

STRESZCZENIE PRACY DOKTORSKIEJ

EFEKTYWNOŚĆ SANITYZACJI GNOJOWICY ŚWIŃSKIEJ I PRODUKCJI BIOGAZU W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU WYKORZYSTYWANYCH SUBSTRATÓW W BIOGAZOWNIACH ROLNICZYCH

mgr inż. Michał Grudziński

Wielkotowarowej produkcji trzody chlewnej towarzyszy wytwarzanie odchodów zwierzęcych, które w formie np. gnojowicy zagospodarowywane są na użytkach rolnych. Taki sposób ich wykorzystania może stwarzać zagrożenie szerzenia się zoonoz ze względu na zawartość potencjalnie patogennych drobnoustrojów. Jednym ze sposobów neutralizacji gnojowicy jest wykorzystywanie jej jako substratu w procesie produkcji biogazu.

Celem niniejszej pracy jest określenie wpływu procesu fermentacji metanowej prowadzonej w dwóch biogazowniach rolniczych różniących się między sobą rodzajem wykorzystywanych substratów na efektywność sanitzacji biomasy wejściowej, w tym gnojowicy świńskiej i produkcji biogazu.

Do badań wykorzystano próby gnojowicy, biomasy wejściowej oraz biomasy pofermentacyjnej pochodzące z biogazowni w Giżynie, wykorzystującej jako substrat gnojowicę pochodzącą z fermy trzody chlewnej utrzymującej lochy i prosięta oraz biogazowni w Świelinie, wykorzystującej jako substrat gnojowicę pochodzącą z fermy utrzymującej tuczniaki.

Analizy fizykochemiczne wykazały, że gnojowica, biomasa wejściowa oraz biomasa pofermentacyjna z biogazowni w Świelinie charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy organicznej, popiołu i azotu amonowego niż gnojowica, biomasa wejściowa i biomasa pofermentacyjna z biogazowni w Giżynie. Parametry procesu fermentacji metanowej, w tym temperatura oraz pH osiągały wyższe wartości w biogazowni zlokalizowanej przy fermie tuczu (Świelinie) w porównaniu z biogazownią zlokalizowaną przy fermie matecznej (Giżyno).

Analizy mikrobiologiczne wykazały istotne różnice liczebności badanych grup drobnoustrojów między gnojowicą, biomasą wejściową a biomasą pofermentacyjną w obu biogazowniach. Gnojowica i biomasa wejściowa z biogazowni w Świelinie (ferma tuczu) zawierała więcej drobnoustrojów niż gnojowica i biomasa wejściowa z biogazowni w Giżynie (ferma mateczna). Jednakże pomimo większej liczby drobnoustrojów w biomasie wejściowej, większym stopniem redukcji analizowanych grup bakterii charakteryzowała się biogazownia

w Świelinie. Ponadto, ustalono, że niezależnie od biogazowni i ilości drobnoustrojów w biomase wejściowej, ich liczebność osiągała zbliżone wartości w pozostałościach pofermentacyjnych.

Dobowa wydajność produkcji biogazu a także dzienny uzysk biogazu z 1 m³ pojemności roboczej w biogazowni przy fermie tuczu były istotnie wyższe niż w biogazowni przy fermie matecznej. Dzienny uzysk metanu z 1 m³ pojemności roboczej komory fermentacyjnej był również istotnie większy w biogazowni wykorzystującej gnojowicę od tuczników. Natomiast dobową wydajność metanotwórczą w obu biogazowniach kształtowała się na podobnym poziomie. Proces produkcji biogazu zachodził wydajniej w biogazowni w Świelinie, wykorzystującej do produkcji biogazu biomasę, w tym gnojowicę od tuczników o wyższej zawartości suchej masy, suchej masy organicznej oraz azotu w porównaniu z biogazownią w Giżynie. Jednocześnie efektywność sanityzacji biomasy wejściowej, w tym gnojowicy była wyższa w biogazowni zlokalizowanej przy fermie tuczu w porównaniu z biogazownią zlokalizowaną przy fermie matecznej. Z uwagi na powyższe zaleca się lokalizowanie instalacji biogazowni szczególnie przy fermach tuczu.

28.10.2020 *Gmiesński Michał*

DOCTORAL THESIS ABSTRACT

The efficiency of sanitization of pig slurry and biogas production depending on the type of used substrates in agricultural biogas plants.

Michał Grudziński

Large-scale pig farming is associated with the production of large amounts of animal excrements, which after processing in the form of, e.g. slurry, are managed on agricultural land as natural fertilizers. The utilization of pig manure on agricultural land in excess and in an uncontrolled manner may pose a threat of the spread of zoonoses due to the content of significant amounts of potentially pathogenic microorganisms. One way to neutralize liquid manure is to use it as a substrate in the biogas production process.

The aim of this study is to determine the impact of the methane fermentation process carried out in two agricultural biogas plants differing in the type of substrates used, on the efficiency of sanitization of the input biomass, including pig slurry and biogas production.

Samples of pig slurry, input biomass and digestate from two agricultural biogas plants: Giżyno biogas plant, which uses as a substrate pig slurry from breeding farm and Świelinó biogas plant, which uses as a substrate pig slurry from fattening farm were included in the current study.

Physicochemical analyzes have shown that slurry, input biomass and digestate from the biogas plant in Świelinó were characterized by a significantly higher content of organic dry matter, ash and ammonium nitrogen than slurry, input biomass and digestate from the biogas plant in Giżyno. The parameters of the methane fermentation process, including temperature and pH, reached higher values in the biogas plant located near fattening farm (Świelinó) as compared to the biogas plant located near breeding farm (Giżyno).

Microbiological analyzes showed significant differences in the number of analyzed groups of microorganisms between slurry, input biomass and digestate in both biogas plants. The slurry and input biomass from the biogas plant in Świelinó (fattening farm) contained higher number of microorganisms than the slurry and input biomass from the biogas plant in Giżyno (breeding farm). Regardless the higher number of microorganisms found in the input biomass, the biogas plant in Świelinó was characterized by a higher degree of reduction of the analyzed groups of bacteria. Furthermore, regardless the number of microorganisms in samples of input biomass, their numbers reached similar values in the post-fermentation residues.

