

Poznań, dn. 26.11.2018 r.

Dr hab. inż. Jacek Dach, prof. nadzw.
Instytut Inżynierii Biosystemów
Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Wawrzyniak

**pt. „Systemy środowiskowej oceny technologii rolniczych i dobór działań
wspierających ich rozwój”, wykonanej w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym
w Falentach, Oddział w Poznaniu**

nad którą opiekę naukową sprawował

promotor: dr hab. inż. Piotr Pasyniuk, prof. ITP

oraz promotor pomocniczy: dr inż. Aleksander Muzalewski

OCENA FORMALNA PRACY

Recenzję rozprawy doktorskiej wykonałem na zlecenie Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego, Pana prof. dra hab. inż. Wiesława Dembka, zgodnie z uchwałą Rady Instytutu nr 787/2018 o wyznaczeniu mnie na recenzenta.

Promotorem pracy jest dr hab. inż. Piotr Pasyniuk, prof. ITP, a rolę promotora pomocniczego pełni dr inż. Aleksander Muzalewski.

Rozprawa liczy łącznie 153 strony, w tym zawiera 39 rysunków i 28 tabel oraz 11 stron aneksu zawierających trzy załączniki: Wykaz zagadnień do wywiadów grupowych, Zestawienie odpowiedzi do wywiadów pogłębionych oraz Wzór kwestionariusza ankietowego dla MŚP.

Praca zawiera łącznie 89 pozycji literaturowych, wśród których dominujące są pozycje polskojęzyczne. W skład bibliografii poza typowymi pozycjami naukowymi Doktorantka włączyła liczne akty prawne polsko i angielskojęzyczne. Przewaga pozycji polskojęzycznych w cytowaniach jest zrozumiała z uwagi na podjęcie przez Doktorantkę tematu ściśle związanego z polską gospodarką. Niemniej, brakuje mi nieco odniesień do podobnych sytuacji w innych krajach, uzupełnienie cytowań literaturą angielskojęzyczną będzie

niezbędne zwłaszcza przy przygotowaniu materiału z dysertacji doktorskiej do przyszłych publikacji w czasopismach z listy A MNiSW.

Oceniana przeze mnie dysertacja posiada generalnie strukturę odpowiednią dla prac naukowych. Za niewłaściwe jednak uważam multiplikowanie liczby rozdziałów, których w pracy jest aż 14, przy czym dodatkowo pierwszy (aczkolwiek nienumerowany) rozdział Wstęp powinien wg mnie rozpoczynać numerację. Brakuje mi ogólnego rozdziału zatytułowanego np. analiza zagadnienia w świetle literatury, w ramach którego powinny znaleźć się rozdziały od 1 do 5, de facto stanowiące właśnie opis podejmowanej problematyki. Podobną uwagę można odnieść do części wynikowej dysertacji, którą Autorka rozbiła na 5 rozdziałów (od 9. do 13.). Takie rozdrobnienie rozdziałów nie jest błędem, jednak w mojej opinii mniejsza liczba rozdziałów podnosiłaby przejrzystość pracy. Rozdziały zawierające wyniki badań i analiz mają łącznie 57 stron i stanowią największy objętościowo dział dysertacji, co uważam za właściwe. Za duży plus uważam też zamieszczenie przez Doktorantkę na początku pracy wykazu skrótów i oznaczeń oraz słownika pojęć – co ułatwia lekturę osobom spoza branży rolniczo-środowiskowej.

