

Kraków 12.08.2020 r.

Dr hab. inż. Anna Szelaż-Sikora prof. UR  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki  
Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Frankowskiego

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

#### **1. Wprowadzenie**

Recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z dnia 22.06.2020. (pismo nr WRB-50/4000/2020). Rozprawa doktorska została wykonana w 2020r. na Wydziale Rolnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Maciej Zaborowicz, a promotorem pomocniczym prof. IWNiRZ, dr hab. Małgorzata Łochyńska.

#### **2. Formalna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa doktorska pt. „Potencjał energetyczny konopi siewnych (*Cannabis sativa* L.) odmiany Henola” napisana przez mgr inż. Jakuba Frankowskiego dotyczy ważnego i wciąż aktualnego problemu określenia wieloaspektowego potencjału energetycznego roślin energetycznych z uwzględnieniem ich wymagań agrotechnicznych, w tym przypadku na przykładzie konopi siewnych (*Cannabis sativa* L.) odmiany Henola.

Praca obejmuje łącznie 148 stron maszynopisu, w tym 34 tabel, 37 rycin i bibliografię oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Bibliografia jest obszerna, zawiera aż 321 pozycji. Należy podkreślić staranność przygotowania i sformatowania zamieszczonej bibliografii oraz fakt, że w bibliografii Autor pracy zamieścił i cytował aż 251 obcojęzyczne

pozycje. Godny podkreślenia jest także fakt, że praktycznie do wszystkich zamieszczonych pozycji bibliograficznych zostały zastosowane odsyłacze. Jednak ze względu na prowadzony rodzaj badań, należało również zamieścić w bibliografii wszystkie pozycje związane z normami PN-EN ISO na które Autor powołuje się w tekście (dotyczącymi m.in. oznaczenia ciepła spalania, podrozdział 4.4.4. Metodyka oznaczania ciepła spalania biomas, str. 61; itp.).

Na początku rozprawy korzystnie było by zamieścić wykaz ważniejszych oznaczeń, co znacznie ułatwiłoby potencjalnemu czytelnikowi identyfikację oznaczeń stosowanych w tekście.

Całość pracy jest podzielona na 8 rozdziałów numerowanych oraz 2 rozdziały nienumerowane: Streszczenie, Summary. W pracy zamieszczono spis tabel i rysunków oraz dwa aneksy. Układ pracy prawidłowy, z zachowaniem logicznego następstwa rozdziałów oraz właściwych ich proporcji, zgodny z ogólnie przyjętymi zasadami w tego typu pracach naukowych. Chociaż można dyskutować czy zamieszczenie tak obszernych aneksów było konieczne. Kolejność rozdziałów w pracy nie budzi wątpliwości, a przedstawione w nich zagadnienia wprowadzają stopniowo czytelnika w problematykę poruszaną w pracy doktorskiej.

Tytuł rozprawy został sformułowany poprawnie i zawiera wystarczającą ilość informacji o jej temacie. Praca zakończona dyskusją wyników i wnioskami wynikającymi z przeprowadzonych badań i analiz.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Praca podzielona została na 8 numerowanych rozdziałów. Po wprowadzeniu, zamieszczonym w rozdziale pierwszym zatytułowanym „Wstęp”, Autor dokonuje przeglądu piśmiennictwa związanego z tematyką swojej pracy. W podrozdziale 2.1. (rozdziału drugiego) począwszy od prawnych aspektów dotyczący biopaliw przedstawia potencjał produkcji i wykorzystania biomasy w skali światowej. Z kolei w podrozdziale 2.2. Doktorant dokonuje charakterystyki uwarunkowań uprawy i gospodarczych możliwości wykorzystania konopi, podkreślając przy tym niezbędne aspekty prawne oraz techniczno-technologiczne. Podsumowanie przeglądu piśmiennictwa stanowi podrozdział 2.2.2. który dotyczy przedstawienia problematyki związanej bezpośrednio z wykorzystaniem konopi w różnych gałęziach gospodarki. W tym miejscu Autor podkreśla możliwości zagospodarowania konopi na cele energetyczne.



Liczne odsyłacze nie tylko w przeglądzie literatury, ale w całej pracy zastały zastosowane prawidłowo i pozwalają stwierdzić, że Autor ma szerokie rozeznanie w poruszanej przez siebie tematyce rozprawy.

