

Prof. dr hab. Jerzy Tys
Instytut Agrofizyki
im. Bohdana Dobrzańskiego
PAN w Lublinie

Lublin, 23.01.2018 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza Boliboka pt.: „*Modelowanie zagrożeń ekologicznych związanych z uprawą i wykorzystaniem roślin energetycznych*”

Praca doktorska została wykonana na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie pod kierunkiem dr hab. Jerzego Grudzińskiego na Wydziale Inżynierii Produkcji, Katedra Podstaw Techniki.

Praca obejmuje swym zasięgiem kilka ważnych obszarów badawczych z pogranicza ekologii, inżynierii rolniczej, technologii informatycznych oraz uprawy. Główny jednak nacisk położony jest na ocenę zagrożeń ekologicznych środowiska naturalnego związanych z coraz bardziej rozpowszechniającym się trendem produkcji biomasy roślin przeznaczanej na cele energetyczne. Uprawa roślin energetycznych jest na „pierwszy rzut oka” bardzo pożądanym zjawiskiem, będącym alternatywą dla wykorzystywania paliw kopalnianych, które z jednej strony negatywnie działają na środowisko i zdrowie człowieka, z drugiej zaś strony ich ilości są na wyczerpaniu. Zastąpienie paliw kopalnianych biomasą roślinną było do niedawna określane, jako panaceum na produkcję gazów cieplarnianych, a także na problem zanieczyszczenia środowiska. Rolnictwo i produkcja rolnicza była do tej pory traktowana, jako „czysta” i oczywiście odnawialna. Niewątpliwie ograniczenie wydobycia energii z zasobów kopalnianych powoduje zahamowanie zanieczyszczenia atmosfery nowymi – zalegającymi od milionów lat w głębi ziemi pokładami CO₂ i innymi związkami szkodliwymi dla człowieka.

Traktowanie rolnictwa, jako producenta biomasy czystej jest od dawna kwestionowane. Brakuje jednak konkretnych i kompletnych wyliczeń obejmujących wszystkie jego elementy, a więc nie tylko uprawę, nawożenie, stosowanie środków ochrony roślin czy zużyte paliwa, ale także ich wytwarzanie i związane z tym zanieczyszczenie środowiska. Rolnictwo jest w tej chwili jedną z nielicznych dziedzin przemysłu będących prawie poza kontrolą, jeśli chodzi o generowanie zanieczyszczeń atmosfery, gleby, zasobów wodnych i w końcu żywności. Zasada *non nocere* stosowana czy raczej zalecana w takich dziedzinach jak medycyna w rolnictwie w

ogóle nie obowiązuje. Takie działanie rolnictwa i przemysłu z nim związanego powodują zaburzenia w funkcjonowaniu ekosystemów lądowych, wodnych czy morskich (np. pływające w morzach opakowania plastikowe). W efekcie produkty rolnicze zamiast służyć człowiekowi, jako pożywienie przynoszą więcej szkody niż pożytku. Stąd też modna staje się produkcja żywności ekologicznej, funkcjonalnej, nutraceutyków czy propagowanie stosowania *dobrej praktyki rolniczej*.

Rosnące zapotrzebowanie na energię, wymusza również w rolnictwie oprócz produkcji żywności, produkcję roślinną o przeznaczeniu energetycznym. Trend w tym kierunku powoduje niekontrolowane oddziaływanie na środowisko naturalne i zachwianie równowagi w ustalonym przez wieki ekosystemie. Wynika to z wprowadzenia do uprawy roślin nigdy wcześniej nieuprawianych. Rozwój rolnictwa warunkuje również stosowanie nowoczesnych technologii uprawy zmierzających do maksymalizacji produkcji surowca. Jak podkreśla Autor pracy doktorskiej, obowiązująca doktryna trwałego i zrównoważonego rozwoju w odniesieniu do roślin energetycznych wymaga bilansowania nakładów oraz uzyskanych efektów w postaci biomasy charakteryzującej się określonymi wartościami energetycznymi, a także ekologicznymi (jakością i składem chemicznym). Maksymalizacja zysków przy minimalnych nakładach może być przyczyną zmian w ekosystemie przejawiających się naruszeniem równowagi biologicznej i naturalnej bioróżnorodności czy wprowadzenie roślin inwazyjnych. Wzrost uprawy roślin dotychczas uprawianych marginesowo powoduje również sprowadzenie nowych chorób, szkodników (w tym szkodników przechowalniczych) oraz powstawanie samosiewów o wyjątkowej uciążliwości do zwalczania.