W swojej pracy pani mgr inż. Agnieszka Wawrzyniak podejmuje problematykę odpowiedzi współczesnego rolnictwa na wzrost zapotrzebowania na energię przy zachowaniu norm ochrony środowiska, co realizowane może być dzięki wdrożeniu innowacyjnych technik i technologii przetwarzania biomasy. Przeprowadza ocenę wdrażania wybranych, innowacyjnych rozwiązań za pomocą zaawansowanych, bardzo wiarygodnych i wieloaspektowych narzędzi jakim są program weryfikacji technologii środowiskowych EU ETV i LCA (Life Cycle Assessment) czyli analiza cyklu życia. Efektem realizacji badań jest też stworzenie przez Doktorantkę autorskiej metody oceny oddziaływania środowiskowego technologii biomasowych oraz jej zastosowanie w praktyce, co uważam za bardzo cenny atut pracy i największe osiągnięcie Autorki.

Tematykę podjętą w pracy uważam za bardzo ważną dla rozwoju energetyki odnawialnej w kraju, ale i na świecie. Nie należy zapominać bowiem, że biomasa – jako źródło odnawialne - była, jest i będzie jednym z najważniejszych nośników energetycznych w wielu krajach świata. W Polsce wykorzystanie energetyczne biomasy okryło się złą sławą na początku obecnej dekady za sprawą tzw. współspalania. W wyniku bowiem wysokich cen zielonych certyfikatów (dochodzących do 290 zł/MWh energii elektrycznej) opłacalne stało

się ściąganie różnego rodzaju biomasy praktycznie z całego świata (wliczając w to tak egzotyczne kraje jak Malezja czy Indonezja), po czym jej spalanie wraz z węglem w wyeksploatowanych blokach energetycznych. Nie miało to żadnego sensu ekologicznego, jednak było opłacalne z uwagi na wysoką cenę zielonych certyfikatów, będących głównym rodzajem wsparcia dla sektora energetyki odnawialnej. W efekcie, w wyniku szalonego importu (wartość importowanej biomasy za sam tylko rok 2012 przekroczyła miliard złotych) i niekontrolowanego wzrostu współspalania, została wygenerowana ogromna ilość zielonych certyfikatów, co doprowadziło do załamania ich rynku i spadku ich ceny z 286 zł w kwietniu 2012 do poniżej 100 zł w styczniu 2013, a dalej do nawet poniżej 35 zł w czerwcu 2016. Spadek cen zielonych certyfikatów spowodował załamanie się całego rynku OZE w 2013 roku (także niemającego nic wspólnego z biomasą sektora wiatrowego czy fotowoltaicznego) i ciągnący się do dzisiaj kilkuletni zastój inwestycyjny, a w konsekwencji tego załamania Polska najprawdopodobniej nie osiągnie zakładanych na 2020 rok celów OZE i będzie musiała płacić dotkliwe kary.

W tym kontekście uwidacznia się znaczenie problematyki podjętej w pracy w kontekście racjonalnego rozwoju sektora biomasowego, biorąc pod uwagę kompleksową ocenę czynników występujących przy produkcji biopaliw jak energochłonność i generowane emisje dla poszczególnych technologii. Ważnym aspektem jest też poruszony przez Doktorantkę dobór działań wspierających rozwój technologii biomasowych. Stąd w mojej ocenie uważam tematykę pracy za bardzo aktualną i mającą duże perspektywy zastosowania w praktyce.

SZCZEGÓŁOWA OCENA PRACY

Tytuł dysertacji jest właściwy i odpowiada jej zawartości.

We Wstępie Autorka porusza problem zanieczyszczeń środowiska związany ze wzrostem gospodarczym i wynikającym z tego zwiększonym zapotrzebowaniem na energię. Wskazuje, że odpowiedzią na ten wzrost może być rolnictwo zrównoważone i szerokie wykorzystanie produkowanej w jego ramach biomasy ubocznej z przeznaczeniem na cele energetyczne. Autorka krótko wyjaśnia genezę pracy jako próbę oceny na środowisko rozwiązań energetycznych z tym związanych.

