

dr hab. inż. Artur Kraszkievicz
Katedra Eksploatacji Maszyn
i Zarządzania Procesami Produkcyjnymi
Wydział Inżynierii Produkcji
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Lublin, 10.07.2020r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jakuba Frankowskiego

pt. „Potencjał energetyczny konopi siewnych (*Cannabis sativa* L.) odmiany Henola”

1. Dane ogólne

Recenzję opracowałem na zlecenie Dziekana Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, prof. dr hab. Anny Kryszak, z dnia 22.06.2020 r. Praca została zrealizowana w Instytucie Inżynierii Biosystemów na Wydziale Rolnictwa i Bioinżynierii, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pod kierunkiem dr. hab. inż. Macieja Zaborowicza – promotora i dr hab. Małgorzaty Łochyńskiej – promotora pomocniczego.

2. Tematyka rozprawy

Tematyka badawcza podjęta w recenzowanej pracy wpisuje się w szeroko pojęte zagadnienie związane z energetycznym wykorzystaniem biomasy. Biomasa przeznaczona na cele energetyczne najczęściej klasyfikowana jest wg następujących kryteriów: ze względu na pochodzenie: biomasa leśna, rolna i odpadowa oraz ze względu na rodzaj gatunkowy: biomasa drzewna, zielna i owocowa. W związku z wizją gospodarki UE do 2050 r. i konkurencją o biomasę drzewną pochodzenia leśnego prowadzone są działania promujące wykorzystanie surowców z upraw celowych, jak i pozostałości poprodukcyjnych, jednocześnie niezakłócających gospodarki żywnościowej.

Konopie siewne (*Cannabis sativa* L.) uprawia się na różne cele użytkowe wykorzystując włókno, paździerz i nasiona. Roślina ta jest jedną z najstarszych upraw, która ma zastosowanie na całym świecie, nie tylko w branży spożywczej. Obecnie konopie zyskują popularność w przemyśle, jako roślina z dużymi możliwościami wykorzystania i uprawiania w szerokim zakresie warunków agroekologicznych. Ze względu na cechy biologiczne oraz agrotechniczne korespondujące z kryteriami ekonomicznymi, środowiskowymi i społecznymi, roślina ta bardzo dobrze wpisuje się w koncepcję zrównoważonego rozwoju. Przy tym istotne jest, że biomasę konopi przetwarza się również na szereg produktów pochodnych takich jak np.: olej, olejki eteryczne lub substancję CBD (cannabidiol), materiał budowlany, biopaliwo; wytwarzając tym samym wiele komponentów, które w ostatnim czasie będąc przydatnymi dla ludzkości wywołują duże zainteresowanie. Posiadane właściwości przez tą roślinę sprawiły, że jest ona doskonałym surowcem dla rozwoju systemów wielowyjściowych poprzez stopniowy

rozkład biomasy na kilka użytecznych składników. Dzięki temu konopie wyprzedzają wiele innych upraw roślin przemysłowych, z których pozyskiwany jest zwykle tylko jeden rodzaj surowca. Konopie w zakresie gatunku mają również jedną poważną wadę: są związane z wytwarzaniem nielegalnych narkotyków. W konsekwencji tylko odmiany rejestrowane konopi siewnej, które są zgłoszone do uprawy, mogą stanowić źródło tego cennego surowca.

Doktorant podejmując tematykę dotyczącą potencjału energetycznego konopi siewnych (*Cannabis sativa* L.) odmiany Henola sprawił, że rozprawa dobrze wpisuje się w aktualne, zidentyfikowane potrzeby naukowe i aplikacyjne, zwłaszcza w przedstawionym obszarze energetycznego wykorzystania biomasy. Istotne jest, że Kandydat skupił się na jednej z najmłodszych, wyhodowanych i zarejestrowanych w Polsce odmian konopi, która w porównaniu do pozostałych odmian włóknistych posiada następujące cechy charakterystyczne: krótszy okres wegetacji, mniejszą długość techniczną roślin, jak również większe kwiatostany i znacznie wyższy plon nasion. Dlatego w przedstawionej do recenzji rozprawie doktorskiej zasadne było podjęcie tematyki badawczej, związanej z wpływem wybranych czynników agrotechnicznych na wysokość i jakość plonów oraz określenie pozyskanej podczas tych badań biomasy, jako surowców do produkcji biopaliw stałych, ciekłych i gazowych.