The daily biogas production efficiency as well as the daily biogas yield from 1 m³ of fermenters' working capacity in biogas plant located near fattening farm were significantly

higher than in biogas plant located near breeding farm. The daily methane yield from 1 m³ of fermenters' working capacity was also significantly higher in Świelino biogas plant. On the other hand the daily methane production efficiency in both biogas plants was at a similar level. The biogas production process was more efficient in Świelino biogas plant, which used as a substrate pig slurry from fattening farm with a higher dry matter, organic dry matter, and nitrogen content in comparison to Gizyno biogas plant. At the same time, the efficiency of sanitization of the input biomass, including pig slurry was significantly higher in biogas plant located near the fattening farm in comparison to the biogas plant located near the breeding farm. Due to the above, it is recommended to locate a biogas plants near pig fattening farms.

2020-10-28 Gmulinśki Michał

Warszawa, 7 stycznia 2021 r.

Prof. dr hab. Justyna Więcek
Katedra Hodowli Zwierząt
Instytut Nauk o Zwierzętach
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Michała Grudzińskiego pt.:

„Efektywność sanityzacji gnojowicy świńskiej i produkcji biogazu w zależności od rodzaju wykorzystywanych substratów w biogazowniach rolniczych”

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Arkadiusza Pietruszki, prof. ZUT
w Katedrze Nauk o Zwierzętach Monogastrycznych
oraz promotora pomocniczego: dr hab. inż. Karola Fijałkowskiego, prof. ZUT

W Polsce z roku na rok maleje udział małych gospodarstw rodzinnych na rzecz większych, efektywniejszych ferm. Mimo, że produkcja wieprzowiny w takich fermach jest tańsza to budzi wiele zastrzeżeń ze względu na większą uciążliwość odorów oraz produkcję trudnych do zagospodarowania, dużych ilości odchodów. Aby móc pobudować fermę wielkotowarową należy uzyskać pozwolenie zintegrowane, to znaczy obejmujące wszystkie emisje zanieczyszczeń z danego obiektu, do wszystkich komponentów środowiska. Właściciele ferm wielkotowarowych nie tylko na etapie budowy inwestycji muszą posiadać stosowne pozwolenia ale również na etapie wykorzystania budynków spotykają się z częstymi kontrolami pod kątem zabezpieczeń i rozwiązań uciążliwości dla środowiska naturalnego i tym samym muszą takie rozwiązania stosować. Jednym z takich rozwiązań są zlokalizowane w pobliżu ferm biogazownie rolnicze, wykorzystujące gnojowicę do produkcji biogazu. Jednak na bazie samej gnojowicy nie uzyska się biogazu dlatego też należy dysponować innymi substratami, zawierającymi więcej suchej masy. Najczęściej tymi substratami są kiszonki z kukurydzy i/lub traw. Ale czy każdy rodzaj gnojowicy nadaje się jako substrat do biogazowni? Czy utylizacja w biogazowni każdego rodzaju gnojowicy jest ekonomicznie uzasadniona? Czy masa pofermentacyjna wykorzystywana jako nawóz jest bezpieczniejsza



dla środowiska niż gnojowica? Na te pytania znajdziemy odpowiedź w przedstawionej do recenzji rozprawie doktorskiej.

Oceniana praca jest wartościowa pod względem poznawczym jak i użytecznym. Jest to studium badawcze dotyczące sanityzacji gnojowicy świńskiej oraz efektywności produkcji biogazu na bazie gnojowicy pochodzącej z dwóch różnych ferm: loch i tuczników. Podjęcie takich badań jest potrzebne i uzasadnione. Wychodzą one naprzeciw istniejącym potrzebom.

Całość treści przedstawionego do oceny opracowania zawarto na 83 stronach znormalizowanego druku komputerowego. Uzupełnienie stanowi streszczenie w języku polskim (2 strony) i angielskim (2 strony), 15 stron bibliografii (163 pozycje) oraz 3 dodatkowe rozdziały z wykazem tabel, rycin i zdjęć. Zastosowano klasyczny układ typowy dla prac o charakterze naukowym. W pracy wyróżniono 6 rozdziałów: Wstęp, Przegląd piśmiennictwa, Cel pracy, Materiał i metody, Wyniki i dyskusja oraz Podsumowanie i wnioski. Układ pracy oraz jej struktura z zachowaniem podziału treści na rozdziały i podrozdziały są poprawne i nie budzą zastrzeżeń. Praca napisana jest starannie, poprawną polszczyzną, w sposób przejrzysty i zrozumiały.

Autor umiejętnie zredagował wstęp, który wprowadza czytelnika w zagadnienia stanowiące treść pracy. We wstępie pojawiają się hasła, które w dalszej części pracy są rozwijane. Te hasła to m.in.: efekt cieplarniany, eutrofizacja, utylizacja, sanityzacja.

Przegląd literatury został opracowany na podstawie poprawnie merytorycznie dobranego piśmiennictwa. Rozdział ten został podzielony na cztery logicznie wyodrębnione podrozdziały, co ułatwia śledzenie toku rozumowania Autora. Ta część rozprawy napisana jest jasno i kompetentnie, i wskazuje na dużą wiedzę teoretyczną i znajomość literatury przez Autora.

W pierwszym z podrozdziałów Autor przedstawił produkcję świń w Polsce w ostatnich kilkunastu latach, w tym skupił się na produkcji wielkotowarowej. Słusznie Doktorant przytacza publikację Philippe i Nicks'a z 2015 roku, z której wynika, że wysiłki zmierzające do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych powinny być skierowane przede wszystkim na fazę tuczu świń, która w ponad 70% odpowiada za całkowitą emisję gazów cieplarnianych w cyklu produkcyjnym.