Z tych względów zarówno ilościowa, jak i jakościowa analiza upraw ekologiczno-energetycznych wymaga ścisłych technik obliczeniowych zapewniających uzyskanie wiarygodnych wyników o ich ekonomicznej i ekologicznej przydatności.

Autor pracy doskonale zdaje sobie sprawę z ważności problemu, jaki opisuje w omawianej pracy, co widać na podstawie zamieszczonego przeglądu literatury. Zastosowanie metody LCA do szacowania wpływu na środowisko biomasy słonecznika bulwiastego uprawianego na cele energetyczne stanowi cenne źródło informacji w procesie podejmowania decyzji mających na celu zminimalizowanie negatywnego wpływu procesów produkcji biomasy na środowisko poprzez modyfikację poszczególnych jego elementów oraz redukcji kosztów przez zmniejszanie ilości stosowanych surowców i energii. W przypadku biomasy wykorzystywanej, jako surowiec do produkcji biopaliw, celem oceny Cyklu Życia jest określenie wielkości potencjalnego wpływu uprawy tej biomasy na środowisko przyrodnicze.

Ważnym elementem jest również określenie poziomów redukcji gazów cieplarnianych podczas całego procesu uprawy roślin energetycznych.

W rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Łukasza Boliboka zaprezentowano bardzo szeroki zakres badań obejmujących zarówno ocenę, jak i wybór odpowiedniego sposobu oceny LCA. Metoda ta jakkolwiek uznana za bardzo obiektywną wymaga uwzględnienia bardzo wielu czynników odpowiednio zdefiniowanych. Produkcja rolnicza uważana jest bowiem za jeden z głównych sektorów odpowiedzialnych za generowanie znacznych ilości zagrożeń dla szeroko rozumianego środowiska w tym zdrowia człowieka. To skomplikowane działanie o szerokim spektrum możliwych zagrożeń, jakie w rolnictwie występują, wymagają dogłębnej analizy możliwych rozwiązań oraz perfekcyjnej znajomości obsługi programów komputerowych dostosowanych do konkretnych techniczno – technologicznych przypadków. W pracy dotyczyło to uprawy słonecznika bulwiastego przy zastosowaniu konkretnych technik uprawowych i konkretnego wyposażenia w maszyny rolnicze. Za szczególną zaletę recenzowanej pracy uważam to, że omawiana problematyka wpisuje się idealnie w aktualną tematykę prac o najwyższym priorytecie badawczym mających wprawdzie charakter badań podstawowych, ale o silnym zabarwieniu aplikacyjnym. Umiejętność powiązania prac o charakterze programowo-komputerowym z badaniami i pracami wykonywanymi w konkretnych warunkach polowych powoduje, że praca nabiera charakteru wiarygodności i chociaż nie wszystkie elementy uwzględnione w technologii produkcji słonecznika bulwiastego zostały zdefiniowane zgodnie z danymi zawartymi w dostępnej literaturze to wiarygodność uzyskanych wyników nie podlega dyskusji. Powiązanie konkretnych badań polowych i dostosowanie do nich odpowiedniego oprogramowania w celu określenia danych niezbędnych do określenia LCA jest ze wszech miar oceniane bardzo wysoko. Widać, bowiem, że Autor pracy posiada nie tylko dogłębną wiedzę z zakresu rozwiązań komputerowych, lecz rozumie zawłości technologii produkcji omawianej rośliny energetycznej. Takie podejście daje gwarancję, że praca ma charakter nowatorski i twórczy, co jest wymagane w pracy doktorskiej, która powinna spełniać aspekt naukowo - badawczy.

Głównym celem pracy, która ma charakter eksperymentalno - obliczeniowy, jest ocena procesów zagrożeń środowiskowych wynikających z uprawy słonecznika bulwiastego i następnie jego przetworzenia na energię cieplną.

Autor założył w pracy rozwiązanie następujących problemów - *hipotez badawczych*, (jakkolwiek w pracy takie określenie, z niewiadomych dla recenzenta powodów, nie padło):

- Czy istniejące metody stosowane do oceny cyklu życia mogą być wykorzystywane przez indywidualnych rolników?;

- Czy istnieją programy komputerowe przydatne do tego celu?;
- Które elementy ekosystemu są szczególnie zagrożone przy produkcji słonecznika bulwiastego?.