3. Ocena formalna

Niniejsza rozprawa doktorska została przygotowana w języku polskim. Posiada układ typowy dla opracowań naukowych dokumentujących zrealizowane prace badawcze o charakterze zarówno poznawczym, jak i aplikacyjnym.

Manuskrypt w zasadniczej części składa się ze 148 stron wydruku komputerowego formatu A4, które podzielono na 8 merytorycznych rozdziałów, łącznie z wykazem literatury oraz 4 rozdziały zawierające streszczenie, abstract, spis tabel i spis rycin. Dodatkowo w pracy zamieszczono dwa oddzielnie numerowane aneksy, odpowiednio o objętościach: 7 i 16 stron. Cytowana literatura obejmuje 318 pozycji z zakresu tematyki pracy, głównie publikacji naukowych oraz po kilka pozycji: publikacji popularno-naukowych, aktów prawnych i stron internetowych. Warto podkreślić, że największą liczbę stanowią opracowania angielskojęzyczne, tylko 21% wszystkich pozycji to literatura w języku polskim. Przy czym dominują cytowania z literatury od roku 2000 do najnowszych z roku 2019. Jedyne kilka pozycji literatury pochodzi z lat 80- i 90-tych. Tak szeroki przedział czasowy publikowanych źródeł pozwolił Doktorantowi na pokazanie rozwoju badań w zakresie tematyki będącej przedmiotem w Jego rozprawie doktorskiej. W treści pracy zawarte są również objaśnienia wybranych pojęć użytych w jej treści. Natomiast opisy symboli przedstawionych w zależnościach matematycznych lub na wykresach znajdują się bezpośrednio pod nimi lub w tekście pracy. W mojej ocenie na początku pracy można było wykonać zbiorczy wykaz skrótów i oznaczeń.

Recenzowana praca została napisana poprawnym i zrozumiałym językiem oraz jest właściwie zredagowana pod względem formalnym, a sporadyczne usterki językowe a także redakcyjne (interpunkcja, literówki), nie wpływają na jej ocenę, zatem je pomijam. Treść pracy mgr. inż. Jakuba Frankowskiego podzielona została logicznie na rozdziały i podrozdziały. W początkowej części pracy, po ciekawym i rzeczowym Wstępie, Autor przedstawił obszerny

przegląd literatury, w którym najpierw odniósł się do wymagań w zakresie produkcji bioenergii, tym samym słusznie zwracając uwagę na: aspekty prawne dotyczące biopaliw, rodzaje bioenergii z biomasy roślinnej i przede wszystkim na produkcję oraz wykorzystanie biopaliw stałych, ciekłych i gazowych. Nie bez znaczenia są również zamieszczone w tym rozdziale informacje przeglądowe możliwości uprawy i gospodarczego wykorzystania konopi, aspekty prawne dotyczące branży konopnej w Polsce, jak również wskazujące potencjał wykorzystania konopi w różnych gałęziach gospodarki.

Przeprowadzony przez Kandydata przegląd literatury umożliwił mu w następnym rozdziale, przedstawienie problematyki badawczej w formie celu i zakresu pracy. W kolejnym rozdziale Autor rozprawy zawarł charakterystykę materiału badawczego i uporządkowaną metodykę badań, które pozwoliły mu w następnych rozdziałach z przyjętym układem przedstawić wyniki i dyskusję otrzymanych wyników. Przy czym podrozdział ze str. 59 pt. „Stanowisko badawcze” powinien być połączony z podrozdziałem „Metodyka oznaczania ciepła spalania biomasy”. Kolejne części pracy ostatecznie precyzują i podsumowują osiągnięte wyniki, pozwalając jednocześnie sformułować wnioski. Część merytoryczną pracy kończy rozdział, w którym został przedstawiony wykaz literatury. Dodatkowo na końcu pracy zamieszczono spis tabel i rycin oraz dwa aneksy, zawierające metodykę i obliczenia dotyczące kart technologicznych procesu uprawy konopi siewnych odmiany Henola na plantacji nasiennej i przemysłowej.