W kolejnym podrozdziale przeglądu literatury Autor scharakteryzował gnojowicę świńską pod kątem przydatności nawozowej oraz zawartości w niej mikroorganizmów. Dwa kolejne podrozdziały przeglądu to obszerny podrozdział dotyczący produkcji biogazu, przybliżający czytelnikowi przebieg procesu fermentacji metanowej oraz podrozdział,

w którym Doktorant przedstawił korzyści z przetwarzania odpadów z wykorzystaniem tej fermentacji.

Cel pracy określony został w wyodrębnionym rozdziale, a poprzedza go rozdział nazwany przez Autora „Uzasadnienie innowacyjnego charakteru pracy”. Zasadniczy cel pracy został zaplanowany do realizacji poprzez 6 wyodrębnionych celów szczegółowych.

W rozdziale Materiał i metody zawarto wszystkie informacje odnośnie zakresu, sposobu i zastosowanych metod badawczych w trakcie realizacji badań. Przedstawiono również opis dwóch biogazowni, z których pozyskano materiał badawczy. Badania zaplanowano i opisano prawidłowo. Badania przeprowadzono w dwóch etapach: w pierwszym etapie – terenowym pobierano próby materiałów badawczych i kontrolowano warunki fermentacji, w drugim – laboratoryjnym przeprowadzono analizy fizykochemiczne i mikrobiologiczne pobranego materiału biologicznego. Zgromadzone wyniki były wystarczające do określenia efektywności sanityzacji biomasy wejściowej w biogazowniach i wydajności procesu produkcji biogazu. Wykorzystane do obliczeń metody statystyczne zostały dobrane i opisane poprawnie.

Wykonanie badań wymagało aktywnego udziału mgr Grudzińskiego w części terenowej i analitycznej oraz współdziałania Doktoranta z pracownikami biogazowni oraz laboratorium. Wskazuje to na opanowanie warsztatu badawczego i zdobycie umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wyniki badań własnych przedstawiono w 13 tabelach, na 12 wykresach i 4 fotografiach. Wyniki są zaprezentowane w logicznej kolejności i przejrzystości. Stanowią one pełną dokumentację prowadzonych badań i upoważniają do sformułowania uzasadnionego wniosku.

W rozdziale „Wyniki i dyskusja” wyniki badań własnych zostały skonfrontowane z rezultatami uzyskanymi przez innych autorów. Doktorant przedstawił również własną interpretację różnic. Umieszczenie tabel i wykresów w tekście znacznie ułatwia śledzenie toku rozumowania Autora. Jest to dobrze opracowany i obszerny rozdział pracy. Podzielenie tego rozdziału na podrozdziały czyni go bardziej przejrzystym. Forma opracowania tego rozdziału świadczy o swobodnym poruszaniu się w zakresie tematyki badań oraz właściwej analizie i wykorzystaniu danych z piśmiennictwa.

W rozdziale Podsumowanie i wnioski Autor podsumował najważniejsze wyniki, które uzyskał w badaniach, a następnie poprawnie sformułował 2 wnioski. W tej części pracy zabrakło w podsumowaniu odniesienia do celu szczegółowego nr 6. Moim zdaniem również

stwierdzenie umiejscowione w podsumowaniu na stronie 88 (4 akapit od góry): „*H. alvei* może być dobrym wskaźnikiem wydajności procesu sanityzacji biomasy w warunkach termofilnych produkcji biogazu” powinno być w podrozdziale Wnioski. Przedstawione przez Autora dwa wnioski odnoszą się do celu zasadniczego. Cennym elementem tego rozdziału jest sformułowanie zalecenia, aby instalacje biogazowni lokalizować szczególnie przy fermach tuczu.

Spis piśmiennictwa obejmuje 163 pozycje literatury, z czego 16 to normy i instrukcje wykorzystane w rozdziale Materiał i metody. Spośród 147 pozostałych 63 to pozycje opublikowane w latach 2010-2019. Literatura obcojęzyczna stanowi ponad 80% całego piśmiennictwa. Zgromadzona literatura w sposób wystarczający dokumentuje istniejący stan wiedzy z tego zakresu.

Streszczenie jest kompletne i obejmuje wstęp, cel, zarys metodyki, najważniejsze wyniki i wnioski.

Z obowiązku recenzenta podaję też inne uwagi jakie nasunęły się w czasie czytania pracy. Mam nadzieję, że zwrócenie uwagi na pewne kwestie wyeliminuje nieścisłości przy przygotowywaniu pracy do publikacji a publiczna obrona będzie doskonałą okazją wyjaśnienia moich wątpliwości. Uwagi przedstawiam w tej samej kolejności co rozdziały w pracy:

1. Brak zdjęcia nr 2, do którego Autor odwołuje się na stronie 10. Zdjęcie nr 2 jest na stronie 66 i przedstawia płytkę Petriego z koloniami bakteryjnymi. Odniesienie w tekście do zdjęcia ze strony 66 jest na stronie 65, ale również w tym miejscu jest błędna numeracja zdjęć. Na stronie 24 w pierwszym akapicie powinien być odnośnik do ryciny 7 a nie 5.
2. Brak wyjaśnienia skrótu BREF, który użyty jest na stronie 11.
3. Rzeczowniki takie jak: zwierzęta, instalacje, bakterie są rzeczownikami policzalnymi i podajemy ich liczbę a nie ilość.
4. Po przeczytaniu rozdziału „Przegląd literatury” nasuwa mi się pytanie dotyczące żywieniowych metod ograniczania emisji azotu u świń.
5. Na stronie 39 Autor użył skrótu myślowego, który należy uzupełnić: „Dodatkowo, zależy od rodzaju kwasów, ich ilości w biomase fermentującej i wzajemnych proporcji” (5-4 wiersz od dołu strony).
6. Częściowo błędna legenda przy wzorach na: SMO (strona 48), stopień redukcji bakterii (strona 54) oraz dobowy uzysk metanu z 1 m³ przestrzeni roboczej (strona 55).

