

Recenzja

pracy doktorskiej pt. „Ocena potencjału traw uprawowych i roślinności łąkowej jako substratów do produkcji biogazu” wykonanej przez mgr inż. Aleksandrę Weronikę Król w Zakładzie Fizycznych Właściwości Materiałów Roślinnych Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie pod kierunkiem prof. dr hab. Jerzego Tysa.

Uwagi wstępne

Pani mgr inż. Aleksandra Weronika Król podjęła w swojej pracy istotny i aktualny problem. Dyskusja jaka toczy się w mediach na temat energetyki alternatywnej często odzwierciedla jedynie emocje, tabloidalne uproszczenia i/lub kalkulacje polityczne. Niestety bardzo rzadko opiera się o fakty i rzetelne informacje pochodzące z badań naukowych. W tej sytuacji podjęcie przez doktorantkę badań, których wyniki mogą posłużyć jako jedna z danych wejściowych m.in. do planowania usytuowania nowo budowanych biogazowni lub do oceny opłacalności biznesplanu są ważne i bardzo potrzebne.

Widoczne jest zafascynowanie Doktorantki tematyką, którą się zajmuje. Czytając rozprawę, a szczególnie przegląd literatury, można dojść do przekonania, że jest zwolenniczką pozyskiwania energii z biogazowni i widzi w tym jeden ze sposobów rozwiązania problemów energetyki. Fakt, że, mgr. inż. Aleksandra Weronika Król wierzy w to co robi, należy ocenić bardzo pozytywnie. Wykazała się przy tym dobrą znajomością aktualnie obowiązujących – zarówno polskich jak i europejskich – aktów prawnych oraz wiedzą na temat strategii regionalnej województwa lubelskiego. Osobiście podzielam Jej poglądy, że potrzebne są różnorodne badania nad alternatywnymi źródłami energii, w tym związanymi z rozproszoną produkcją biogazu. Ciekawi mnie przy tym stosunek Doktorantki do zagadnienia celowej uprawy roślin energetycznych do produkcji biogazu w kontekście zmniejszenia przez to arealu, który mógłby być wykorzystany na produkcję roślin wykorzystanych na cele żywnościowe.

Struktura rozprawy i omówienie poszczególnych rozdziałów

Praca posiada typową dla tego typu opracowań strukturę, a proporcja objętości poszczególnych rozdziałów jest prawidłowa. Całość została podzielona na 9 rozdziałów. Wyniki przedstawiono w 15 tabelach oraz na 51 rysunkach (numer 50 na ostatnim rysunku podany jest pomyłkowo ponieważ w pracy są dwa rysunki o numerze 7).

Rozdział pierwszy *Wstęp* (2 strony) zawiera zwięzłe wprowadzenie do zagadnień energetyki opartej o wykorzystanie biomasy, ze szczególnym uwzględnieniem surowców roślinnych, które mogą być wykorzystywane do tego celu.

Rozdział drugi *Przegląd literatury* (20 stron) omawia zagadnienia związane z odnawialnymi źródłami energii (OZE), biogazem i biogazowniami rolniczymi, fermentacją metanową, roślinami energetycznymi oraz roślinnością łąkową. Dokonany przegląd literatury pozwolił Doktorantce na bardzo dobrze opisanie kontekstu Jej badań, w tym m.in. dotychczasowy stan wiedzy nad

wykorzystaniem biomasy z traw do wytwarzania biogazu, jak i potencjał produkcji traw, ze szczególnym uwzględnieniem uwarunkowań występujących w Polsce. Wykazała przy tym istotne luki, które po części chciała wypełnić swoimi badaniami.

Przegląd literatury ze swej natury odnosi się do informacji opublikowanych już wcześniej, nie jest zatem niczym nagannym szerokie wykorzystywanie cytowań w tym fragmencie pracy, wręcz przeciwnie – należy przedstawić tu dotychczasowy stan wiedzy. Doktorantka wykazała się umiejętnością wyszukiwania i selekcjonowania takich informacji.