4. Ocena merytoryczna

W mojej ocenie, treść pracy jest w pełni zgodna z jej tematem. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów odpowiadają informacjom w nich zawartych, a jej konstrukcja jest zgodna z wymaganiami stawianymi pracom o tym charakterze.

Problem badawczy sformułowany przez mgr. inż. Jakuba Frankowskiego posiada potwierdzenie w wykonanej przez niego szerokiej analizie literatury z zakresu podjętej tematyki niniejszej pracy doktorskiej. Przedstawiając dokonania w zakresie wykorzystania biopaliw Doktorant umiejętnie wskazał akty prawne, wskazujące na dalszą możliwość wykorzystania, biopaliw z biomasy roślinnej pochodzenia rolniczego w perspektywie trzech dekad na obszarze UE i Polski. Tym samym zwrócił uwagę na bardzo ważny i aktualny aspekt związany z oddziaływaniem takiego podejścia na rynek rolny i środowisko przyrodnicze. Podkreślił również, zgodnie z obowiązującą koncepcją zrównoważonego rozwoju, potrzebę poszukiwania nowych surowców o interesujących cechach biologicznych, fizycznych i chemicznych. Po takim wprowadzeniu w obszar paliw biomasowych, słusznym było poruszenie przez Kandydata treści dotyczących procesów ich przetwarzania i produktów finalnych, rozwinięte w wyczerpującej charakterystyce wykorzystania biopaliw stałych, ciekłych i gazowych. Treści te, są poparte obszernym wykazem najnowszej literatury i wskazują na bogatą, ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta.

Na podstawie tak pozyskanej wiedzy mgr inż. Jakub Frankowski umiejętnie zidentyfikował i sformułował problem badawczy w formie pytania: *„Czy na podstawie doświadczeń agrotechnicznych i laboratoryjnych możliwe jest określenie potencjału energetycznego tkwiącego w konopiach odmiany Henola?”*. Kwestia ta została przedstawiona w celu pracy w sposób czytelny i poprawny pod względem formalnym. Celem pracy były bowiem badania

dotyczące identyfikacji wielkości energii uzyskiwanej z biomasy konopi siewnych odmiany Henola w zależności od sposobu jej przetworzenia. Stąd też, chcąc rozwiązać sformułowany problem naukowy, podjął On działania, których zakres obejmował sześć wyodrębnionych etapów. Prace te Doktorant poprawnie zaplanował i realizował, prowadząc badania w obranym zakresie z wykorzystaniem dostępnych metod badawczych. W mojej ocenie rozprawa mgr. inż. Jakuba Frankowskiego spełnia wymagania ustawowe, dotyczące oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, który został cytowany powyżej.

Ponieważ obiektem badań były konopie siewne odmiany Henola, Autor rozprawy przedstawił pełną ich charakterystykę łącznie z nakreśleniem ich rodowodu i hodowli.

Według przyjętego układu przebiegu eksperymentów Doktorant wykonał trzyletnie badania polowe wpływu wybranych czynników agrotechnicznych na wysokość i jakość plonów. Do badań wybrał szerokie spektrum wariantów. Przeprowadził doświadczenia dla pięciu rodzajów dawek nawożenia ($P + K + 120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$; $P + K + 80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$; $P + K + 40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$; $P_2O_5 - 40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + K_2O - 80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; bez nawożenia (kontrola)). Dodatkowo brał pod uwagę po trzy warianty, przy ocenie wpływu terminu siewu i rozstawu rzędów na wysokość i jakość plonów.