7. W rozdziale Materiał i metody jako pierwszą opisano fermę tuczu, w tytule tabeli nr 8 jako pierwszą również wymieniono fermę tuczu natomiast w tabelach prezentowane są zawsze jako pierwsze wyniki z fermy matecznej – brak konsekwencji.
8. Na stronie 62 Doktorant napisał: „Illmer i Gstraunthaler (2009) donoszą, że sezonowość ma pośredni wpływ na proces fermentacji anaerobowej, m.in. poprzez zmiany w składzie używanych substratów”. Proszę wyjaśnić jaki związek ma wyżej przytoczony komentarz z przeprowadzonymi przez Doktoranta badaniami. Czy w trakcie badań zmienił się skład używanych substratów?
9. Na stronie 85 Autor napisał: „Wysoką, dodatnią (r w przedziale 0,6-0,8, $p \leq 0,05$) korelację zaobserwowano między odczynem pH a wydajnością produkcji biogazu.” Wartość współczynnika korelacji dwóch cech to jedna wartość i w tym przypadku wynosi ona +0,67 (tabela 20).

Biorąc pod uwagę celowość podjętych badań, sposób i zakres ich realizacji, a także poprawność formy i prezentacji uzyskanych wyników, jak również poprawnie przeprowadzone omówienie wyników uwzględniające element dyskusji wraz z podsumowaniem uzyskanych rezultatów stwierdzam, że przedstawiona do zaopiniowania praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim, określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r., poz. 1789).

W związku z powyższym przedstawiam Radzie Dyscypliny Naukowej Zootechnika i Rybactwo wnioszek o dopuszczenie Pana mgr inż. Michała Grudzińskiego do dalszych etapów przewidzianych postępowaniem o ubieganie się o stopień doktora nauk rolniczych.



Prof. dr hab. Justyna Więcek

Bydgoszcz 19.01.2021

dr hab. inż. Katarzyna Budzińska, prof. uczelni
Katedra Biologii i Środowiska Zwierząt
Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt
Uniwersytet Technologiczno- Przyrodniczy
im Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Michała Grudzińskiego

pt.: „Efektywność sanitzacji gnojowicy świńskiej i produkcji biogazu w zależności od rodzaju wykorzystywanych substratów w biogazowniach rolniczych”
wykonana w Katedrze Nauk o Zwierzętach Monogastrycznych na Wydziale Biotechnologii i Hodowli Zwierząt Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie pod kierunkiem Pana promotora dr hab. inż. Arkadiusza Pietruszki, prof. ZUT oraz Pana promotora pomocniczego dr hab. inż. Karola Fijałkowskiego, prof. ZUT

Wielkotowarowa produkcja trzody chlewnej przyczynia się do powstawania dużej ilości ścieków odzwierzęcych będących płynną mieszaniną głównie kału, moczu i wody. Gnojowica zawiera duże ilości łatwo dostępnego azotu, fosforu, potasu, wapnia oraz innych substancji nawozowych, co sprawia, że może być wykorzystana do nawożenia gruntów rolnych oraz użytków zielonych. Ponadto wartość nawozowa gnojowicy umożliwia traktowanie jej jako substytutu dla nawozów mineralnych. Rolnicze wykorzystanie płynnych odchodów zwierzęcych do celów nawozowych jest najczęstszą formą ich zagospodarowania, jednak racjonalne stosowanie ścieków odzwierzęcych stanowi istotny problem współczesnego rolnictwa. Jednym z czynników ograniczających zagospodarowanie gnojowicy w nawożeniu użytków rolnych jest jej znaczne zanieczyszczenie mikrobiologiczne. W skład mikrobioty gnojowicy wchodzi wirusy, bakterie, grzyby mikroskopijne oraz pasożyty. Szczególne zagrożenie dla środowiska glebowego, wodnego, a także skażenia powietrza stanowią występujące w gnojowicy, takie bakterie jak: *Salmonella*, *Mycobacterium*, *Leptospira*, enteropatogenne szczepy *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Yersinia* i inne. Zagrożenie epidemiczne i epizootyczne stanowią występujące w gnojowicy wirusy. W ściekach tych stwierdzono między innymi obecność wirusa pryszczycy, choroby Aujeszkiego, choroby cieszyńskiej świń, a także afrykańskiego pomoru świń. Niewłaściwe postępowanie z gnojowicą, w której występują liczne pasożyty niesie ze sobą również ryzyko skażenia parazytologicznego środowiska. Przy nadmiernym wykorzystaniu gnojowicy do celów nawozowych nie można pominąć negatywnych skutków, takich jak emisja gazów cieplarnianych, odory, eutrofizacja wód, zmiany składu mineralnego gleby oraz niekorzystne oddziaływanie na jej strukturę.

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Michała Grudzińskiego porusza istotny problem współczesnego rolnictwa, jakim jest racjonalne wykorzystanie gnojowicy świńskiej w aspekcie ochrony środowiska. Podjęta przez Doktoranta tematyka badawcza dotyczy bardzo ważnego zagadnienia, jakim jest pozyskiwanie odnawialnych źródeł energii z biomasy poprzez wykorzystanie gnojowicy świńskiej do produkcji biogazu w biogazowniach rolniczych wykorzystujących różne rodzaje substratów.

Oceniana rozprawa doktorska Pana Michała Grudzińskiego została napisana zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami dla rozpraw naukowych. Praca liczy 114 stron maszynopisu, w

tym 20 tabel, 23 ryciny oraz 5 fotografii. Zawiera stronę tytułową, spis treści oraz następujące rozdziały: wstęp, przegląd piśmiennictwa, cel pracy, materiał i metody, wyniki i dyskusja, podsumowanie i wnioski, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz tabel, rycin i zdjęć oraz piśmiennictwo. Formalna strona pracy nie budzi zastrzeżeń.

Tytuł odpowiada zawartej treści rozprawy. Uważam jednak, że można by dokonać korekty redakcyjnej polegającej na zmianie kolejności, tzn. „Wpływ wykorzystywanych substratów w biogazowniach rolniczych na sanityzację gnojowicy świńskiej i efektywność produkcji biogazu”.