Rozdział 1. **Geneza i uzasadnienie podjęcia tematu** zawiera skrócony opis rozwoju rolnictwa zrównoważonego i konieczności zmniejszenia zarówno energochłonności jak i emisji powstających w rolnictwie, a wpływających negatywnie na środowisko. Doktorantka zauważa też, że istniejące ramy weryfikacji środowiskowej technologii biomasowych (również w ramach unijnej procedury ETV) nie zawsze uwzględniają wpływ wyprodukowania maszyn czy linii technologicznych na środowisko naturalne i sugeruje konieczność wypracowania prostszych narzędzi do bardziej kompleksowej i wiarygodnej oceny aspektów technologicznych dla technologii biomasowych, zawierających zwłaszcza ilościowe wyrażenie efektywności środowiskowej.

Kolejne rozdziały aż do 5. włącznie (**Gospodarka o obiegu zamkniętym, Wykorzystanie produktów ubocznych z produkcji rolniczej na cele energetyczne, Systemy środowiskowe Unii Europejskiej jako narzędzia do oceny emisji i produkcji nośników energii w rolnictwie** oraz **Podsumowanie analizy stanu wiedzy**) powinny wraz z rozdziałem 1. wchodzić w skład jednego głównego rozdziału Analiza stanu wiedzy – który to termin zresztą Doktorantka sama używa w tytule rozdziału 5. Rozdziały te zawierają bogaty opis stanu wiedzy w zakresie różnych technik przetwarzania biomasy oraz narzędzi do oceny środowiskowego wpływu tych technik.

Przeglądając te rozdziały nasunęło mi się jednak nieco wątpliwości związanych z podawanymi przez Autorkę danymi: na stronie 21. cytując Kachel-Jakubowską [2011] podaje ona, że „słoma, makuchy [...] są porównywalne parametrami do paliw kopalnych”. *Wg mnie różnica jest drastyczna, zwłaszcza w przypadku porównania do ropy naftowej i gazu ziemnego – proszę więc Doktorantkę o komentarz w tej sprawie podczas publicznej obrony pracy.* Na stronie 20. Doktorantka przytacza ponadto (za Malinowską [2014] informację, iż „wartość opałowa biomasy roślin jest uzależniona ściśle od ich wilgotności”. *Czy tylko? Przecież generalnie biomasa stosowana jako biopaliwo jest wysuszona, skąd więc np. różnice w wartości opałowej, które Autorka podaje w tabeli 3.1. na tej samej stronie? Proszę więc o odpowiedź jakie inne parametry wpływają na wartość energetyczną biomasy.*

W rozdziale 6. **Cel pracy** Doktorantka sformułowała zasadniczy cel pracy („określenie przydatności metod i narzędzi oceny wpływu wybranych technologii przetwarzania biomasy pochodzenia roślinnego na efekty środowiskowe”) oraz sformułowała 4 cele szczegółowe i cel użytkowy, określiła także zakres pracy. Zarówno w zakresie pracy, jak i w wielu innych miejscach dysertacji zaobserwowałem używanie w zasadzie wymiennie pojęć „techniki” i

„technologie”. Tymczasem nie są one tożsame. *Stąd proszę Doktorantkę o podanie precyzyjnych definicji, co rozumie Ona pod pojęciem „techniki przetwarzania biomasy” oraz „technologie przetwarzania biomasy”.*

W rozdziale 7. **Problem badawczy i przedmiot badań** bardzo szeroko (w postaci trzech pytań) sformułowany został problem naukowy, który - choć stanowi podstawowy wymóg przy realizacji prac doktorskich - jest często formułowany w postaci niejawnej, bądź nawet w ogóle pomijany. Rozdział 7.2. **Założenia badawcze** Doktorantka rozpoczyna zdaniem „W pracy zaplanowano określenie za pomocą mierzalnych parametrów określających oddziaływanie na środowisko” – *w tym zdaniu brakuje mi wyjaśnienia, co konkretnie chce się określić. Proszę o wyjaśnienie.* Ponadto stosowany w tym rozdziale skrót GHG to Greenhouse Gas, a nie Green Energy Gas.

W rozdziale 7.3. Doktorantka opisuje też metodykę badań analizowanych technologii BIOMASSER oraz BIOCOM System, która jest właściwa dla procesu weryfikacji ETV.

Rozdział 9. **Wyniki badań** zawiera rezultaty uzyskane z weryfikacji ETV, które zostały uzupełnione o dodatkowe parametry, wychodzące poza zakres wymagany Ogólnym Protokole Weryfikacji.

Z kolei rozdziale 10. **Badania nad obciążeniami środowiska** Doktorantka wykorzystuje dane z rozdziału 9. do przeprowadzenia analizy procesów wytwarzania brykietów oraz kompostowania odpadów z wykorzystaniem Ekobilansu Analizy Cyklu Życia LCA. Na rysunku 10.1 zawierającym elementy wejść i wyjść dla technologii Biomasser jednym z wyjść jest „Energia elektryczna, MW”. Jest to sprzeczność, bowiem albo jest to moc wyrażona w MW, lub (co bardziej prawdopodobne) powinna być tam jednostka energii czyli MWh (co sugerują też dane liczbowe z tabeli 10.1., gdzie podana jest zużywana energia w kWh na Mg przetwarzanej masy). Tę samą uwagę mam też dla schematu drugiej z analizowanych technologii odnośnie rysunku 10.2 i tabeli 10.5. W tej drugiej tabeli w danych wyjściowych parametr C/N powinien występować bez jednostki. W tabeli 10.1 błędnie podana jest także wydajność maszyny brykietującej (90 Mg/h), która nie zgadza się zresztą z podaną w tekście właściwą wartością 0,09 Mg/h. *Mam też do Autorski pytanie w zakresie obliczeń dla metody GHG technologii BIOCOM – czy najwyższa wartość uzyskana la kompostowania (5,923 kg CO₂eq) uwzględnia emisję dwutlenku węgla z kompostowanego materiału jako gazu cieplarnianego, czy też nie był on traktowany jako gaz cieplarniany z uwagi na fakt, że węgiel z rozkładu materii organicznej stanowi część cyklu obiegu węgla w*

przyrodzie i został wcześniej inkorporowany przez rośliny w procesie asymilacji CO₂ z powietrza?

W rozdziale 11 **Ewaluacja potencjału środowiskowego innowacyjnych technik przetwarzania biomasy** Doktorantka przedstawiła możliwości zastosowania autorskiego narzędzia (metody macierzy emisji) do wstępnej oceny oddziaływania środowiskowego technologii. Metoda ta, oparta o tabelaryczny algorytm, pozwala na wyznaczenie wielkości wskaźnika dla poszczególnych parametrów dzięki określeniu wartości referencyjnych (na podstawie dokumentów normatywnych i standardów), przez które następnie dzielone są wartości rzeczywiste uzyskiwane z badań danej technologii. W tej metodzie wartości wskaźnika powyżej 1 dla poszczególnego parametru mają z reguły charakter pozytywny bowiem technologia osiąga lepsze wartości niż referencyjne. Analiza tabeli macierzy (11.1) wykazuje, że technologia BIOMASTER w części parametrów osiąga znacznie lepsze wyniki od referencyjnych (zwłaszcza w zakresie ważnego współczynnika jakim jest trwałość brykietów), która wynosi 1,11 (w tabeli jest błędnie podana wartość 11,1, w tekście pracy poprawna). Nie udało mi się zweryfikować poprawności wyliczeń dla parametru „wydajność” powiem podana dla obliczeń pozycja literaturowa (Niedziółka 2011) nie występuje w Bibliografii. Z kolei w ocenie technologii BIOCOM zgadzam się z Autorką, że dla wskaźnika emisji CO₂ poziom 1,46 przekracza wartości referencyjne. Z drugiej jednak strony tak wysoka wartość emisji dwutlenku węgla z kompostowanych odpadów świadczy o bardzo intensywnych procesach rozkładu materii organicznej w tej technologii, co może być korzystne dla operatora kompostowni (skraca czas procesu i zmniejsza tym samym zużycie energii elektrycznej na napowietrzanie rękawów). Wyniki analizy wskazują zresztą na rewelacyjnie dobry wskaźnik dla zużycia energii elektrycznej (0,2 wartości referencyjnej).