Jednocześnie dużym mankamentem omawianego rozdziału jest fakt, że część wykorzystywanych w tekście zdań zapożyczone zostało z różnych stron internetowych, a Doktorantka modyfikowała je nieznacznie – bez podawania źródła. Przykładami mogą być:

- Zdanie „*Nagromadzenie kwasu mlekowego hamuje rozwój innych bakterii i grzybów wywołujących rozpad białka lub produkujących niepożądane substancje*” (str. 10) jest przerobionym zdaniem zamieszczonym na stronie Kujawsko Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego <http://www.kpodr.pl/index.php/galeria-2013/231-zakiszanie-zielonek>
- Zdanie „*Miskant cukrowy w naturalnych warunkach porasta łąki, polany leśne i zarośla na wschód od jeziora Bajkał, głównie w dorzeczu Amuru oraz między Sachalinem a Półwyspem Koreańskim*” (str. 31) jest zapożyczone ze strony Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (PIB) http://www.ihar.edu.pl/trawy_energetyczne.php
- Tabela 1 (podająca skład biogazu) jest zaczerpnięta ze strony [agroenergetyka.pl](http://agroenergetyka.pl/?a=article&iid=7) <http://agroenergetyka.pl/?a=article&iid=7>,
- duża część informacji zawartych w Tabeli 2 pochodzi z tabeli 2-1 broszury „*Biogaz Produkcja Wykorzystanie*” opracowanej przez Institut für Energetik und Umwelt gGmbH opublikowanej na stronie http://www.ieo.pl/dokumenty/obszary_badan/Biogaz%20-%20Produkcja%20Wykorzystanie.pdf

Ponieważ są to pojedyncze zdania zamieszczone przez Doktorantkę w przeglądzie literatury (a więc nie w części poświęconej wynikom pracy Doktorantki) zawierające powszechnie znane informacje, trudno uznać je za plagiat. Tym niemniej gorąco zachęcam Doktorantkę, aby na dalszych etapach kariery unikała tego typu niejednoznaczności.

Rozdział trzeci *Cel i zakres pracy* (1 strona) zawiera informację o zasadniczym celu pracy, którym było „*określenie potencjału energetycznego traw wieloletnich z rodzaju *Miscanthus* i wybranych zbiorowisk roślinności łąkowej regionu kanału Wieprz-Krzna do produkcji biogazu*”. Ponadto Doktorantka wskazała tu 7 problemów badawczych (które stanowiły w istocie plan pracy) oraz przedstawiła 3 tezy (według mnie raczej hipotezy) rozprawy. Rozdział ten jest napisany zwięźle i komunikatywnie. Jasno precyzuje zamierzenia Doktorantki oraz pokazuje, że potrafi Ona odpowiednio rozplanować swoją aktywność na drodze do realizacji celu.

Rozdział czwarty *Materiały i metody* (20 stron) zawiera opis materiału badawczego, który stanowiła biomasa z roślin energetycznych (3 gatunki miskantów) oraz biomasa łąkowa pozyskana z terenów ekstensywnie użytkowanych w rejonie kanału Wieprz-Krzna. Doktorantka poddała badaniom zarówno świeżą biomasę jak i kiszonki wyprodukowane w oparciu tę biomasę.

W **podrozdziale 4.1** zawarto min. opis miskantów i ich wykorzystanie na cele energetyczne, a także opisy roślinności łąkowej. Informacje te nie odnoszą się do opisu stanowisk, ale mają charakter wiedzy ogólnej. Dlatego też uważam, że lepsze byłoby umieszczenie ich w przeglądzie literatury. Pozwoliłoby to uzyskać lepszą przejrzystość tekstu i łatwiejsze dotarcie do konkretnych informacji o materiale użytym w dalszej części pracy.

Pewną niekonsekwencją jest podanie przez Autorkę współrzędnych geograficznych lokalizujących jedynie kwaterę łąkową, która i tak jest precyzyjnie określona przez przynależność do Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Sosnowicy, przy jednoczesnym braku umieszczenia współrzędnych

dla kompleksu łąkowo-pastwiskowego „zlokalizowanego pomiędzy dwiema granicami wodnymi: kanałem Wieprz-Krzna, a rzeką Piwonią”. Tak ogólne określenie lokalizacji nie daje jednoznacznej informacji o miejscu pozyskania próbek.