Istotne znaczenie w prowadzonych badaniach miało opracowanie kart technologicznych w związku z analizą uprawy konopi siewnych odmiany Henola na cele przemysłowe, na gruntach o łącznej powierzchni 15 ha i plantacji nasiennej o areale wynoszącym 5 ha. Zarówno w pierwszym, jak i drugim wariancie, wykorzystano uprzednio określone podczas niniejszych badań zalecenia agrotechniczne. Przy czym dla wariantu I: zebrane nasiona zbierane były jednoetapowo kombajnem i wykorzystane na cele spożywcze. Pozostała biomasa, stanowiąca odpad w tym rodzaju produkcji rolniczej, została wykorzystana na cele energetyczne. Natomiast dla wariantu II: nasiona zbierane były dwuetapowo, po uzyskaniu niezbędnej dokumentacji, stanowiły kwalifikowany materiał siewny, a pozostała biomasa, będąca odpadem w tym rodzaju produkcji rolniczej, została wykorzystana na cele energetyczne. Wyniki tych badań, oprócz obliczenia średniej, mediany i odchylenia standardowego, analizowano przy wykorzystaniu modelowania neuronowego.

Ważne jest, że tak obszerne badania w zakresie agrotechniki dały Doktorantowi odpowiedni surowiec do dalszych, dogłębnych analiz pod kątem przydatności biomasy konopi odmiany Henola do produkcji biopaliw stałych, ciekłych i gazowych. W zakresie wykorzystania słomy konopnej jako biopaliwa stałego Kandydat wykonał następujące oznaczenia: zawartości wilgoci, składu elementarnego podstawowych pierwiastków C, H, N, S i Cl, zawartości metali ciężkich, celulozy, holocelulozy, ligniny, pentozanów, substancji rozpuszczalnych w rozpuszczalnikach, wodzie i 1% NaOH, substancji mineralnych, zawartości $N_{org.}$, P_2O_5 , K_2O , CaO, MgO, jak również oznaczył ciepło spalania i obliczył wartość opałową. Dodatkowo w zakresie wykorzystania biomasy konopi odmiany Henola do produkcji biopaliw ciekłych Autor rozprawy ze słomy konopnej wyprodukował bioetanol a z nasion wytłoczył olej konopny. Substancje te analizował pod kątem ilości uzyskanego etanolu i oleju, jak również podstawowych cech fizycznych i chemicznych. Przyjętą systematykę badań Kandydat utrzymał również przy analizie możliwości wykorzystania słomy konopnej analizowanej odmiany do produkcji biopaliwa gazowego. Również i w tym przypadku wykonano szereg typowych przy takich badaniach oznaczeń, które umożliwiły nie tylko weryfikację przydatności takiego

substratu do produkcji biogazu ale również przy pewnych założeniach optymalizowano jego wytwarzanie.

Stwierdzam, że cel pracy został w pełni zrealizowany w założonym zakresie. Zatem przeprowadzone badania, jak również interpretacja ich wyników w połączeniu z dyskusją, umożliwiła rozwiązanie problemu badawczego. Mnogość przyjętych wariantów doświadczeń, tym samym ilość wykonanych oznaczeń zwiększa wartość niniejszej pracy. Doktorant słusznie zauważa, opierając się na wynikach przeprowadzonych badań, że aby wdrożyć produkcję bioenergii z biomasy konopnej, istotne jest zbadanie wydajności energetycznej mieszanek konopi siewnych odmiany Henola z innymi surowcami wykorzystywanymi do produkcji biopaliw stałych, ciekłych i gazowych.

Uważam, że niewątpliwym osiągnięciem Doktoranta jest takie zaplanowanie doświadczeń, opracowanie metodyki i przeprowadzenie eksperymentów, które umożliwiło identyfikację wielkości uzyskanych plonów oraz wybranych cech jakościowych biomasy konopi siewnych odmiany Henola. Prace te pozwoliły również na określenie optymalnej technologii jej uprawy i przetwarzania, a także ocenę potencjału energetycznego. Konsekwencja w zakresie wykorzystania surowców w badaniach dotyczących tak odmiennych grup biopaliw, tworzy spójną całość i jednocześnie wskazuje na uniwersalność użycia biomasy tej rośliny na cele energetyczne w zależności od popytu na ten surowiec na rynku lokalnym.