Postawiony przez Autora cel pracy jest jasny i zasadny, a obszar przeprowadzonych badań wskazuje na bardzo szeroki zakres kompetencyjny świadczący o tym, że Pan mgr inż. Łukasz Bolibok posiada szeroką i głęboką wiedzę wynikającą nie tylko z obranego kierunku studiów, lecz także wiedzę z zakresu technologii uprawy roślin. Szeroki zakres badań zrealizowany przez Autora pracy dostarczył wiele cennych spostrzeżeń i wniosków poznawczych, które mają w wielu aspektach dużą, wartość użyteczną.

Zaprezentowana i zastosowana przez doktoranta technika badania Cyklu Życia stanowi bardzo interesujący aspekt i możliwość dostarczenia uniwersalnej metodologii badania zagrożeń związanych z uprawą roślin energetycznych. Przedstawiona do oceny praca doktorska jest także ważna ze względu na rosnące zapotrzebowanie na tego rodzaju prace opisujące możliwość pozyskiwania produktów przyjaznych dla środowiska naturalnego.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska składa się z 83 stron. Podzielona jest na 11 rozdziałów (rozdział 2 zawiera także 5 podrozdziałów, a 6 - 3 podrozdziały). W jej skład wchodzi 23 rysunki i 19 tabel. Bibliografia liczy 130 pozycje. Autor sformułował też 3 wnioski.

W rozdziale *Wstęp* podkreślono problemy związane z wykorzystaniem biomasy roślin energetycznych, jako źródło energii odnawialnej. Przedstawiono krajowe zobowiązania w stosunku do UE oraz opisano zagrożenia biologiczne i chemiczne, jakie generuje rolnictwo w stosunku do szeroko rozumianego środowiska naturalnego. Bardzo przystępnie opisano przyczyny obciążenia środowiska naturalnego oraz jakie skutki niesie obowiązująca doktryna „trwałego i zrównoważonego rozwoju”. Autor zaznaczył, że jedyną metodą poznania zagrożeń ekologicznych wynikających z produkcji roślin energetycznych i ich przeciwdziałania jest kompleksowe projektowanie ekologiczne i ocena zagrożeń w całym Cyklu Życia. Służyć temu mają odpowiednio zaawansowane metody komputerowe, które będą w stanie uwzględnić złożoność problemu, wielkość i specyfikę przedsiębiorstwa oraz typ roślin uwzględnianych w badaniu.

Rozdział 2 *Rośliny energetyczne, jako źródło energii oraz potencjalnych zagrożeń ekologicznych* składa się z 5 podrozdziałów: Wpływ technologii uprawy na glebę; Zagrożenia wodne wynikające z uprawy roślin energetycznych; Emisje do powietrza w uprawie roślin energetycznych; Aspekty różnorodności biologicznej w uprawie roślin energetycznych; Zagrożenia ekologiczne konwersji biomasy.

Sformułowany zakres problematyki poparty szeroką literaturą, dotyczącą zakresu prowadzonych badań, jest absolutnie poprawny i zwraca uwagę na podstawowe zagadnienia towarzyszące produkcji roślin energetycznych na szeroką skalę. Ujęte w podrozdziałach zagadnienia stanowią problem zarówno w planowaniu, uprawie jak i likwidacji plantacji roślin energetycznych. Rozwinięcie tematyki opisanej tytułami zamieszczonych w pracy podrozdziałów wskazuje na to, że Autor bardzo dokładnie przestudiował tematykę związaną z uprawą jak i generowanymi problemami wynikającymi z zamieszczenia roślin energetycznych w płodozmianie gospodarstwa.

Rozdział 3, *Metody zagrożeń ekologicznych*. Ten rozdział dobitnie wskazuje na głęboką analizę przedmiotu, jakiej dokonał Autor poszukując odpowiednich rozwiązań problemu, który sobie postawił w pracy. Zamieszczony przegląd literatury dotyczący tego zagadnienia wskazuje na rozumieniu trudności i złożoności analizy dokonywanej na podstawie LCA.

Rozdział 4, *Przegląd oprogramowania do modelowania i oceny cyklu życia – ocena poszczególnych rozwiązań*. Autor w rozdziale zademonstrował, jakie programy obliczeniowe istnieją wraz z krótką ich charakterystyką. Stwierdził, że niektóre z oferowanych programów pomimo dostępności są niezwykle złożone a ich obsługa jest skomplikowana i niezwykle wymagająca. Na podstawie przedstawionych opisów i charakterystyki programów Autor dokonał ich oceny oraz wybrał ten, który jest w najwyższym stopniu przydatny do prac własnych. Przedstawione programy komputerowe i konieczne do ich realizacji bazy danych oraz metody obliczeniowe dają gwarancję, że przyjęte przez Autora do dalszego wykorzystywania programy spełnią pokładane w nim nadzieje, czyli na pełny obiektywizm i prawidłową ocenę zagrożeń ekologicznych towarzyszących produkcji wybranej rośliny energetycznej.

Uważam, że dokonany przegląd literatury jest przejrzysty, zrozumiały i zwięzły. Dokonany podział tematyki na rozdziały i podrozdziały jest prawidłowy biorąc pod uwagę temat pracy i charakter przeprowadzonych badań. Liczne odwołania do zagranicznych prac badawczych oraz podkreślenie dotychczasowego doświadczenia, dorobku jednostki badawczej, w której doktorant realizował podjętą tematykę badań, świadczą o naprawdę przemyślanym, dojrzałym działaniu młodego naukowca i poznaniu szerokiej wiedzy z zakresu omawianej problematyki. Oczywiście doktorant nie ustrzegł się kilku błędów z zakresu stylistyki, powtórzeń i błędnych cytowań. Są to jednak błędy nieistotne i nie podważają wartości przeprowadzonego przeglądu literatury.

Rozdział 5, *Cel i zakres pracy*. Na podstawie opisu można wywnioskować, że cel główny pracy to: Wykorzystanie otwartego oprogramowania do modelowania i oceny zagrożeń środowiska wynikającego z uprawy i konwersji energii chemicznej słonecznika bulwiastego. Cel ten nie został jednak precyzyjnie sformułowany. Autor precyzuje natomiast 3 cele cząstkowe, które można określić, jako hipotezy badawcze. Tego określenia w recenzowanej pracy brakuje, a szkoda.

Rozdział 6, *Obiekt i metoda badań*. Składa się z 3 podrozdziałów: Oprogramowanie open LCA Grin Delta; Słonecznik bulwiasty oraz podrozdział 3: Metodyka badań. W metodyce stwierdza, że analiza zagrożeń będzie obejmowała jedynie podstawowe operacje technologiczne stosowane przy produkcji słonecznika natomiast nie będą uwzględniane zagrożenia pochodzące przy produkcji nawozów, środków ochrony roślin, paliw. Takie podejście, jakkolwiek uzasadnione, powoduje, że skala zagrożeń związana z roślinami energetycznymi wymagającymi często stosowania bardzo znacznych ilości nawozów i środków ochrony roślin będzie znacznie niższa niż to rzeczywiście występuje. Dobrze więc by było, aby Autor to wyraźnie zaznaczył np. w którymś z wniosków.

Dalej Autor opisuje wszystkie czynności, jakie zostały wykonane przy zakładaniu plantacji jej użytkowaniu oraz jej likwidacji. Ten aspekt pracy również zasługuje na pochwałę ze strony recenzenta. Jest to bowiem umiejętność daleko odbiegająca od części poprzedniej pracy, gdzie głównym zadaniem było znalezienie i dostosowanie programu komputerowego dokładnie analizującego te obszary, które mogą powodować zagrożenie dla środowiska. Opis poszczególnych działań uprawowych wskazuje, że Autor ma doskonale opanowane zagadnienia związane z uprawą oraz technologią zbioru słonecznika bulwiastego. Dobór niezbędnych maszyn i zastosowana technologia jest doskonałym narzędziem do wykorzystania w pracach obliczeniowych wymaganych programem obliczeniowym. Uwagi recenzenta dotyczą natomiast bardzo ogólnie potraktowanego podrozdziału opisanego, jako Operacja 5. Spalanie. Wyniki tej operacji mogą, bowiem istotnie rzutować na wyliczenia końcowe. W powołanej się przez Autora pracy Pani Kowalczyk-Juśko ilość i skład popiołu określany był jedynie dla części nadziemnych słonecznika bulwiastego. W technologii produkcji Autor uzyskał jednak zarówno części nadziemne jak i bulwy. Należało, więc uwzględnić w obliczeniach obie części rośliny.

W analizowanej pracy brakuje mi również ekonomicznego aspektu uprawy słonecznika bulwiastego. Analiza wszystkich prac włożonych w poszczególne uprawki słonecznika wraz z zużyciem paliw oraz uzyskaną energią z bulw i nadziemnych części słonecznika pozwoliłoby łatwo obliczyć bilans energetyczny, a tym samym dać odpowiedź na pytanie: czy uprawa

słonecznika, jako rośliny energetycznej jest celowe?, Czy zyski energetyczne wynikające z uzyskanego plonu są wyższe od poniesionych nakładów?. Te informacje można by uzyskać niemalże „po drodze” bez znacznych nakładów techniczno-organizacyjno-intelektualnych.

Rozdział 10, *Podsumowanie i wnioski*. Ten rozdział opisany został niestety bardzo zdawkowo. Bez podawania żadnych liczb, porównań czy dogłębnych analiz. A jest to, po celu pracy i metodyce, rozdział najważniejszy. Trzy bardzo zdawkowe wnioski w ogóle nie odnoszą się do założonych celów (hipotez badawczych) zawartych w pracy. A postawione zostały do rozwiązania 3 cele badawcze, które zostały jasno sformułowane w rozdziale - Cel pracy. Należałoby zdecydowanie, oprócz odniesienia się do tego w części opisowej podsumowania, odnieść się do tego również w jasno sformułowanych wnioskach. Jest to moim zdaniem bardzo istotne zaniedbanie zarówno ze strony Doktoranta. W podsumowaniu brakuje mi również dyskusji wyników, czyli odniesienia uzyskanych wyników pracy do wyników opracowanych dla innych roślin energetycznych czy też innych prac z tego zakresu (np. Pani prof. Anny Grzybek).

Układ i treść pracy nie budzą zastrzeżeń od strony merytorycznej. Tematyka rozprawy ma charakter poznawczy i praktyczny. Autor przyjął prawidłową metodykę badawczą, która jest spójna i bezpośrednio wynika z postawionych problemów naukowych. Zaprezentowany przegląd literatury jest obszerny, ale i niezbędny dla czytelnika do zapoznania się z problematyką tematu. Ogromny podziw budzi także realizacja badań podzielona na dwa etapy, Pierwszy to poszukiwanie programu odpowiedniego do postawionego celu. Drugi to założenie i prowadzenie uprawy słonecznika, jako reprezentanta roślin energetycznych.

Przeprowadzone doświadczenia, dojście do uzyskania zadowalających efektów prac i tym samym opracowanie optymalnych metod obliczeniowych świadczą o złożoności podjętej problematyki i praktycznego poszukiwania możliwości przełożenia wiedzy na rzeczywistą wartość dodaną. Fakt ten zasługuje na szczególne uznanie, gdyż każdy naukowiec podejmując prace badawcze powinien uwzględniać w nich możliwość zastosowania otrzymanych rezultatów w praktyce. Wartość aplikacyjna i technologia przemysłowego wdrożenia wyników to obecnie również bardzo ważna kwestia brana pod uwagę przez szereg instytucji, w tym Organy Wspólnoty Europejskiej.

Doktorant słusznie zauważył, że wiele czynników należy wziąć pod uwagę podczas analizy przeprowadzonych prac badawczych. Dobór właściwego programu to szereg zmiennych parametrów, które mogą mieć istotny wpływ na jego przebieg i uzyskiwane efekty pracy.

Praca została napisana poprawnie pod względem językowym (poza kilkoma uchybieniami). Układ pracy oraz struktura podziału treści nie budzą zastrzeżeń. W czasie zapoznawania się z treścią pracy stwierdziłem jednak pewne niedociągnięcia i usterki, w większości o charakterze dyskusyjnym, które przedstawiłem w treści recenzji.

Podsumowując, przedstawiona mi przez Pana Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji UP w Lublinie rozprawa doktorska Pana mgr inż. Łukasza Boliboka, przygotowana została zgodnie ze wszystkimi wymogami i zasadami, które obowiązują dla prac doktorskich. Założone przez doktoranta cele zostały w pełni osiągnięte, a tytuł odpowiada treści zawartej w niniejszej pracy. O realizacji postawionych problemów naukowych świadczy odpowiednio dobrana metodyka badań, stanowiska badawcze oraz osiągnięte rezultaty z pomiarów wraz z ich interpretacją. Pracę oparto na eksperymencie, podczas którego doktorant wykazał się bardzo dobrym opanowaniem warsztatu badawczego. Otrzymane wyniki badań stanowią cenny wkład w dorobek nauki, i tym samym mogą być podstawą do dalszego pogłębiania zdobytej wiedzy przez młodego naukowca.

W związku z powyższym stwierdzam, że praca spełnia wymagania Art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789). Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim, dlatego przedkładam Radzie Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie wniosek o dopuszczenie Pana mgr inż. Łukasza Boliboka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