W rozdziale „Wstęp” Doktorant w syntetyczny sposób opisał najważniejsze zagrożenia związane z niewłaściwym stosowaniem gnojowicy w nawożeniu gruntów rolnych. Wspomniał też o możliwości zagospodarowania gnojowicy w procesie produkcji biogazu w biogazowniach rolniczych, które wykorzystują różne substraty.

„Przegląd piśmiennictwa” oceniam jako kompletny pod względem analizowanych zagadnień. Doktorant wykazał dużą znajomość zagadnień problemów praktycznych związanych z pozyskiwaniem biogazu w biogazowniach rolniczych. Rozdział ten został podzielony przez Autora pracy na 5 podrozdziałów, a następnie na kolejne podrozdziały. Stanowi obszerne, liczące aż 33 strony opracowanie stanu wiedzy związanej z tematyką badawczą. Doktorant opisuje zmiany zachodzące w chowie i hodowli trzody chlewnej w Polsce na tle innych państw europejskich. W oparciu o dobrze dobraną literaturę źródłową scharakteryzował skutki oddziaływania wielkotowarowej produkcji trzody chlewnej na środowisko. W kolejnych częściach tego rozdziału Doktorant opisał właściwości nawozowe gnojowicy i występujące w niej bakterie, wirusy, grzyby i pasożyty. Uważam, że podrozdziały poświęcone mikrobiocie gnojowicy powinny zostać połączone. Opisując te zagadnienia Autor opierał się często na bardzo starych opracowaniach, w niektórych przypadkach ponad 40-letnich, dostępne są publikacje naukowe z ostatnich kilku lat poświęcone tej tematyce.

W podrozdziale 2.3. Produkcja biogazu, obejmującym 23 strony, Autor obszernie przedstawił szczegółowe informacje na temat procesu produkcji biogazu, poprzez omówienie przebiegu kolejnych jego faz oraz najważniejszych parametrów procesu fermentacji metanowej, które powinny podlegać szczególnej kontroli. Dobór i odpowiednie zbilansowanie substratów odgrywają istotną rolę w zachowaniu stabilności przebiegu procesu fermentacji metanowej, który jest bardzo czuły na gwałtowne zmiany parametrów.

Sugeruję usunąć rycinę 4, która przedstawia schemat budowy przydomowej biogazowni (źródło van Buren, 1979), ponieważ z przeprowadzonymi przez Doktoranta badaniami nie wiele ma wspólnego.

W rozdziale 3 Doktorant jasno sprecyzował zasadniczy cel pracy, którego osiągnięcie było możliwe poprzez realizację 6 celów szczegółowych. W hipotezie badawczej Autor pracy przyjął, że proces fermentacji metanowej prowadzony w dwóch niezależnych biogazowniach zlokalizowanych przy fermie utrzymującej tuczniki i fermie utrzymującej lochy z prosiętami, wykorzystujących różne rodzaje substratów wpływa na sanityzację biomasy wejściowej, w tym gnojowicy świńskiej oraz efektywność produkcji biogazu.

Do tego rozdziału mam tylko drobną uwagę, a mianowicie w celu 3 i 4 Autor popełnił błąd w pisowni *Enterococcus* spp. powinno być *Enterococcus* spp.

Kolejnym rozdziałem jest „Materiał i metody”, w którym Doktorant przedstawił metodykę przeprowadzonych przez siebie badań. Rozdział ten obejmuje 13 stron i został podzielony na 5 podrozdziałów. Badania zostały przeprowadzone w dwóch biogazowniach rolniczych zlokalizowanych na terenie województwa zachodniopomorskiego. Do analiz pobierano raz w miesiącu próbki gnojowicy świńskiej, biomasy wejściowej oraz biomasy pofermentacyjnej. W każdej biogazowni próbki pobrano 15 razy, od stycznia 2015 roku do stycznia 2016 roku oraz w lipcu i sierpniu roku 2017. Na początku tego rozdziału Autor scharakteryzował w sposób bardzo ogólny biogazownie zlokalizowane w miejscowościach

Świetlino i Giżyno. Parametry pracy biogazowni, takie jak: dzienna średnia temperatura, pH w komorach fermentacyjnych, dzienny wsad substratów, hydrauliczny czas retencji, dzienna ilość pozyskiwanego biogazu, zawartość metanu w biogazie oraz stężenie LKT w biomase fermentującej zostały udostępnione Panu mgr inż. Michałowi Grudzińskiemu przez Spółkę GoodValley Agro S.A. Analizy składu chemicznego próbek gnojowicy, biomasy wyjściowej i pozostałości po fermentacji metanowej obejmowały oznaczenie zawartości suchej masy, suchej masy organicznej, popiołu surowego oraz azotu amonowego i zostały wykonane zgodnie z przyjętymi metodami analitycznymi. Autor przedstawił wzory, które wykorzystał do przeprowadzenia adekwatnych obliczeń. W kolejnym podrozdziale Doktorant opisał metody jakie zastosował w badaniach mikrobiologicznych. Autor pracy podaje, że analizy bakteriologiczne zostały wykonane zgodnie z normami: Jakość wody - Ogólne wytyczne oznaczania liczby bakterii metodą hodowli (PN - EN ISO 8199:2010) oraz Mikrobiologia żywności i pasz – Wymagania ogólne i zasady badań mikrobiologicznych (PN-EN ISO 7218:2008). W pobranych próbkach oznaczono ogólną liczbę bakterii, liczbę bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* oraz *Hafniaceae*, liczbę bakterii *Escherichia coli* oraz *Enterococcus* spp.

Kolejny podrozdział Autor poświęcił opracowaniu wyników analiz mikrobiologicznych, poprzez określenie stopnia redukcji oznaczanych bakterii w procesie fermentacji metanowej. W tej części dysertacji przedstawił Autor wzory, którymi się posłużył do określenia wydajności produkcji biogazu. Na końcu rozdziału opisał analizy statystyczne wykorzystane do opracowania wyników badań.