W rozdziale 12. **Porównanie i podsumowanie omawianych metod oceny innowacyjnych technik przetwarzania biomasy** Doktorantka poddała wykorzystywane wcześniej narzędzia ocenie ważności zaczerpniętej z metody QFD (*Quality Function Deployment*). Następnie przeprowadziła analizę efektów użycia metod jak LCA, ETV i Macierzy Emisji, w której wykazała, że ta ostatnia metoda posiada bardzo dużą przydatność w ocenie środowiskowego wpływu technologii. Rozdział ten uważam za najważniejszy w pracy gdyż udowadnia on dużą wartość autorskiej metody (Macierz Emisji) stworzonej przez Doktorantkę.

Rozdział 13. **Dobór działań wspierających rozwój technik przetwarzania biomasy** – jakkolwiek interesujący z naukowego punktu widzenia i dodatkowo rozszerzający zakres pracy, uważam w zasadzie za nie do końca pasujący do koncepcji pracy doktorskiej związanej z analizą systemów środowiskowej oceny technologii i stworzeniem nowego modelu. Dla mnie praca mogłaby się kończyć na rozdziale 12. zawierającym porównanie stworzonego autorskiego modelu z innymi i wnioskach końcowych, natomiast rozdział ten zawiera wartościowe dane i analizy, który w mojej opinii byłoby bardzo dobrym materiałem na publikację w czasopiśmie z listy A MNiSW.

Zasadniczą część pracy kończy rozdział 14. **Podsumowanie i wnioski**, w którym Autorka podsumowała i oceniła przeprowadzone przez siebie badania w kontekście istniejącego stanu wiedzy, a we wnioskach przedstawiła odpowiedzi na problem badawczy sformułowany wcześniej w postaci trzech pytań.

WNIOSKI KOŃCOWE

Recenzowana przeze mnie praca doktorska podejmuje w nowatorski i krytyczny sposób problem efektywności wykorzystania powszechnie stosowanych narzędzi do oceny oddziaływania środowiskowego technologii przetwarzania biomasy. Za największą wartość ocenianej pracy uważam stworzenie przez Doktorantkę nowej metody oceny technologii za pomocą Macierzy Emisji jako narzędzia prostszego od wspomnianych wcześniej metod, a jednocześnie pozwalającego na uzyskanie bardzo wiarygodnych i jednoznacznych wskaźników dla poszczególnych parametrów. Uważam, że wyniki zaprezentowane w dysertacji powinny być opublikowane w wysoko punktowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym jak np. *Biomass and Bioenergy*. Zachęcam również Doktorantkę do wykorzystania tej metody w dalszych badaniach różnych technologii z zakresu przetwarzania biomasy – na przykład biogazowni.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska przedłożona przez mgr inż. Agnieszkę Wawrzyniak spełniła ustawowe wymagania do ubiegania się o stopień naukowy doktora, zawarte w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) w specjalności inżynieria rolnicza. Pewne drobne błędy popełnione przez Doktorantkę w żaden znaczący sposób nie pomniejszają wartości przedłożonej mi do recenzji pracy. Na tej

podstawie kieruję wniosek do Rady Naukowej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego o dopuszczenie mgr inż. Agnieszki Wawrzyniak do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie, z uwagi na szeroki zakres zrealizowanej pracy jak też stworzenie autorskiego modelu systemu oceny środowiskowej technologii, który w mojej opinii jest prostszy a zarazem bardziej jednoznaczny od dotychczas używanych – zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego o wyróżnienie niniejszej pracy doktorskiej.

Janek Doda