Podrozdział 4.2 napisany w sposób komunikatywny pozwala na zrozumienie jak postępowano z badanym materiałem oraz jakie metody analityczne zastosowano.

Jedynie dwie niejasności jakie według mnie warto byłoby wyjaśnić to:

- pierwsze zadanie podrozdziału 4.2.5 (str. 46) zawiera informację, że etap prób fermentacji metanowej prowadzony był przez 16 miesięcy. Następnie pojawiają się informacje, że „fermentację prowadzono przez okres 55 dni w trzech powtórzeniach dla każdego substratu” wykorzystując do tego 3 bioreaktory. Przeliczenie czasu potrzebnego na fermentację 12 gatunków (wskazanych poniżej w opisie), przyjmując że pomiędzy kolejnymi fermentacjami nie ma przerw, daje ok. 22 miesiące ciągłego eksperymentu. Celem powyższego pytania nie jest wskazanie ewentualnej pomyłki, a chęć upewnienia się, czy proces fermentacji prowadzony był rzeczywiście przez 55 dni dla każdego wariantu;
- niejasne jest dla mnie, jakie było kryterium podejmowania decyzji w odniesieniu do informacji (str. 47): „proporcje mieszaniny fermentacyjnej przygotowywano indywidualnie dla każdej z kiszonek”, szczególnie w kontekście informacji zawartej na tej samej stronie, że przyjęto stały (1:1) stosunek substratu do inokulanta.

Rozdział piąty Wyniki badań (51 stron) ze względu na dużą ilość informacji w nim zawartych, warto omówić zgodnie z przyjętym przed Doktorantką podziałem na poszczególne podrozdziały. I tak **podrozdział 5.1** dotyczy wyników oceny geobotanicznej. Szczegółowo opisuje w nim zidentyfikowane zbiorowiska, podając przy tym zarówno stopień pokrycia, jak i udział poszczególnych gatunków. Opisy poparte są danymi z tabel (5 i 7). Informacje podane są w sposób jasny i czytelny.

Podrozdział 5.2 zawiera informacje o plonach zielonek oraz o zawartości suchej masy we wszystkich dziewięciu badanych zbiorowiskach. Doktorantka omawia uzyskane przez siebie wyniki w kontekście danych przedstawionych w literaturze. Jednocześnie odnosi uzyskane plonowanie do udziału poszczególnych gatunków w zbiorowiskach łąkowych. Takie podejście pozwala na wyjaśnienie jednej z przyczyn różnych poziomów plonowania.

Podrozdział 5.3 opisuje ocenę organoleptyczną kiszonek. Uzupełnieniem tego opisu jest tabela 9 znajdująca się w rozdziale 9 „Dokumentacja”. Z przedstawionych informacji wynika, że wszystkie kiszonki (poza kiszoną pozyskaną z łąki mózgowo-wyczyńcowej II Pokos – tu Doktorantka przyznała ocenę zadowalającą) uzyskały co najmniej ocenę dobrą.

Ponieważ Doktorantka słusznie zauważa, że „ocena organoleptyczna ... jest ... obciążona błędami natury subiektywnej” w obszernym **Podrozdziale 5.4** zamieszcza dane i opis z analiz chemicznych i fizykochemicznych kiszonek. Kiszonki są tu ocenione na podstawie odczynu oraz zawartości: kwasów mlekowego, masłowego i octowego, lotnych kwasów tłuszczowych, suchej masy, suchej masy organicznej, białka ogólnego, włókna surowego, tłuszczu surowego, cukrów prostych, popiołu surowego, makroelementów (C, N, P, K, Na, Mg, S), mikroelementów i metali ciężkich (Fe, Mn, Zn, Al, Cd, Cr, Cu) a także stabilności tlenowej.