Analizując tę część pracy nasuwają mi się pewne kwestie wymagające dodatkowego wyjaśnienia.

Po pierwsze uważam, że Autor powinien bardziej szczegółowo opisać technologie pozyskiwania biogazu w obiektach, w których prowadził badania. Moim zdaniem Doktorant powinien podać informacje dotyczące ilości gnojowicy świńskiej i ilości kiszonek, a także recykulatu dla każdego miesiąca, w którym pobierał próbki do badań. W mojej ocenie istotny jest też skład zastosowanych kiszonek do produkcji biogazu. Autor nie wspomina również czy w biogazowniach do biomasy wejściowej dodawano glicerol.

W podrozdziale 4.1.2. Doktorant napisał, że „Próbę biomasy pobieraną przed zbiornikiem fermentacyjnym stanowiła mieszanina gnojowicy świńskiej, różnych rodzajów kiszonek (z kukurydzy lub z kukurydzy i z traw w zależności od biogazowni) i recykulatu ze zbiornika pofermentacyjnego”. Z powyższego zapisu można więc wnioskować, że biomasa wejściowa nie różniła się w obydwóch biogazowniach tylko składem gnojowicy świńskiej.

Podrozdział 4.2. Analizy fizykochemiczne powinien być zatytułowany Analiza podstawowego składu chemicznego.

Sugerowałabym usunięcie tabel od 4 do 7, w których Autor przedstawił skład zastosowanych podłoży mikrobiologicznych.

Czy rzeczywiście w pobranych próbkach gnojowicy i biomasy była oznaczana ogólna liczba drobnoustrojów? Z mojego doświadczenia wynika, że w temperaturze 37°C przez 24 godziny inkubacji w warunkach tlenowych, bez względu na to czy zastosujemy podłoże BHI, agar odżywczy, PCA, możemy wyizolować tylko ogólną liczbę bakterii mezofilnych.

Jeżeli chodzi o dobór wskaźników, na podstawie których Autor dokonał oceny skuteczności sanizacji gnojowicy, to ważne było by oznaczenie bakterii przetrwalnikujących, np. *Clostridium perfringens*. W biomase pofermentacyjnej, jeżeli jest wykorzystywana jako nawóz. Zgodnie z tym, o czym Doktorant napisał w „Przeglądzie piśmiennictwa” należałoby wykonać również analizy w kierunku występowania pałeczek *Salmonella* spp. oraz żywych jaj nicieni z rodzaju *Ascaris*, *Toxocara* i *Trichuris*. Zdaję sobie jednak sprawę, że analizy mikrobiologiczne są bardzo pracochłonne i kosztochłonne.

W podrozdziale 4.3.2. Autor napisał, że „do oznaczania ilościowego bakterii wykorzystano metodę posiewu powierzchniowego”. Uważam, że należy poprawić „do

oznaczania liczby bakterii wykorzystano metodę płytkową, technikę posiewu powierzchniowego.” W dalszej części opisującej sposób wykonania posiewów Doktorant napisał: „Z każdego rozcieńczenia próbki (od 10^{-1} do 10^{-6}) wysiewano za pomocą głaszczki 100 μ l dobrze wymieszanej zawiesiny na powierzchnię pożywki”. Na powierzchnię pożywki na płytkach Petriego próbkę lub jej rozcieńczenia nanosi się za pomocą pipet, najczęściej automatycznych ze sterylną końcówką, ewentualnie kalibrowaną pipetą Pasteura i niezwłocznie wykonuje się posiew za pomocą głaszczki. W podrozdziale 4.4.1. jest błąd w opisie wzoru do obliczenia procentowej redukcji drobnoustrojów z biomasy wejściowej. Jest X_b – liczba bakterii w biomacie po fermentacji metanowej (pozostałości pofermentacyjnej) powinno oczywiście być Y_b . W podrozdziale 4.4.3. Autor powinien podać informację, że uzyskane wyniki badań mikrobiologicznych zostały poddane transformacji logarytmicznej. Wzory w podrozdziałach 4.4.1. i 4.4.2. powinny zostać ponumerowane. Pomimo pewnych uwag i niejasności, na podstawie opisu zastosowanych metod oraz zastosowanych analiz statystycznych można stwierdzić, że Doktorant w dobrym stopniu opanował warsztat badawczy.