Na podstawie przeglądu literatury, w rozdziale 3, Doktorant przedstawia genezę oraz cel i zakres pracy. W oparciu o dokonany przegląd literatury (piśmiennictwa) w pierwszej kolejności Autor formułuje problem badawczy w formie pytania:

**Czy na podstawie doświadczeń agrotechnicznych i laboratoryjnych możliwe jest określenie potencjału energetycznego konopi siewnych odmiany Henola?**

Rozwinięcie do postawionego problemu badawczego są sformułowane przez Doktoranta pytania szczegółowe. Uzyskanie na nie odpowiedzi pozwala m.in. stwierdzić czy czynniki agrotechniczne mają największy wpływ na wysokość i jakość uzyskiwanych plonów oraz które fragmenty roślin nadają się do wykorzystania na cele energetyczne. Dopełnieniem są dwa ostatnie szczegółowe pytania, które bezpośrednio nawiązują do efektywności energetycznej konopi siewnych odmiany Henola.

Postawiony problem badawczy został prawidłowo i jasno sformułowany dla podjętego tematu pracy doktorskiej. Biorąc pod uwagę pytającą formę problemu badawczego, Autor rozprawy prawidłowo sformułowała następującą hipotezę badawczą:

**Możliwa jest identyfikacja optymalnej technologii uprawy i przetwarzania biomasy pod względem ilości pozyskanej energii.**

Aby zweryfikować hipotezę i rozwiązać oryginalny problem badawczy za cel pracy Doktorat przyjął **identyfikację wielkości energii uzyskiwanej z biomasy konopi siewnych odmiany Henola w zależności od sposobu jej przetworzenia.**

O ile treść głównego celu pracy zdaj się nie uwzględniać jednoznacznie aspektów agrotechnicznych uprawy konopi odmiany Henola, o tyle w zamieszczonym uszczegółowieniu w postaci przyjętych etapów realizacji celu, zostało to jasno i precyzyjnie zobrazowane.

Realizację celu pracy opisano szczegółowo zakładając realizację sześciu spójnych i logicznych wspomnianych etapów, które zakładały kolejno:

1. Opracowanie agrotechniki uprawy konopi odmiany Henola w zależności od kierunku wykorzystania plonu.
2. Określenie plonu słomy po zbiorze wiech i nasion, a także plonu nasion oraz wydajności oleju w fazie pełnej dojrzałości nasion.
3. Wyznaczenie ciepła spalania i obliczenie wartości opałowej słomy konopnej i oleju konopnego.

4. Określenie parametrów fizykochemicznych oleju konopnego, mających istotne znaczenie w celu określenia jego przydatności jako biokomponentu do paliw płynnych.
5. Określenie możliwości uzyskania bioetanolu II-generacji ze słomy konopnej pozostającej po odziarnieniu wiech.
6. Wyznaczenie wydajności biogazowej i metanowej biomasy konopnej stanowiącej odpad w różnych procesach przetwórczych.

Należy podkreślić, że w przyjętych przez Autora rozprawach założeniach można doszukać się także praktycznych efektów z osiągnięcia celu pracy. Aplikacyjnych walorów pracy należy upatrywać w opracowaniu nowej, efektywniej metody, umożliwiającej dobór takich działań agrotechnicznych, które w praktyce pozwalają pozyskać surowce roślinne o parametrach warunkujących oczekiwany potencjał energetyczny z upraw konopi siewnych odmiany Henola.

W rozdziale 4 zatytułowanym *Materiały i metody*, Doktorant przedstawił materiał badawczy i przebieg procesu badawczego. W pierwszej kolejności Autor przedstawił charakterystykę konopi odmiany Henola, gdzie dla lepszego zobrazowania na podstawie studium literatury, dokonał analizy porównawczej opisywanych cech w odniesieniu do innych odmian konopi.

Kolejne dwa podrozdziały dotyczą metodycznych aspektów z zakresu agrotechniki. Przyjęta przez Autora metodyka zakładała prowadzenie doświadczeń polowych mających na celu ocenę wpływu różnych dawek nawożenia mineralnego oraz terminu siewu i rozstawu rzędów na wysokość i jakość plonów konopi siewnych tej odmiany. Prowadzone działania metodycznie zakładały również uwzględnienie wpływu niezależnych atmosferycznych uwarunkowań pogodowych na wzrost i rozwój roślin.

Przyjęta metodyka zakładała przeprowadzenie analizy dla dwóch wariantów uprawy tj.: wariant I: uprawa odmiany Henola w celu pozyskania nasion na cele przemysłowe oraz wariant II: uprawa odmiany Henola w celu reprodukcji kwalifikowanego materiału siewnego. Oba warianty zakładały, że pozostała biomasa, stanowiąca odpad w analizowanym rodzaju produkcji rolniczej, została wykorzystana na cele energetyczne. Przyjęty zakres czasowy to 2016 oraz 2018-2019. Doktorat w tym miejscu wspomina że „W 2017 r., z przyczyn niezależnych, doświadczenia polowe nie zostały przeprowadzone” – nasuwa się pytanie dlaczego?