5. Uwagi dyskusyjne i szczegółowe

Praca mimo starannego przygotowania merytorycznego, pod względem formalnym i redakcyjnym ma jednak pewne niedopatrzenia a jej lektura nasuwa pewne pytania i uwagi do dyskusji.

Autor rozprawy wśród znacznej ilości poprawnie wykonanych testów i doświadczeń powinien wyraźnie sprecyzować jakimi metodami oznaczona została w słomie konopi zawartość pierwiastków elementarnych – C, H, N, S i Cl? Natomiast w zakresie uzyskanych zróżnicowanych wartości ciepła spalania, dyskusyjnym jest, aby ten parametr dla słomy z plantacji nasiennej lub płaskoni zależał od „większej zawartości włókien celulozowych”. Takie stwierdzenie powinno być poparte literaturą.

Kolejna uwaga dotyczy braku pewnej konsekwencji przy omawianiu wyników w kontekście ilości energii zawartej w biopaliwach stałych, ciekłych i gazowych w odniesieniu do jednostki powierzchni z której pochodziły surowce do ich wytwarzania. Ten parametr został obliczony jedynie dla biopaliw stałych. W mojej ocenie analiza takich wartości również dla biopaliw ciekłych i gazowych umożliwiłaby łatwiejsze i tym samym bardziej przejrzyste porównanie potencjału energetycznego konopi siewnych odmiany Henola.

Dyskusyjne jest również dlaczego nadwyżka bezpośrednia została obliczona jako suma dla dwóch form produkcji biomasy konopnej z plantacji nasiennej i przemysłowej?

Poniżej zwracam uwagę na niektóre niedopatrzenia i nieścisłości:

1. Doktorant w pracy zamiennie używa dwóch zwrotów „*metodyka określania*” i „*metodyka określenia*” dobrze by było ujednoczyć te sformułowania. W mojej ocenie właściwy jest zwrot „*metodyka określania*”.
2. W metodyce oznaczania ciepła spalania Autor podaje różne ciśnienia napełniania tlenem bomb kalorymetrów. Na str. 59 znajduje się zapis „*przy podciśnieniu 3 bar*”

powinno być „*przy ciśnieniu 3 MPa*”. Natomiast na str. 67 znajduje się zapis „*pod ciśnieniem 30 MPa*” powinno być „*pod ciśnieniem 3 MPa*”.

3. Doktorant w pracy (str. 73.) używa zwrotu „*umieszczono w spalarce*” – poprawniej byłoby „*umieszczono w piecu laboratoryjnym*”.
4. Str. 95, ostatni akapit, pierwsze zdanie – po słowach „*węgla i wodoru*” powinno być „*z*”, wtedy to zdanie nabiera poprawnego znaczenia.
5. Doktorant mógł podzielić wykaz literatury na części zawierające artykuły naukowe, pozycje książkowe, akty prawne, strony internetowe i wykaz norm, którego zabrakło w tej części pracy. Dodatkowo w tym rozdziale występują pewne niedociągnięcia redakcyjne, związane z brakiem konsekwencji zapisu, np. zbędne przecinki po nazwisku autorów publikacji, brakujące kropki po roku wydania lub brakujące spacje po numerze czasopisma. W wykazie literatury brakuje również strony internetowej, która stanowi źródło rycin: 16 i 18.

6. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Jakuba Frankowskiego dotyczy naukowego zagadnienia, właściwego dla dyscypliny inżynieria rolnicza. Doktorant wykazał się wystarczającą wiedzą i umiejętnościami dojrzałego badacza, a uzyskane efekty mają istotne znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Uważam, że zamierzony cel został osiągnięty, a rezultaty badań pozwalają na stwierdzenie, że problem naukowy został rozwiązany w sposób oryginalny.

Uwzględniając powyższe uwagi, oceniam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Jakuba Frankowskiego spełnia wymagania *Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. Nr 65 z dn. 01.04.2003 r., poz. 595) i wnoszę o przyjęcie oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Ponadto, biorąc pod uwagę całość pracy, ilość wykonanych oznaczeń i pracochłonność ich opracowania, wnioskuję o wyróżnienie pracy doktorskiej.



/Artur Kraszkiewicz/