Kolejną częścią rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Michała Grudzińskiego jest rozdział „Wyniki i dyskusja”. Rozdział ten obejmuje 30 stron maszynopisu i został podzielony na 6 podrozdziałów. Uzyskane wyniki Autor rozprawy zestawiał w 13 tabelach oraz przedstawił graficznie na 12 rycinach i 4 fotografiach. W podrozdziale 5.1.1. Doktorant omówił wyniki dotyczące podstawowego składu chemicznego gnojowicy świńskiej pochodzącej z fermy tuczu i z fermy matecznej. Autor wykazał statystycznie istotne różnice między zawartością suchej masy, popiołu surowego, suchej masy organicznej oraz azotu amonowego w gnojowicy pochodzącej z fermy tuczu i fermy matecznej. W gnojowicy z fermy tuczu zawartość SM, SMO i $\text{NH}_4\text{-N}$ była istotnie wyższa w porównaniu do gnojowicy z fermy w Giżyń. Według Autora pracy różnice te wynikają najprawdopodobniej ze sposobu żywienia oraz odmiennych procedur technologicznych chowu obu grup zwierząt. Doktorant przedstawił w tabeli 8 tylko wartości średnie dla 15 cykli poboru próbek do badań. Uważam, że w pracy (np. w aneksie) powinny zostać przedstawione wyniki dla poszczególnych poborów próbek gnojowicy. W dwóch kolejnych podrozdziałach w podobny sposób Doktorant przedstawił wyniki dotyczące składu biomasy wyjściowej oraz składu pozostałości pofermentacyjnych. Moja uwaga jest taka sama jak w przypadku gnojowicy, a mianowicie w pracy powinny być wyniki składu biomasy wyjściowej i pozostałości pofermentacyjnych dla poszczególnych poborów w ciągu całego okresu prowadzonych badań. Według Autora pracy niskie wartości odchylenia standardowego w przypadku temperatury i wartości pH świadczą o dużej stabilności tych parametrów. Jednak analizując dane zaprezentowane na rycinie 12, na której są wyniki dla wszystkich 15 terminów badań prowadzonych w biogazowni w Giżyńie można odnieść inne wrażenie. Doktorant omawiając wyniki przedstawione na rycinie 12 również przyznaje, że proces fermentacji metanowej w biogazowni w Giżyńie w niektórych miesiącach był niestabilny i wymagał podjęcia działań korygujących. Czym Autor tłumaczy duże różnice dotyczące temperatury, które wystąpiły w sierpniu ($52,74\text{ }^{\circ}\text{C}$) i w październiku w którym temperatura osiągnęła tylko $40,98^{\circ}\text{C}$. Obliczona różnica wynosiła aż $11,76\text{ }^{\circ}\text{C}$. Wydaje mi się to niepokojące zwłaszcza w kontekście tego co Pan kilkakrotnie napisał w „Przeglądzie piśmiennictwa”, że temperatura jest jednym z najważniejszych parametrów prawidłowego przebiegu procesu fermentacji metanowej. Proszę również Doktoranta o wyjaśnienie z czego wynikała tak duża różnica dotycząca hydraulicznego czasu retencji w biogazowni w Giżyńie pomiędzy miesiącem kwietniem (2015 r.) i styczniem (2016 r.), która wynosiła ponad 60 dni. Analizując wybrane parametry procesu produkcji biogazu w biogazowni w Świelinie również można zaobserwować podwyższone stężenia LKT w pierwszych 4 miesiącach badań, szczególnie w lutym i marcu. Autor pracy wyjaśnia, że podjęto działania korygujące, które polegały na zmianie sposobu dostarczania biomasy wejściowej do bioreaktora i wydłużeniu czasu retencji, dzięki czemu od

kwietnia stężenie LKT uległo obniżeniu w kolejnych miesiącach badań. Wzrost stężenia LKT w biogazowni w Świetlinie nie wpłynął na obniżenie wartości pH, co Autor tłumaczy większą pojemnością buforową biomasy fermentującej w porównaniu do biogazowni w Giżynie. Autor sugeruje, że podobne zjawiska, w tym samym czasie, w dwóch oddalonych i niezależnych od siebie biogazowniach mogą świadczyć o możliwym wpływie pory roku na proces produkcji biogazu.

W rozdziale 5.3. Autor przedstawił wyniki efektywności sanizacji gnojowicy i biomasy wejściowej w biogazowniach, w których prowadził badania. W tabelach 12 i 13 Doktorant zamieścił wyniki dotyczące istotności różnic dla poszczególnych grup drobnoustrojów w gnojowicy, w biomacie wyjściowej oraz w pozostałościach po fermentacji metanowej. Średnie wartości zostały przedstawione w postaci logarytmu dziesiętnego z liczby oznaczonych bakterii. Autor pracy stwierdził, że liczebność wszystkich grup drobnoustrojów była istotnie niższa w biomacie przefermentowanej niż w biomacie wejściowej, zarówno w biogazowni zlokalizowanej przy fermie tuczu jak i przy fermie matczynej. W podrozdziałach 5.3.1. do 5.3.5. Doktorant przedstawił wyniki dotyczące stopnia redukcji poszczególnych grup bakterii w gnojowicy i biomacie wejściowej w poszczególnych miesiącach doświadczenia. Na rycinach od 14 do 23 Autor zaprezentował na osi Y logarytm dziesiętny wyliczony z liczby poszczególnych bakterii, natomiast nie zamieścił w pracy wyników liczby oznaczonych bakterii obliczonych ze wzoru, który znajduje się w rozdziale „Materiał i metody” na stronie 55. Sposób omówienia wyników redukcji bakterii przez Doktoranta jest bardzo ogólnikowy. Recenzent w celu sprawdzenia poprawności obliczeń redukcji poszczególnych bakterii musi dokonać przeliczenia wartości logarytmicznych na wartości liczbowe. Wyniki przedstawione na tych rycinach sugerowałabym również opisać biorąc pod uwagę eliminację poszczególnych bakterii wyrażoną w log jtk/ml. Taki sposób omówienia eliminacji drobnoustrojów jest bardzo często przedstawiany w publikacjach w renomowanych czasopismach. Niepokojące jest też to, że Autor pracy nie przywiązuje należytej uwagi na bardzo dużą liczbę bakterii, która nadal pozostaje w pozostałości pofermentacyjnej, zwłaszcza jeżeli chodzi o bakterie *Enterococcus* spp. oraz bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*. W kontekście tego proszę Doktoranta o wyjaśnienie czy poferment z tych biogazowni był wykorzystywany jako nawóz.

W podrozdziale 5.4. Autor porównał efektywność sanizacji gnojowicy świńskiej między biogazowniami w Świelinie i w Giżynie. Według Doktoranta wyższym stopniem redukcji oznaczonych grup bakterii charakteryzowała się biogazownia w Świelinie, w której jako substratu używano gnojowicy pochodzącej od tuczników oraz kiszonki z kukurydzy w porównaniu z biogazownią w Giżynie, w której jako substratu używano gnojowicy pochodzącej od loch oraz kiszonki kukurydzy z trawami. Podobnie jak w poprzednim rozdziale Autor omawiając uzyskane wyniki oparł się na wartościach średnich. Uważam, że takie przedstawienie wyników i ich omówienie nie w pełni odzwierciedla efektywność sanizacji gnojowicy świńskiej w procesie fermentacji metanowej w biogazowniach, w których prowadzono badania. W kolejnym rozdziale Autor opisał wydajność procesu produkcji biogazu w zależności od biogazowni i wykorzystywanych w nich substratów. Zarówno dobową wydajność produkcji biogazu, jak i dobowy uzysk biogazu były istotnie wyższe w biogazowni w Świelinie, w której wykorzystano jako substrat gnojowicę wytwarzaną przez tuczniaki oraz kiszonkę z kukurydzy. Dobowy uzysk metanu był również istotnie większy, lecz wydajność metanotwórcza substratów w obu biogazowniach była na podobnym poziomie. Uzyskane wyniki Autor omówił w oparciu o dobrze dobraną literaturę źródłową. W ostatnim podrozdziale Autor pracy opisał korelacje między wskaźnikami wydajności produkcji biogazu, cechami ilościowymi składu gnojowicy świńskiej oraz biomasy wejściowej, wskaźnikami wydajności