Podrozdziały 4.4-4.6 wraz z ich uszczegółowieniami, przedstawiają w bardzo szczegółowy sposób metodyczne aspekty określenia przydatności biomasy Henoli jako substratu do biopaliw:



stałych, ciekłych i gazowych. Przyjęte w tym zakresie założenia badawcze i obliczeniowe pozwalają na kompleksową analizę potencjału energetycznego badanego materiału roślinnego. Doktorant w skrupulatny sposób prezentuje właściwości badanych substratów wskazując na ich wady i zalety w zależności od docelowego przetwarzania na cele energetycznego (m.in. ryc. 30). Dbłość o wysoką jakość i kompleksowość przeprowadzonych badań daje się zauważyć „niemal na każdym kroku” czego dopełnieniem nich będzie jedno ze stwierdzeń Autora, który podkreśla pisząc: „*W celu zagwarantowania prawidłowego przebiegu produkcji biogazu przed rozpoczęciem procesu fermentacji metanowej konieczne było określenie parametrów startowych substratów tj. suchej materii i suchej materii organicznej słomy konopnej*”.

W dysertacji Autor prezentuje w sposób obrazowy stanowiska badawcze (m.in. ryc. 16, 18, 19 czy 23, 24, 25) oraz opisuje przebieg poszczególnych doświadczeń badawczych m.in. w postaci wzorów i równań.

Takie podejście daje czytelnikowi dobry ogólny obraz zagadnień badawczych i technicznych z jakimi należało się zetknąć w pracy, aby zrealizować założony cel i wykonać szereg badań, a następnie przystąpić do analizy uzyskanych wyników.

Przedstawione w tej części informacje i wzory wprowadzają stopniowo czytelnika w aspekty badawcze cech fizycznych i chemicznych substratów oraz aspekty obliczeniowe czynników które wpisują się w definicje potencjału energetycznego biomasy (m.in. ciepło spalania i wartość opałowa biomasy konopnej czy wydajność bioetanolu ze słomy konopnej, wydajność oleju z nasion konopi, wydajność biogazowa i metanowa substratu).

Zakres przyjętych założeń metodycznych należy uznać za właściwy i kompleksowy pozwalający na uzyskanie wyników niezbędnych do zrealizowania celu pracy.

Można mieć jedynie zastrzeżenia do informacji dotyczących przejętej metodyki obliczeń statycznych/ obliczeń weryfikacyjnych uzyskanych danych empirycznych – modeli neuronowych. W przyjętym przez Autora bardzo szczegółowym sposobie opisu poszczególnych elementów/etapów badań i obliczeń należało ten aspekt obliczeń opisać jako osobny podrozdział. Tym samym w sposób bardziej szczegółowy uzasadnić dlaczego wybrano tego rodzaju narzędzie, bo czy niekorzystnie było by w analizie weryfikacyjnej uwzględnić analizy statystyczne pozwalające określić m.in. istotność różnic w obrębie badanych zmiennych ilościowych i jakościowych (zmiennych zależnych i niezależnych)?

Uzyskane wyniki badań Autor konsekwentnie, tzn. zgodnie z celem głównym pracy i metodyką badań, przedstawił w rozdziale 5. *Wyniki badań i dyskusja* w formie rycin i tabel. Praktycznie przyjął podobny układ zamieszczania wyników w całym rozdziale tzn. rycia, bądź

ryciny i tabela badanych wartości oraz opis i dyskusja wyników. Kolejność prezentowanych wyników stanowi odzwierciedleniem założonego toku postępowania w przyjętej metodyce pracy. Za względu na dość obszerny zakres pracy do części szczegółowych wyników Autor odsyła czytelnika do stosowanego aneksu (aneks 1, aneks 2).

W rozdziale tym Doktorant porównuje uzyskane wyniki swoich badań z wynikami innych autorów prac o podobnym zakresie na poziomie krajowym jak i zagranicznym. Świadczy to o dużej wnikliwości badawczej Autora w poszukiwaniu optymalnych rozwiązań oraz świadomości że dobrą praktyką badawczą jest podejmowanie wszelkich prób weryfikacyjnych uzyskanych wyników badań własnych. Ocenia także uzyskane wyniki w kontekście założonej hipotezy badawczej.

