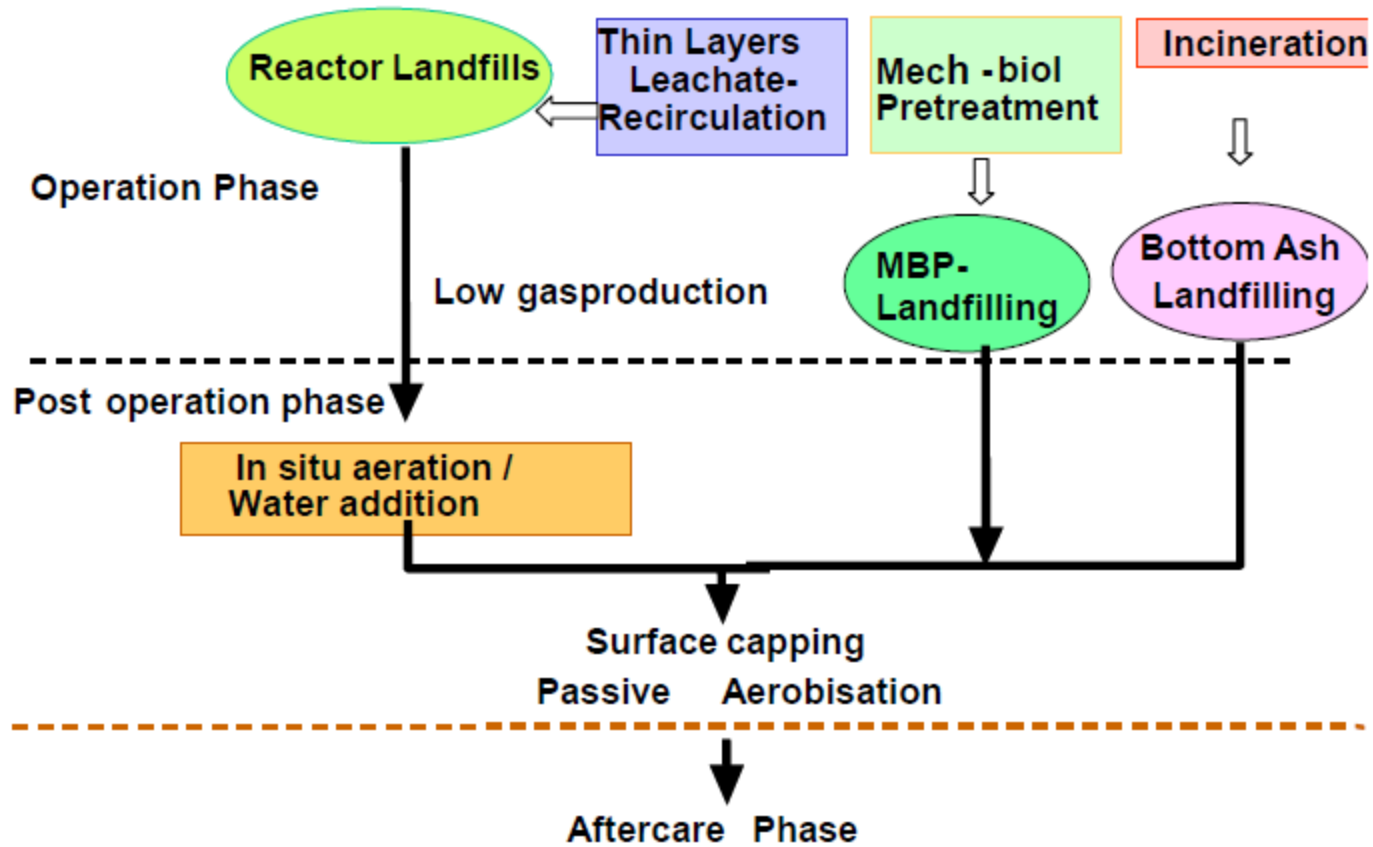
- możliwości wykorzystania produktów końcowych MBP.

A – nastawienie na produkcję biogazu i jego energetyczne wykorzystanie

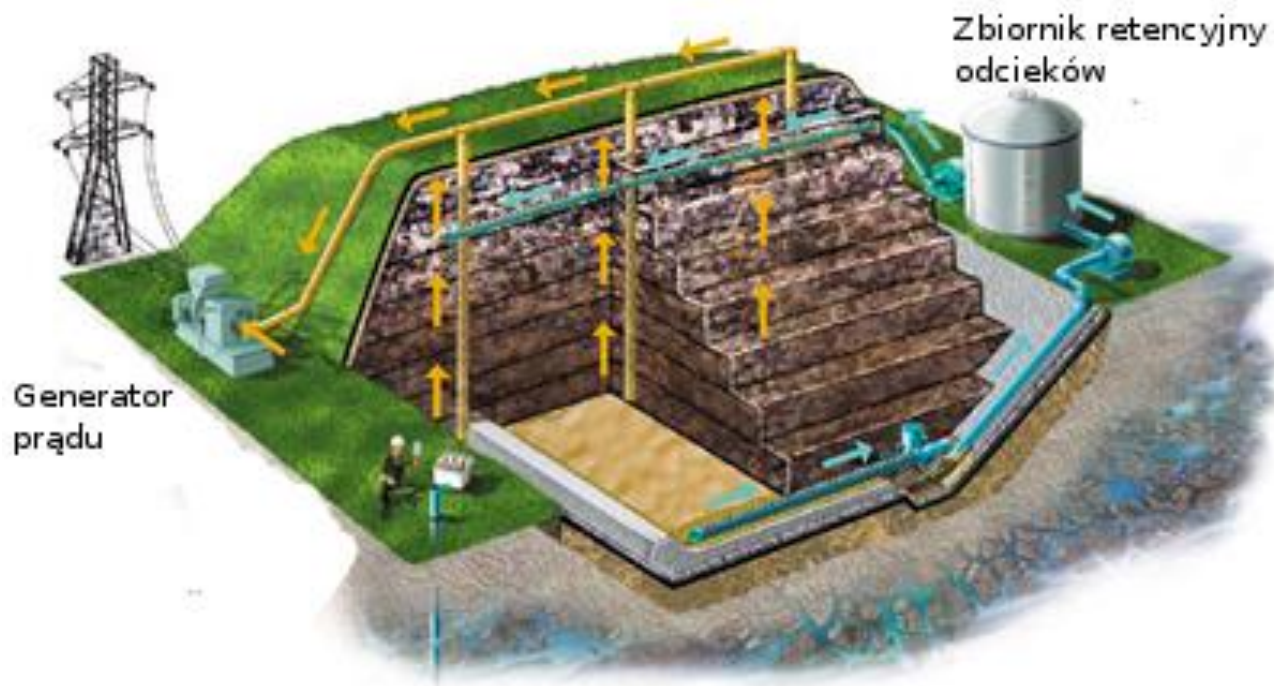
- wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej w układach niezależnych lub kogeneracyjnych,
- wytwarzanie przegranej pary na cele przemysłowe,
- wzbogacanie gazu składowiskowego lub gazu syntezowego ze zgazowania innych odpadów,
- produkcja wzbogaconego paliwa na cele transportowe.





Miejsce składowisk w nowoczesnym systemie gospodarki odpadami Stegmann 2005

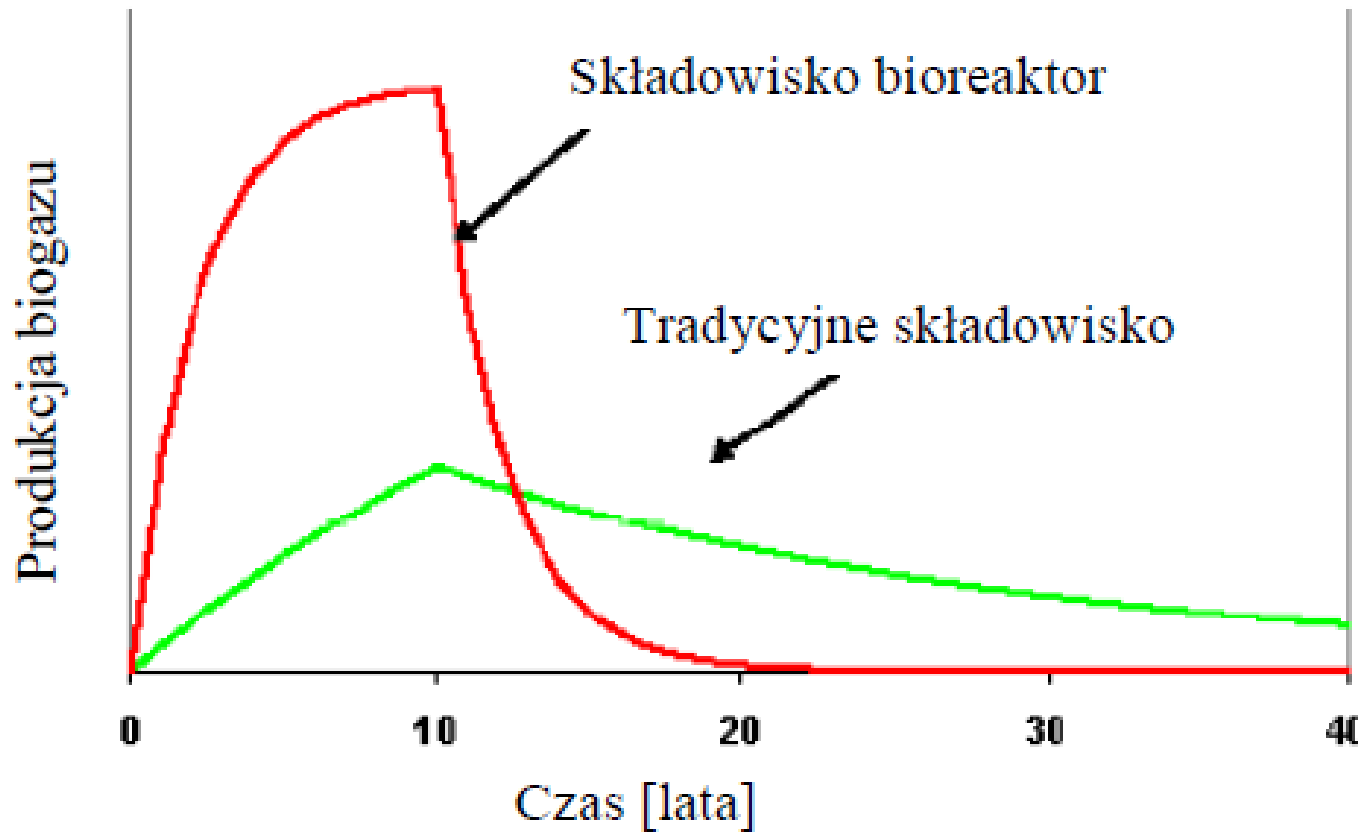


Miejsce składowisk w nowoczesnym systemie gospodarki odpadami Stegmann 2005



-  System ujęcia i recyrkulacji odcieków
-  System odgazowania pryzmy

Idea OBB



Idea OBB



Idea OBB – reaktor hybrydowy

## Pryzmy energetyczne w Polsce

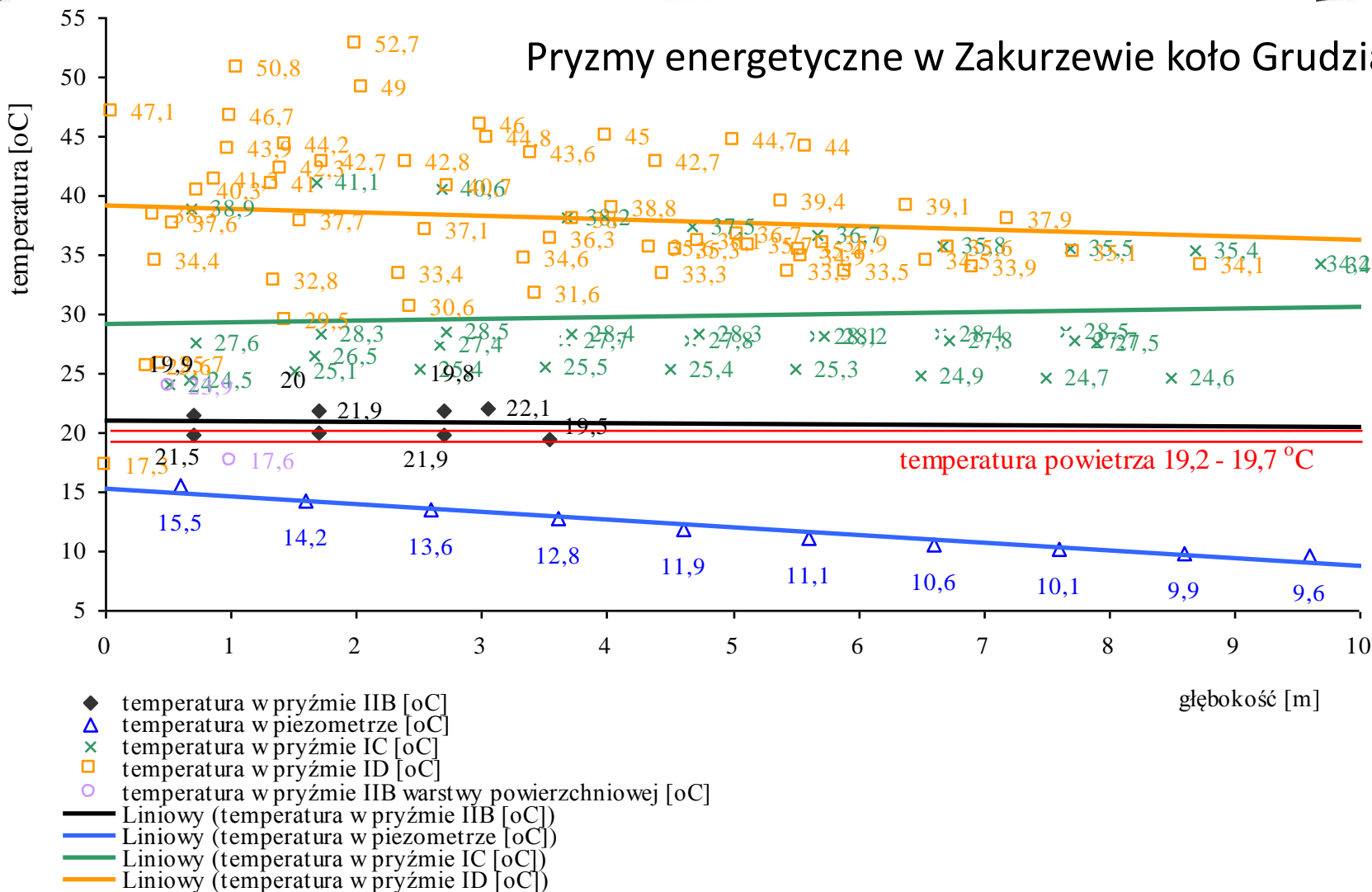


## Pryzmy energetyczne w Polsce





## Pryzmy energetyczne w Zakurzewie koło Grudziądza



Pryzmy energetyczne – termoregulacja bioreaktorów



Bioreaktor beztlenowy z racji swojego innowacyjnego charakteru w warunkach polskich jest doskonałym obiektem badawczym. Prowadzenie doświadczeń i eksperymentów może pozwolić na opracowanie parametrów technologicznych, eksploatacyjnych oraz emisyjnych tego typu obiektu, w celu optymalizacji tej technologii i bezpiecznego stosowania w środowisku.

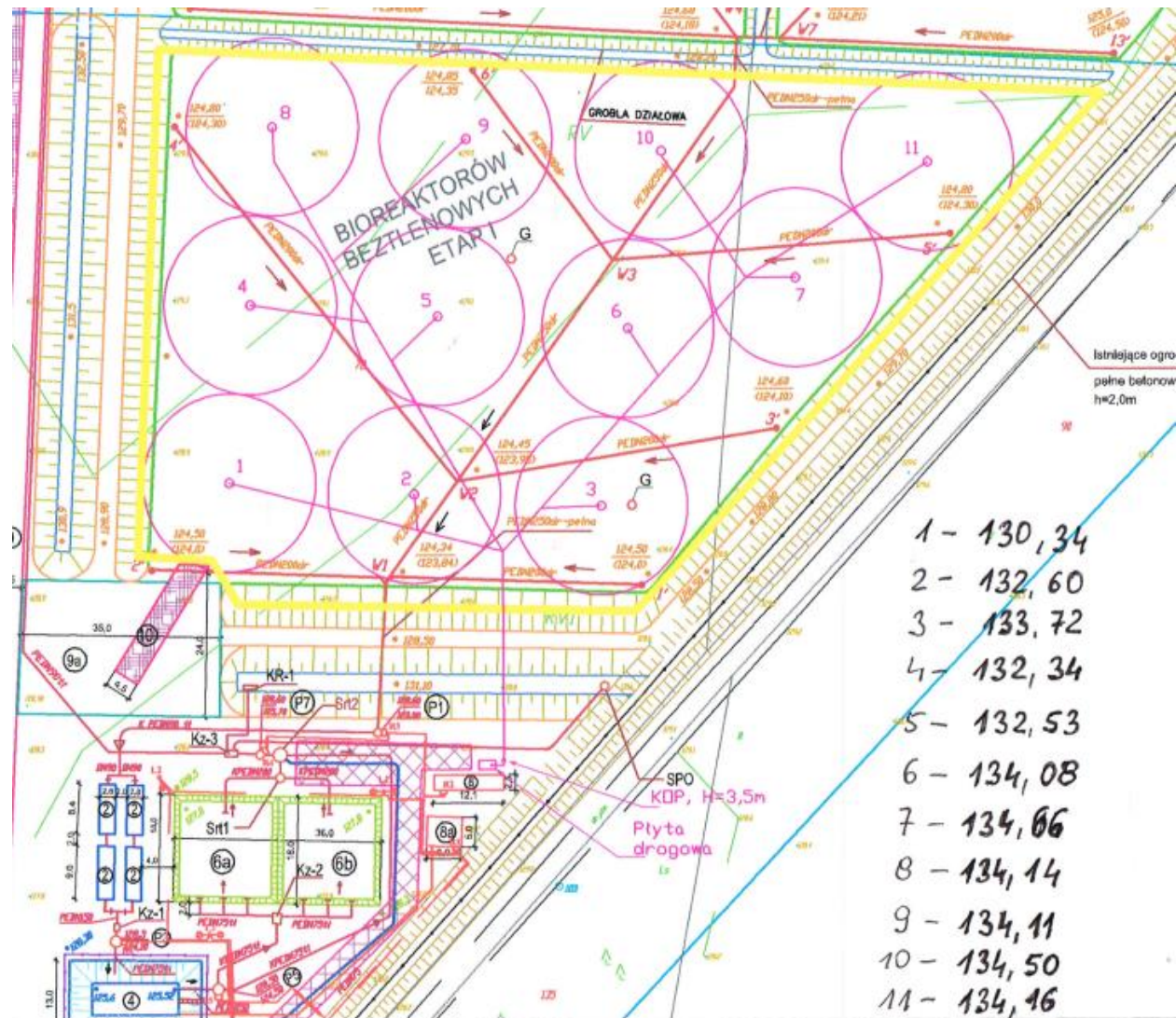
## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



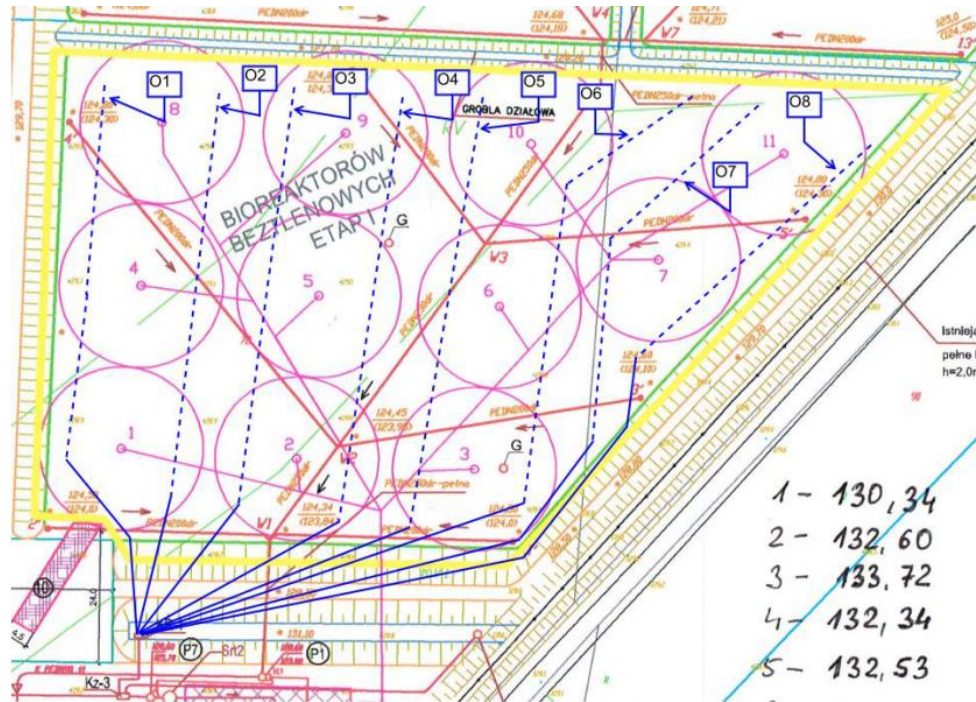
**OBB – Kosiny Bartosowe**

## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego OBB Kosiny Bartosowe Etap 1

W OBB w Kosinach Bartosowych łącznie zdeponowano 200 000 Mg odpadów komunalnych, przy czym badania realizowano na powierzchni 1 ha (Etap 1), na której zdeponowano 70000 Mg odpadów. Średnia miąższość OBB w strefie Etapu 1 wynosiła 10 m.

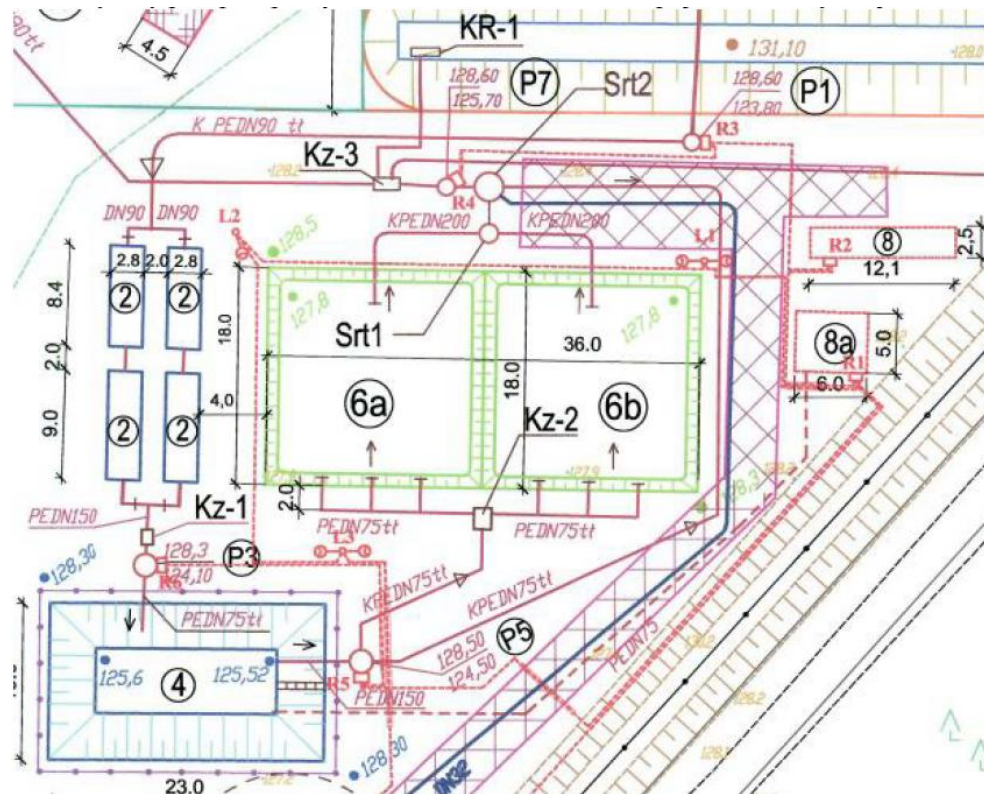


# Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



The placement of pumping pipes (unperforated – continuous line) from KR-1 to infiltration zones (dashed line).

## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



The plan of location of particular elements of the gathering, pretreatment and recirculation system: P1 – leachate pump station from SAB, 2 – underground retention tanks, P3 – pump station to open retention tank 4, P5 – pump station to hydrophyte systems 6a and 6b, Srt1, Srt2 joining wells, P7 – pump station to SAB, KZ-1,2,3 – slide chambers, KR-1 manifold chamber, 8a container.

## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



**OBB – Kosiny Bartosowe**

## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



**OBB – Kosiny Bartosowe**



## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



**OBB – Kosiny Bartosowe**

## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



**OBB – Kosiny Bartosowe**



# Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego

## Sterowanie

2013-08-26 20:08:13



|         |  |           |
|---------|--|-----------|
| Otwórz  | Zasuwa w KZ-1                            | Zamknięta |
| Otwórz  | PRACUJE Zasuwa w KZ-2 do wierzby PRACUJE | Zamknij   |
| Otwórz  | PRACUJE Zasuwa w KZ-2 do trzciny PRACUJE | Zamknij   |
| Otwarta | Zasuwa w KZ-3 pierwsza                   | Zamknij   |
| Otwórz  | PRACUJE Zasuwa w KZ-3 druga PRACUJE      | Zamknij   |
| Otwarta | Zasuwa w KZ-3 trzecia                    | Zamknij   |
| Włącz   | Przepompownia P3 - pompa 1               | Wyłączona |
| Pracuje | Przepompownia P3 - pompa 2               | Wyłącz    |
| Włącz   | Napowietrzanie                           | Wyłączone |
| Pracuje | Mieszanie w P7                           | Wyłącz    |

### Sterowanie

### Logi

### Ustawienia

|           |                   |                   |
|-----------|-------------------|-------------------|
| <b>P3</b> | <b>Cysterna 1</b> | <b>Cysterna 2</b> |
|           |                   |                   |



OBB – Kosiny Bartosowe



## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego

Po uruchomieniu prototypowej instalacji sterującej OBB przeprowadzono badania wpływu recyrkulacji odcieków na proces przebiegający w OBB pod kątem ilości i jakości uzyskiwanego biogazu.

Badania wykonano dwukrotnie.

Pierwszy cykl wykonano w okresie 1 miesiąca po zamknięciu OBB. W tym czasie dla wybranego obciążenia hydraulicznego 2 mm/d, prowadzono recyrkulację odcieków.

Drugi cykl pomiarów wykonano rok po zamknięciu OBB, przy obciążeniu hydraulicznym odciekami 3 mm/d.



## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego

Jako parametry zmienne wykonywano pomiary składu biogazu oraz obciążenia hydraulicznego.

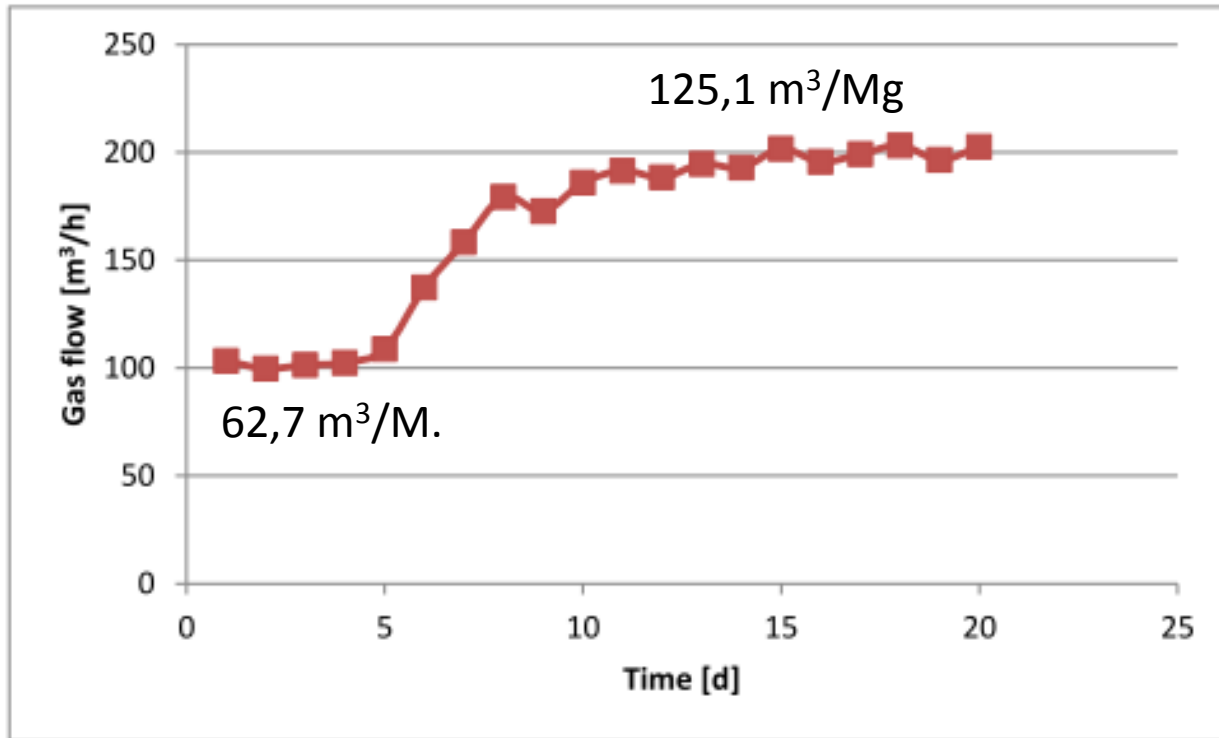
Jako sygnał reakcji OBB na zadaną recyrkulację odcieków wykorzystywano pomiary ilości oraz składu biogazu.

Określano ilość ujmowanego gazu oraz jego skład w zakresie:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$ . Pomiar przepływu oraz temperatury gazu wykonywano codziennie na wypływie gazu z kolektora zbiorczego przed pochodnią za pomocą rurki Pitota podłączonej do miernika firmy KIMO.

Pomiary jakości gazu wykonywano analizatorem biogazu model GA2000.

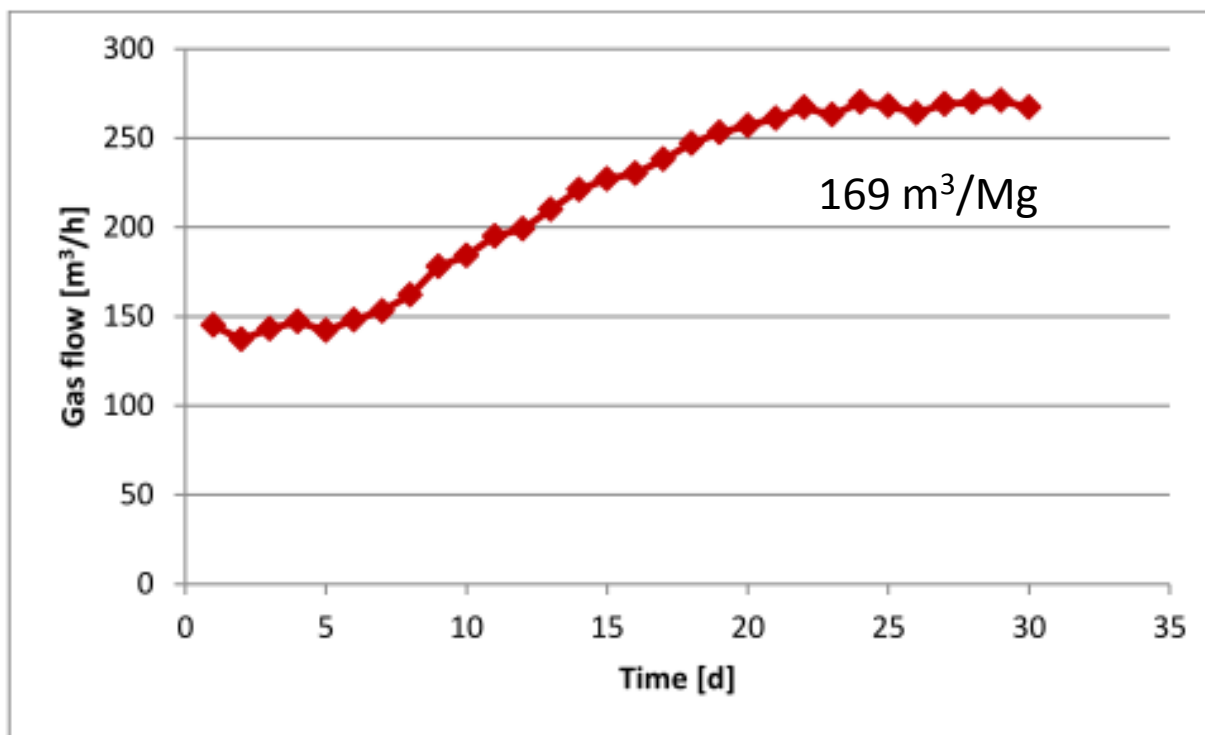
W pierwszym etapie badań analizy prowadzono codziennie przez okres 20 dni, natomiast w drugim przez 30 dni.

## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



Changes of biogas flow in time during leachate recirculation with hydraulic loading rate 2 mm/d, one month after OBB sealing.

## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego



Changes of biogas flow in time during leachate recirculation with hydraulic loading rate 3 mm/d, one year after OBB sealing.



## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego

Monitoring właściwości biogazu wykazał, iż w pierwszym cyklu badawczym zawartość metanu w biogazie przez cały czas przekraczała 60%, przy czym po 5 dniu nawadniania wartość ta zbliżyła się do poziomu 65% i utrzymywała się do końca eksperymentu.

W przypadku drugiego cyklu badawczego w rok po zamknięciu warstwą uszczelniającą OBB początkowa zawartość metanu była na poziomie 62%. Uruchomienie recyrkulacji nieznacznie zwiększyło stężenie metanu do poziomu 64% po 12 dniu recyrkulacji.





## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego

Przeprowadzone badania identyfikacyjne przy obciążeniu hydraulicznym odciekami OBB na poziomie 2 mm/d i 3 mm/d wykazały korzystny wpływ recyrkulowanych odcieków na warunki panujące w OBB.

Stwierdzono około dwukrotny wzrost produkcji biogazu ze 100 do 200 m<sup>3</sup>/h oraz zawartości metanu z 60% do 65% w przypadku obciążenia 2 mm/d. Wyniki te uzyskano w początkowej fazie funkcjonowania OBB w miesiąc po zamknięciu OBB warstwa uszczelniającą.



## Badania eksperymentalne Okresowego Bioreaktora Beztlenowego

Przeprowadzone badania identyfikacyjne przy obciążeniu hydraulicznym odciekami OBB na poziomie 2 mm/d i 3 mm/d wykazały korzystny wpływ recyrkulowanych odcieków na warunki panujące w OBB.

Ponowne wdrożenie recyrkulacji odcieków przy obciążeniu 3 mm/d w roku po zamknięciu OBB spowodowało wzrost produkcji biogazu z początkowej wartości 148 m<sup>3</sup>/h do 270 m<sup>3</sup>/h. Zawartość metanu wzrosła nieznacznie z 62% o 2 punkty procentowe.

Obserwowane zjawiska potwierdzają słuszność przyjętych założeń technologicznych dotyczących recyrkulacji odcieków. Dokonane obserwacje wskazują, iż możliwe jest sterowanie produkcją biogazu poprzez recyrkulację odcieków zarówno w początkowej fazie funkcjonowania OBB jak również w trakcie stabilnej fazy metanogenezy.



Dziękuję za uwagę!