sanityzacji gnojowicy świńskiej oraz produkcji biogazu, parametrami fermentacji metanowej a redukcją oznaczonych bakterii. Jednym z najważniejszych parametrów procesu fermentacji metanowej jest temperatura, która przyczynia się do eliminacji drobnoustrojów chorobotwórczych w biomase pofermentacyjnej. Przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej analizy nie potwierdziły istnienia takiego związku. Według Autora pracy w obu biogazowniach temperatura była bardzo stabilna w trakcie całego procesu fermentacji metanowej, na co wskazują wyniki odchylenia standardowego. Statystycznie istotną, dodatnią korelację na poziomie umiarkowanym Doktorant stwierdził między temperaturą procesu a wydajnością produkcji biogazu oraz dobowym uzyskiem biogazu. Wartość pH procesu w obu biogazowniach znajdowała się blisko optymalnej wartości dla konsorcjum metanotwórczego, co oznacza zachowaną równowagę buforową między zawartością lotnych kwasów tłuszczowych oraz zawartością azotu amonowego. Ponadto Autor wykazał dodatnią korelację między stężeniem LKT a wydajnością produkcji biogazu oraz dobowym uzyskiem biogazu. Lotne kwasy tłuszczowe są bezpośrednim źródłem węgla dla mikroorganizmów odpowiedzialnych za proces wytwarzania metanu, a więc im wyższa ich zawartość w biomase, tym bardziej wydajna produkcja biogazu, o ile stężenie LKT nie przekracza wartości granicznych, które wpływają na równowagę pH. Na końcu tego rozdziału Autor odnosi się do wyników związanych z hydraulicznym czasem retencji, który okazał się ujemnie skorelowany ze stopniem redukcji ogólnej liczby bakterii. Autor wyjaśnia, że zmiany HRT w trakcie prowadzonych badań związane były przede wszystkim z destabilizacją procesu i działaniami korygującymi. Z tego najprawdopodobniej wynikała ujemna korelacja między HRT a wydajnością produkcji biogazu oraz dobowym uzyskiem biogazu, a także wysoka korelacja ujemna z dobowym uzyskiem metanu.

W rozdziale 6 „Podsumowanie i wnioski” Autor dokonał krótkiego podsumowania uzyskanych przez siebie wyników badań. W końcowej części tego rozdziału Doktorant sformułował 2 wnioski. Moim zadaniem wymagają one pewnego przereklamowania i nawiązania do postawionego celu zasadniczego pracy i 6 celów szczegółowych.

W opracowaniu rozprawy doktorskiej Autor wykorzystał 163 pozycje piśmiennictwa. Z przedstawionego wykazu piśmiennictwa wynika, że publikacje najnowsze (wydane po 2010 roku) stanowią 39% (63 pozycje) całości literatury, co w mojej opinii jest zadawalającym wskaźnikiem. Autor cytuje również pozycje opublikowane przed 2000 rokiem (29%), niektóre z publikacji lub monografii Autor mógłby zamienić na nowsze publikacje związane z opisywanym obszarem badań. Doktorant pominął w piśmiennictwie zamieszczenia dyrektyw i rozporządzeń PE i RE oraz ustawy o nawozach i nawożeniu. Pozycja 96 w treści pracy podano rok 2013 w piśmiennictwie 2011. Nie znalazłam w maszynopisie dysertacji cytowania pozycji 98, 124, 134 i 135. Pod względem merytorycznym literatura dobrana jest prawidłowo i odzwierciedla stan wiedzy w zakresie tematyki dysertacji.

Uwagi o charakterze redakcyjnym, interpunkcyjnym, literowym zaznaczyłam w skanie maszynopisu. Ze względu na brak znaczenia dla merytorycznej wartości pracy nie znalazły się one w prezentowanej recenzji.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Rozprawę doktorską pana mgr inż. Michała Grudzińskiego pt: „Efektywność sanizacji gnojowicy świńskiej i produkcji biogazu w zależności od rodzaju wykorzystywanych substratów w biogazowniach rolniczych” oceniam pozytywnie. Stanowi ona oryginalne

opracowanie naukowe, wzbogaca wiedzę na temat produkcji biogazu w zależności od zastosowanych substratów w procesie fermentacji metanowej w skali technologicznej. Zamieszczone w treści uwagi nie umniejszają wartości pracy, ale stanowią element dyskusji w ramach podjętej tematyki badawczej.

Reasumując stwierdzam, że oceniana praca Pana mgr inż. Michała Grudzińskiego odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim określonym w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz.U. z 2017 r. poz. 1789). W związku z powyższym przedkładam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Michała Grudzińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie zootechnika.

Katarzyna Budkowska

UCHWAŁA NR 33
Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 15 marca 2021 r.

w sprawie nadania mgr. inż. Michałowi Grudzińskiemu
stopnia doktora

Na podstawie art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z art. 14 ust. 2 pkt 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.) uchwala się, co następuje:

§ 1.

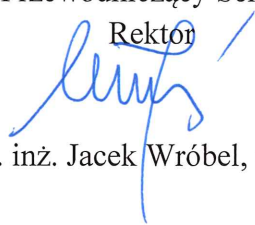
Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nadaje mgr. inż. Michałowi Grudzińskiemu stopień doktora w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie zootechnika i rybactwo.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor


dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT