

Dr hab. inż. Katarzyna Szwedziak, prof. PO

Opole, 2 czerwca 2018 r.

Katedra Inżynierii Biosystemów

Politechnika Opolska

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Pawła Kołosowskiego

Pt.: „*Wpływ rozdrobnienia słomy wybranych gatunków roślin na uzysk biogazu i właściwości pulpy pofermentacyjnej*”

Niniejszą recenzję wykonałam na prośbę Rady Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Do zrecenzowania przedstawiono mi rozprawę doktorską mgr inż. Pawła Kołosowskiego pt:” *Wpływ rozdrobnienia słomy wybranych gatunków roślin na uzysk biogazu i właściwości pulpy pofermentacyjnej*” Promotorem pracy jest Prof. Dr hab. inż. Tomasz Dobek.

1. Ocena wyboru tematu

Stan środowiska naturalnego, zwiększające się stale zanieczyszczenie powietrza poprzez spalanie kopalin, zmuszają do wprowadzenia działań proekologicznych takich jak wykorzystywanie naturalnych zasobów środowiska. Dodatkowo kurczące się zasoby paliw kopalnianych oraz związane z ich zagospodarowaniem zanieczyszczenie środowiska, zmuszają do poszukiwania nowych alternatywnych rozwiązań. Alternatywą konwencjonalnych technik produkcji energii jest wykorzystanie energii słońca, wiatru, wody, ziemi (geotermia) jak również zagospodarowanie biomasy pochodzącej z rolnictwa i przemysłu spożywczego na produkcję biogazu. Wykorzystując biomasę można wyprodukować biogaz z którego uzyskamy energię elektryczną i ciepło. Dodatkowym aspektem jest wykorzystanie biomasy, która stanowi odpad. Celem pracy było przeprowadzenie doświadczenia, które pozwoli na określenie optymalnego stopnia rozdrobnienia świeżej oraz

mikrobiologiczne przetworzonej słomy wybranych gatunków roślin, wykorzystywanych jako substrat w produkcji biogazu. Dodatkowo celem badań było określenie ilości i jakości biogazu uzyskanego ze słomy badanych gatunków roślin, określenie właściwości fizykochemicznych substratów oraz pozyskanej pulpy pofermentacyjnej. Zakres pracy obejmował następujące etapy: pozyskanie słomy jęczmiennej, rzepakowej i kukurydzianej, mikrobiologiczne przetworzenie słomy jęczmiennej, rozdrobnienie słomy wybranych gatunków, prowadzenie procesu fermentacji, dokonanie analizy fizykochemicznej, przeprowadzenie analizy statystycznej. W tym świetle podjęcie badań nad problemami badawczymi pracy należy uznać za celowe i uzasadnione. Niniejsza praca jest ciekawa zarówno pod względem analizowanego zagadnienia jak również metodyki opracowania wyników. Rozprawa zawiera aspekt użyteczny, gdyż zaprezentowane wyniki badań mogą zostać wykorzystane podczas projektowania biogazowni rolniczej, co ma ogromne znaczenie ze względu na koszty budowy biogazowni.

2. Charakterystyka pracy

Przedstawiona praca doktorska liczy 103 stron maszynopisu formatu A4. Składa się z 9 rozdziałów w tym wykaz literatury, brak w pracy spisu rysunków i tabel. Dodatkowo autor dołączył płytę CD oraz spis załączników. Praca zawiera 20 rysunków oraz 20 tabel. Wykaz literatury obejmuje 198 pozycji w tym 1 pozycja stanowi własne opracowanie współautorskie Doktoranta. W zamieszczonej bibliografii 156 pozycje to literatura obcojęzyczna oraz 9 pozycji wykorzystania informacji ze stron internetowych. Dodatkowo Doktorant korzystał z Rocznika Statystycznego z 3 Norm Polskich i 1 Normy Niemieckiej DIN.

We wstępie pracy (rozdział 1) Doktorant przedstawił krótkie uzasadnienie wyboru tematu, podkreślając wagę i aktualność problemu wykorzystania odpadów rolniczych w postaci słomy różnych gatunków roślin do produkcji biogazu. Dodatkowo podkreślił aspekt łączenia różnych metod przetwarzania dotyczący rozdrabniania i przerabiania mikrobiologicznego substratów.

W rozdziale drugim przedstawiona analiza stanu zagadnienia. Doktorant opisał proces i etapy produkcji biogazu. W rozdziale tym został również scharakteryzowany

biogaz produkowany z odpadów rolniczych oraz charakterystykę substratów. Dodatkowo również Doktorant zwrócił uwagę na parametry biogazowni. W rozdziale tym również Autor poruszył aspekt metod przetwarzania biomasy ligninocelulozowej wraz z charakterystyką roślin, które zostały wykorzystane w badaniach. Dokonał również charakterystyki pulpy pofermentacyjnej.

Przedstawiony przez Doktoranta przegląd aktualnego stanu wiedzy w zakresie opisywanym w rozprawie pozwoliło na poprawne i właściwe określenie problemów badawczych oraz celu i zakresu pracy, które przedstawiono w rozdziale 3 i 4.

Doktorant sformułował następujące problemy badawcze:

1. W jaki sposób zróżnicowanie długości siewki słomy wpływa na uzysk biogazu?
2. Czy uzysk biogazu ze słomy jęczmiennej, rzepakowej i kukurydzianej będzie kształtował się na podobnym poziomie?
3. W jaki sposób fermentacja metanowa wpłynie na wybrane parametry fizykochemiczne pulpy pofermentacyjnej?

Celem pracy było określenie optymalnego stopnia rozdrobnienia świeżej i mikrobiologicznie rozdrobnionej słomy wybranych gatunków roślin rolniczych, wykorzystywanych jako substratu w produkcji biogazu. Poza celem głównym Doktorant postawił cele cząstkowe polegające na określeniu ilości i jakości biogazu, uzyskanego ze słomy badanych gatunków roślin, określeniu wpływu właściwości fizykochemicznych substratów oraz pozyskanej pulpy pofermentacyjnej. Aby odpowiedzieć na postawione problemy badawcze oraz osiągnąć zakładane cele Doktorant skrupulatnie określił zakres prac, które polegały na: pozyskaniu materiału badawczego w postaci słomy trzech gatunków roślin uprawnych, mikrobiologicznym przetworzeniu słomy jęczmiennej, rozdrabnianiu słomy, prowadzeniu procesu fermentacji, analizie fizykochemicznej substratów i produktów fermentacji metanowej, analizie statystycznej uzyskanych wyników z prowadzonych badań.

Charakterystykę stanowiska badawczego, przygotowanie materiału badawczego, metodykę pomiarową dotyczącą produkcji biogazu w skali laboratoryjnej Autor przedstawił w rozdziale piątym zatytułowanym „Metodyka badań”. Również w tym

rozdziale opisano stanowisko badawcze, przedstawiono charakterystykę materiału badawczego oraz przedstawiono metodyki badań dotyczące oceny fizykochemicznej badanego materiału oraz substratów i pulpy pofermentacyjnej, oceny ilości i jakości wyprodukowanego biogazu, oraz ocenę statystyczną otrzymanych wyników badań. Doktorant dokładnie opisał sposób przetwarzania mikrobiologicznego słomy jęczmiennej wraz z metodyką namnażania grzyba *Cladospodium Siliens*, który został wykorzystany do tego procesu.

Do badań wykorzystano słomę trzech wybranych gatunków roślin uprawnych: jęczmienia, rzepaku i kukurydzy. Materiał badawczy pobrano z gospodarstwa rolnego zlokalizowanego w miejscowości Tarnice, w gminie Kalisz Pomorski w województwie zachodniopomorskim. Doktorant szczegółowo opisał gospodarstwo pod względem prowadzonej działalności rolniczej z uwzględnieniem charakterystyki posiadanych arealów glebowych. Słomę wykorzystaną do badań zebrano w latach 2014 – 2015. Słoma przed wprowadzeniem do fermentatora została pocięta na sieczkę o ustalonych długościach: 5 mm, 20 mm, 100 mm. Dodatkowo słomę jęczmienną poddano przetwarzaniu mikrobiologicznemu. W analizie fizykochemicznej substratów oraz pulpy pofermentacyjnej uwzględniono: odczyn, zawartość suchej masy, zawartość suchej masy organicznej, zawartość azotu, zawartość fosforu, potasu. Do analizy statystycznej wykorzystano pakiet *Statistica 12* oraz *Excel 2016*. Po spełnieniu warunku normalności dokonano analizy wariancji ANOVA. W przypadku stwierdzenia istotności różnic wykonano test Tukeya. Dla wariantów nie spełniających rozkładu normalnego wykorzystano test nieparametryczny Kruskala – Wallisa.

W szóstym rozdziale Autor dokonał analizy wyników badań. W celu określenia jakości koosustratów wykorzystywanych w doświadczeniu przeprowadzono analizę fizykochemiczną. Materiały słomiaste zostały przebadane pod kątem zawartości suchej masy w świeżej masie, suchej masy organicznej, oraz ilości azotu, fosforu, potasu w suchej masie. Analizie tej poddano również gnojowicę stanowiącą koosustrat słomy i inokulum bakterii metanogennych. Analiza fizykochemiczna dotyczyła również zawartości podstawowych makroelementów. Dokonano również analizy uzysku biogazu ze świeżej słomy jęczmiennej, kukurydzianej i rzepakowej a także ze słomy poddanej przetwarzaniu mikrobiologicznemu. Analizowano również zawartość metanu w wyprodukowanym biogazie. Przeprowadzono również analizę

uzysku biogazu oraz metanu z badanych substratów, zawartość dwutlenku węgla w wyprodukowanym biogazie, skorygowaną zawartość metanu w wyprodukowanym biogazie, zawartość amoniaku, siarkowodoru. Autor porównał uzysk metanu oraz biogazu pomiędzy substratami.

W rozdziale siódmym Doktorant przeprowadził wnikliwą dyskusję nad otrzymanymi wynikami popartymi analizami statystycznymi.

Rozprawę zamyka rozdział ósmy - wnioski.

3. Uwagi szczegółowe

Podczas lektury nasunęło mi się kilka uwag wymagających dodatkowego wyjaśnienia:

1. Ze względu na to, że jednym z postawionych problemów badawczych jest: „czy uzysk biogazu ze słomy jęczmiennej, rzepakowej i kukurydzianej będzie kształtował się na podobnym poziomie?” Brak odpowiedzi na to pytanie we wnioskach.
2. Jakie kryteria zastosowano przy doborze długości siewki?
3. Dlaczego dla słomy trzech gatunków roślin wykorzystanych w badaniach zastosowano te same długości siewki, choć długość słomy tych roślin jest różna?
4. Dlaczego słomę jęczmienną poddano przetwarzaniu mikrobiologicznemu i dlaczego zastosowano grzyba *Cladospodium Silens*?
5. Doktorant używa określenia „biologiczne przetworzenie słomy” na str. 28 przedstawiając zakres pracy. Powinno być „mikrobiologiczne” przetworzenie słomy.
6. W celu i zakresie pracy Doktorant wskazuje na określenie optymalnego stopnia rozdrobnienia świeżej i mikrobiologicznie przetworzonej słomy. Zatem jaka jest definicja „optymalnego rozdrobnienia” w przypadku

poruszanego problemu? Czy określenie trzech długości siczki pozwala na określenie optymalnego rozdrobnienia?

7. Na stronie 32 Doktorant opisując stanowisko badawcze wskazuje stałą żądaną temperaturę w łaźni wodnej, gdzie jest zanurzona butla reakcyjna. Zatem jaka jest stała żądana temperatur?
8. W rozdziale „Metodyka badań” opisując metody statystyczne Doktorant nie wskazał zmiennych, które wykorzystane są w poszczególnych analizach. Podrozdział 5.6 wydaje się mało uszczegółowiony, a statystyka oraz sposób przygotowania danych (zmiennych) stanowi ważny element wpływający na uzyskane analizy. Dlaczego wybrano test nieparametryczny Kruskala – Wallisa, a nie np. rSpearmana? Dlaczego dla sprawdzenia normalności rozkładu wykorzystano test Shapiro – Wilka, a nie np. Lillieforsa czy Kołmogorowa - Smirnowa?
9. Brak odniesienia do statystyk we wnioskach.
10. Wydaje się, że Doktorant nadużywa określeń parametry fizykochemiczne, analiza jakości biogazu. Powinno używać się określenia wybrane parametry fizykochemiczne oraz wybrane parametry bądź wyróżniki jakości biogazu, ze względu na to, że Doktorant nie przebadął wszystkich parametrów.

Praca napisana jest starannie i z dbałością o stronę edytorską. Struktura pracy jest poprawna i logicznie spójna. Tekst zaprezentowany przejrzysto i starannie zredagowany. Doktorant jednolicie sformatował tekst, rysunki oraz wykresy są poprawnie ponumerowane i odwołując się do tekstu są odpowiednio ulokowane w pracy, co czyni pracę spójną i bardzo czytelną. Praca jest wykonana bardzo starannie, co sprawia, że przyjemnie się ją czyta.

4. Wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę całość recenzowanej rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Pawła Kołosowskiego zatytułowanej: *„Wpływ rozdrobnienia słomy wybranych*

gatunków roślin na uzysk biogazu i właściwości pulpy pofermentacyjnej” stwierdzam, że praca w pełni odpowiada warunkom stawianym rozprawom doktorskim i może być dopuszczona do dalszych etapów prowadzenia przewodu doktorskiego.

Opracowana przez Doktoranta rozprawa doktorska jest pracą samodzielną, rozwiązującą problem badawczy postawiony w pracy i wnosi oryginalny wkład w rozwój metod badawczych służących modelowaniu procesu mieszania, a aspekt użyteczny pracy dodatkowo podnosi jej wartość.

Dodatkowo wnioskuję o wyróżnienie przedstawionej pracy ze względu na użyteczność poruszonego tematu oraz możliwość wdrożenia i wykorzystania wyników badań w projektowaniu biogazowni rolniczych.

*Przedmiot
Katarzyna*