O ile poprzednie podrozdziały zawierały precyzyjne i jasne opisy, to w przypadku Podrozdziału 5.4 znajduję pewne informacje, których nie rozumiem i prosiłbym o wyjaśnienie:

- Na stronie 64 doktorantka zamieściła następujący fragment tekstu: „Jedynie kiszonki z łąki mózgowo-wyczyńcowej w obu pokosach miały wartości pH na poziomie 4,7 i otrzymały ocenę bardzo dobrą wg. skali Fliega-Zimmera (tab. 11). Kiszonka z miskanta cukrowego i miskanta

chińskiego, a także kiszonka z łąki pobagiennej otrzymała ocenę dobrą. Cztery spośród badanych kiszzonek otrzymały ocenę zadowalającą ...". W tabeli 11 nie znalazłem informacji o ocenach przyznanych poszczególnym kiszzonkom (tabela ta przedstawia raczej kryteria oceny jakości kiszzonki wg. skali Fliega-Zimmera). Natomiast w tabeli 10 (poprzednia strona) zamieszczona jest ocena według przywołanej powyżej skali Fliega-Zimmera i wszystkie kiszzonki (poza tą z łąki śmiałkowej) uzyskały ocenę bardzo dobrą.

- Opisując parametry charakteryzujące kiszonkę Doktorantka odwołuje się do parametru, który określa jako *sucha masa organiczna*. Definiuje go jako „procentową ilość substancji organicznej w suchej masie” (str. 66). Na tej samej stronie można przeczytać „najniższą zawartość suchej masy organicznej w badanych kiszzonkach odnotowano dla kiszzonki z trzciny 90,25% (243,10 g·kg⁻¹ s.m.)”. Jeśli 243,1 g to otrzymana ilość substancji organicznej i jest ona odniesiona do 1 kg suchej masy to skąd wartość 90,25%? A jeśli, inaczej odczytując sens powyższej wypowiedzi, podzielimy wartość 243,1 przez 339,20 (obie wartości z tabeli 12) to także nie otrzymamy przywołanych 90,24%.
- Opisując parametry charakteryzujące kiszonkę Doktorantka zamieściła następujący tekst (str. 65):
„Według podstawowej analizy pasz w skład substancji organicznej wchodzi cztery frakcje: białko ogólne (BO), tłuszcz surowy (TS), włókno surowe (WS) i związki bezazotowe wyciągowe (BNW). Ilość biogazu i biometanu uzyskiwanego z włókna surowego i związków bezazotowych wyciągowych jest zbliżona, dlatego obie frakcje łączy się w jedną grupę, którą określa jako „węglowodany razem” (WR) lub cukry ogółem. Substancję organiczną zawartą w substratach do produkcji biogazu, określa terminem „sucha masa organiczna” (SSO), która jest sumą: $SSO = BO + TS + WR$ ”.

W tym kontekście mam kłopot z interpretacją danych z tabel 12 i 13. Np. w tabeli 13 dla Miskanta Olbrzymiego podano wartości białka całkowitego (rozumiem, że jest to przywołane powyżej *białko ogólne* - BO), tłuszczu surowego, włókna surowego oraz cukrów (rozumiem, że jest to przywołany powyżej parametr *cukry ogółem*). Jeśli tak, to dlaczego *cukry ogółem*, które mają być sumą dwóch czynników (*włókna surowego* i *związków bezazotowych wyciągowych*) są zdecydowanie mniejsze od jednego z czynników (drugi czynnik w ogóle nie jest podany)? I dlaczego suma *białka całkowitego*, *tłuszczu surowego* oraz *cukrów* nie jest równa *suchej masie organicznej* (tab. 12 na poprzedniej stronie)?

Jeśli natomiast *cukry* w tabeli 13 nie odnoszą się do *cukrów ogółem* tylko do *cukrów prostych*, jak sugeruje tekst na stronie 68, to dlaczego suma wszystkich czterech czynników z tabeli 13 jest zdecydowanie większa niż wartości *suchej masy organicznej* podanej w tabeli 12?