Zdarza się jednak, jak to ma miejsce w przypadku wskaźnika nadwyżki bezpośredniej (str. 91) że analizowane wyniki nie zostały zweryfikowane w stosunku do uzyskanych danych przez innych autorów, a zamieszczony sposób obliczania bilansu budzi wątpliwości m.ni. ze względu na nie uwzględnienie dopłat bezpośrednich np. do powierzchni uprawy. Tym samym opracowany bilans nie może zostać bezpośrednio odniesiony do uwarunkowań praktycznych.

Reasumując, należy stwierdzić, że uzyskane przez Autora wyniki badań pozwoliły na zweryfikowanie i potwierdzenie założonej hipotezy badawczej. Rozprawa doktorska została zakończona podsumowaniem oraz 6 wnioskami, które ściśle wynikają z zaprezentowanych w pracy wyników badań oraz podkreślają zrealizowany, założony cel pracy. Uzyskane na podstawie badań wyniki oraz ich analizy mogą być przydatne w praktyce. W związku z tym, przedstawione w pracy niektóre stwierdzenia i wnioski można traktować jako zalecenia co do predyspozycji badanych surowców roślinnych w aspekcie ich wykorzystania na cele energetyczne. Jednak zalecenia te mogły być w pracy bardziej wyeksponowane z podkreśleniem i podaniem pewnych założeń ograniczających wykorzystanie badanych surowców roślinnych jak to ma miejsce w recenzowanej pracy w odniesieniu do wyników dotyczących oleju konopnego, jako biopaliwa. Autor jednoznacznie zaznacza, że „Uzyskane wyniki wskazują, że w warunkach klimatycznych Polski stosowanie czystego oleju konopnego jako biopaliwa w silnikach pojazdów mechanicznych, jest nieefektywne z uwagi na możliwość zamarznięcia płynu w czasie zimy i okresowych przymrozków”.

Chodzi o podkreślenie w pracy ewentualnych ograniczeń i sugestie związane potencjałem apikalności bezpośredniej uzyskanych zrównań do praktyki. Miałyby to wpływ na jeszcze większe walory użytkowe pracy.



Za godne podkreślenia należy zaznaczyć, że Doktorat na ostatnim etapie pracy tj. we wnioskowaniu jednoznacznie wskazuje dalsze kierunki badań.

#### 4. Uwagi i pytania

W trakcie recenzji pracy nasuwają się nieliczne następujące uwagi o charakterze, merytorycznym, formalnym i redakcyjnym oraz pytania:

- W metodyce badań (podrozdział 4.2) na stronie 50 podano informację, że „przeprowadzono doświadczenia polowe mające na celu poznanie wpływu rosnących gęstości wysiewu nasion konopi (20, 40 i 60 kg·ha<sup>-1</sup>) na wysokość i jakość plonów najbardziej perspektywicznego rodu IWN-P/08N (obecnie Henola)”, z kolei w tym samym podrozdziale na stronie 51 Doktorat pisze, że „Siewu nasion dokonano w II dekadzie kwietnia w ilości 50 kg·ha<sup>-1</sup> po uprzednim oznaczeniu ich siły kiełkowania i zaprawieniu. Pielęgnację mechaniczną wykonywano w miarę pojawiania się chwastów lub zaskorupienia gleby” – stąd pytanie: czy finalnie sprawdzono czy gęstość wysiewu na wpływ na poziom uzyskanej biomasy i nasion?
- W metodyce badań (podrozdział 4.2) na stronie 51 Autor pisze: „Nawozy, w tym azot w formie saletry amonowej, wysiewano oddzielnie na każde poletko, bezpośrednio przed siewem.” Natomiast następne zdanie brzmiące: „Połowa dawki azotu była stosowana przed siewem, a druga – pogłównie, przed formowaniem się kwiatostanów.” sugeruje że dawka azotu była dzielona - co było by zadane agrotechnicznie.
- Na stronie 52 Doktorat pisze, że „tym pobrano próby nasion (średnia z każdych 3 powtórzeń – razem 600 g) oraz słomy (średnia z każdych 3 powtórzeń – razem 1 kg). Oznaczono zawartość suchej materii i suchej materii organicznej w słomie oraz w nasionach. Próby nasion i słomy stanowiły surowiec do wykonania analiz parametrów fizycznych i chemicznych mających na celu ocenę przydatności biomasy konopi odmiany Henola jako substratu do produkcji biopaliw stałych, ciekłych i gazowych” – nasuwa się pytanie czy pobrana masa nasion i słomy była wystarczająca do wykonania wszystkich analiz z zakresu potencjału energetycznego w odniesieniu do objętej analizą produkcji biopaliw.
- Na stronie 54 odnotowany nielogiczny spójnik, Autor pisze: „zajmujących się **na w** codziennej praktyce niniejszym zagadnieniem”.
- W metodyce badań (podrozdział 4.3) na stronie 56 Autor pisze: „ Koszty produkcji biomasy na cele energetyczne określono na podstawie uproszczonej kalkulacji nadwyżki