Podrozdział 5.5 dotyczy wyników otrzymanych podczas procesu fermentacji metanowej. Chcąc ułatwić czytelnikowi interpretację uzyskanych wyników Doktorantka przedstawiła je w następującej kolejności: dobowe zmiany uzysku biogazu, dobowe zmiany uzysku metanu, zawartość metanu w biogazie, przyrosty ilości biogazu oraz przyrosty ilości metanu.

Dobrym zabiegiem technicznym, pozwalającym na łatwiejsze zrozumienie prezentowanych wyników było zestawienie na jednym wykresie dobowych zmian uzysku biogazu dla wszystkich miskantów, a następnie dla każdego miskanta oddzielnie – ale tu z odchyleniami standardowymi. Naniesienie na jeden wykres kilku przebiegów z odchyleniami znacznie pogorszyłoby czytelność rysunku. Podobny zabieg został wykonany dla kolejnych wyników.

Trochę szkoda, że tak obszerny podrozdział zawiera prawie jedynie opisy zamieszczonych tabel i wykresów. Brakuje mi szerszej analizy przyczyn zróżnicowanego przebiegu zjawiska fermentacji dla badanych biomas - np. co było przyczyną, że dla dwóch kiszzonek (z manny wodnej – rysunki 14 i 30 oraz z pierwszego pokosu łąki mozgowo-wyczyńcowej – rysunki 22 i 38), przy stosunkowo wysokiej produkcji biogazu, wydajność produkcji metanu w pierwszych kilku dobach jest wyraźnie mniejsza niż w pozostałych przypadkach? Pewne elementy takiej dyskusji zamieszczone są na samym końcu

podrozdziału 5.5.4 i dotyczą jedynie niestabilności procesu produkcji biogazu dla kiszonki z mozgi trzcinowej. Może warto by było uogólnić taką dyskusję i spróbować odpowiedzieć m.in. na pytanie: czy takie same przyczyny powodowały, że dobowe zmiany uzysku metanu dla kiszonki z łąki pokrzywowo-mozgowej (Rys. 36) wykazują cztery znaczne maksima (w 3, 7-10, 28 i 37 dobie) oraz znaczne spadki pomiędzy tymi maksimami (w 24 dobie prawie zerowy uzysk metanu)?

Rozdziału szósty Podsumowanie (4 strony) jest moim odczuciu raczej dyskusją wyników Doktorantki z wynikami przedstawionymi w literaturze. Słusznie zostały tu dobrane te pozycje literatury, które odnoszą się m.in. do tych samych (lub podobnych) roślin i zbiorowisk, ale Doktorantka ma świadomość, że uzyskane przez nią wyniki są w dużej mierze pochodną m.in. warunków siedliskowych, a te są charakterystyczne dla miejsca skąd pochodzi biomasa. W powyższym widzę istotne uzasadnienie celowości badań podjętych w niniejszej pracy. W rejonie kanału Wieprz-Krzna występuje wiele zbiorowisk łąkowych. Ocena przydatności pozyskanej z nich biomasy na cele energetyczne jest istotna i w mojej ocenie, badania podjęte przez Doktorantkę po prostu należało przeprowadzić.

Rozdział 7 Wnioski (2 strony) zawiera 10 wniosków, które w swojej istocie są po części podsumowaniem pracy. Ponieważ rozdział ten może służyć również za streszczenie wyników pracy, proponuję, aby przygotowując pracę do druku, gdy podawane są sumaryczne ilości otrzymanego biogazu lub średnie zawartości metanu w biogazie, zaznaczyć, że okres prowadzenia biofermentacji wynosił 55 dni. Potrzeba podania tej informacji wynika z faktu, że większość biogazowni realizuje proces w krótszym czasie, przez co średnie uzyski biogazu i metanu mogą być inne.

Przedstawione wnioski trafnie odpowiadają na cel pracy i są dobrze powiązane z tytułem rozprawy. Jedyne co chciałbym tu zasugerować, a co według mnie jest istotne w aspekcie przygotowania publikacji, to odniesienie się nie tylko do celów pracy, ale i postawionych też rozprawy. Dzięki temu możliwe będzie uogólnienie wniosków i przedstawienie własnych opinii i rekomendacji.

Rozdział 8 Literatura (33 strony) zawiera 339 pozycji z czego 174 to artykuły polskojęzyczne a 165 obcojęzyczne, głównie angielskie. Stosunkowo duży udział publikacji polskojęzycznych spowodowany jest dwoma czynnikami:

- i) znaczna liczba artykułów dotyczy charakterystyki regionu i zbiorowisk łąkowych występujących w tym obszarze,
- ii) Doktorantka przywołuje akty prawne (w tym Unijne), które wydawane są w języku ojczystym.

Uwzględniając te uwarunkowania, przegląd literatury należy uznać za kompletny. Nie mam również zastrzeżeń w zakresie aktualności stanu wiedzy opisanej cytowanymi publikacjami – 276 pozycji publikowane było od 2000 roku, a ok. 25% całości pochodzi z ostatnich pięciu lat.

Rozdział 9 Dokumentacja (49 nienumerowanych stron) zawiera tabele (od 9-tej do 15-tej) oraz rysunki (od 7-ego, powinno być 8-ego ponieważ rysunek 7 przedstawiony jest na str. 70, do 50-tego).

Podsumowanie

Praca napisana jest zrozumiałym językiem. Drobne pomyłki stylistyczne i nieścisłości nie psują tego efektu. Problemem jest jednak pewien chaos i brak konsekwencji w zachowaniu spójnej struktury. Najbardziej (choć nie tylko) widać to w tym, że część rysunków i tabel umieszczona jest w tekście poszczególnych rozdziałów merytorycznych, a część w osobnym rozdziale *Dokumentacja*. Chciałbym też zwrócić uwagę na używanie przez Doktorantkę neologizmów, np.

biogazodochodowość (str. 9) lub *łądowacenie* (str. 35) – Doktorantka ma na myśli osuszanie zbiorników wodnych i powstawanie łądu. Szata graficzna i estetyka nie budzą zastrzeżeń.

Podsumowując, przedstawiona do recenzji praca stanowi nowatorskie opracowanie dotyczące możliwości wykorzystania biomasy rejonu kanału Wieprz-Krzna oraz wybranych roślin uprawnych do produkcji biogazu. Zawarte powyżej uwagi, mające w większości przypadków charakter dyskusyjny, nie obniżają wartości rozprawy.

Doktorantka wykazała się dużą wiedzą teoretyczną i praktyczną. Realizacja pracy wymagała od niej umiejętności prowadzenia badań botanicznych, znajomości procesów kisenia i biofermentacji oraz zgodnego z regułami metodologii opracowywania wyników.

Gorąco zachęcam do opublikowania uzyskanych wyników (uzupełnionych o analizy, o których wspomniałem omawiając podrozdział 5.5) w jakimś dobrym czasopiśmie branżowym. Biorąc pod uwagę utylitarny charakter rozprawy jestem pewien, że zaprezentowane dane te będą intensywnie wykorzystywane nie tylko przez naukowców zajmujących się tematyką produkcji biogazu. Praca stanowi istotne kompendium wiedzy dla osób opracowujących biznesplany dla nowych biogazowni oraz dla technologów z biogazowni już istniejących. Jest to szczególnie istotne w czasie gdy na terenie województwa lubelskiego planowane są nowe inwestycje związane z budową biogazowni, a wyniki tego doktoratu mogą być wykorzystywane w sposób bezpośredni.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedłożona do recenzji praca pt. „Ocena potencjału traw uprawowych i roślinności łąkowej jako substratów do produkcji biogazu” autorstwa mgr inż. Aleksandry Weroniki Król, zrealizowana pod kierunkiem prof. dr hab. Jerzego Tysa, spełnia wymagania dla prac doktorskich wynikające z ustawy o tytułach i stopniach naukowych (Dz.U. 2003, Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. Andrzej Bieganiowski, prof. nadzw. IA PAN