*bezpośredniej*” – przyjęcie takiego założenia wydaje się być dużym uproszczeniem w stosunku do szacowania kosztów pozyskania biomasy na cele energetyczne. Przyjmuje się bowiem że koszty pozyskania biomasy na cele energetyczne oblicza się jako ilość procesów jakie musimy wykonać aby otrzymać biomasę o odpowiednich parametrach np. uzyskanie odpowiedniej wilgotności.

Nawiązując do uwagi ogólnej zamieszczonej w niniejszej recenzji we wcześniejszym jej fragmencie, proszę powołując się na wiarygodne źródła literaturowe zdefiniować wskaźnik nadwyżki *bezpośredniej* oraz przybliżyć postępowanie przy obliczaniu kosztów produkcji wybranego biopaliwa.

- Uwaga natury stylistycznej: na stronie 57 Autor pisze: *"rozdrobiono za pomocą elektrycznego młynka do kawy"* właściwie było by użyć może sformułowania: „Młynka laboratoryjnego bijakowego” młynek do kawy wydaje się być kolokwializmem który w rozprawie doktorskiej nie powinien się znaleźć.
- Na stronie 57 Doktorat pisze: *„Ze względu na znaczną zawartość struktur lignocelulozowych, które w głównej mierze determinują możliwość mechanicznej obróbki biomasy [Lalak i in., 2014; Grala i in., 2014], konieczne było przesianie próby na sicie o wielkości oczek wynoszących 2 mm”*. – proszę doprecyzować czy do dalszych badań wykorzystano frakcję nad czy pod sitową oraz jaki był cel przesiewania rozdrobnionej frakcji.
- W metodyce badań (podrozdział 4.6.2) na stronie 72 Autor pisze: *„W reaktorach fermentacyjnych umieszczono próbki substratów organicznych wraz z zaszczepką”* – pytania: Skąd pochodził inoculum i w jakiej ilości był dodawany, jakie było obciążenie komór fermentacyjnych czyli jaki procent suchej masy pochodzenia ze słomy konopnej był w fermentorze.
- Czy zadanie ze strony 108: *„Zatem proces ten wymagał o wiele większego nakładu energii, w porównaniu z otrzymaniem oleju konopnego tłoczonego na zimno, a co więcej wartość opałowa takich biopaliw”* nie powinno się kończyć np. sformułowaniem „była mniejsza”? w obecnej postaci wydaje się być niedokończone.
- Zapoznając się z przedstawioną w pracy analizą temperatury zapłonu oleju konopnego (str. 108), nasuwa się pytanie, czy Doktorant wykonał biopaliwo na bazie oleju konopnego i przeprowadzał oznaczenia omawianych parametrów czy te parametry zostały oznaczone dla oleju surowego z konopi. Pytanie jest efektem przeprowadzonej przez



Autora dyskusji wyników w odniesieniu do uzyskanych rezultatów parametrów biopaliw przez innych autorów.

- Rycina 34, proszę doprecyzować przy jakim ciśnieniu była mierzona objętość biogazu - na rysunku jednostki tego nie uwzględniają.
- Proszę doprecyzować analizę wyników zamieszczonych na rycinie 35, czyli proszę wyjaśnić dlaczego w 20 dobie wystąpił duży przyrost biogazu? czym to było spowodowane?
- Zamieszczone w pracy wyniki pozwalają zastosować istniejące analizy statystyczne które pozwoliłyby określić istotność różnic, jednorodność grup, siłę współzależności w obrębie analizowanych wyników/zmiennych, co potwierdziłoby jednoznacznie końcowe wnioski.

## 5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując, należy stwierdzić, że rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Frankowskiego pt. „Potencjał energetyczny konopi siewnych (*Cannabis sativa* L.) odmiany Henola” stanowi problem naukowy i mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Jednocześnie stwierdzam, że cel pracy został w pełni zrealizowany a hipoteza pozytywnie zweryfikowana. Logiczna i spójna całość rozważań oraz prezentacja ich wyników pozwala stwierdzić, że rozprawa spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim wynikającym z ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskim i habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu naukowego. Fakt ten upoważnia mnie do zgłoszenia wniosku do Rady Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o wszczęcie dalszej procedury w przewodzie doktorskim oraz dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

