



UNIwersytet
WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE
WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII

INSTYTUT INŻYNIERII I OCHRONY ŚRODOWISKA
KATEDRA INŻYNIERII ŚRODOWISKA

dr hab. inż. Joanna Rodziewicz, prof. uczelni

Olsztyn, dnia 20.08.2022 r.

Katedra Inżynierii Środowiska

Wydział Geoinżynierii

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

w Olsztynie

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Pudelko

pt.: „Ocena możliwości zagospodarowania odpadów z tworzyw biodegradowalnych powstałych w wyniku uprawy roślin za pomocą kompostowania”

1. Podstawy formalne sporządzenia recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Pudelko przygotowana została na zlecenie Kierownika Dyscypliny naukowej Inżynieria środowiska, górnictwa i energetyka Politechniki Częstochowskiej, Pani dr hab. inż. Iwony Zawiei, prof. PCz. (pismo R.WIIS.BOD.4.2022.3), na podstawie przedłożonego maszynopisu pracy - mgr inż. Agnieszki Pudelko, „Ocena możliwości zagospodarowania odpadów z tworzyw biodegradowalnych powstałych w wyniku uprawy roślin za pomocą kompostowania”, Wydział Infrastruktury i Środowiska, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2022.

2. Ocena trafności wyboru tematyki pracy

W rolnictwie tworzywa sztuczne stosowane są przede wszystkim do wspierania technologii ściółkowania, budowy szklarni, tuneli foliowych, produkcji folii do kiszzonek oraz instalacji nawadniających. W Europie rocznie zużywa się ponad 500 tys. ton folii rolniczych. Ponad połowa wszystkich folii produkowana jest z polietylenu. Folia wykorzystywana jest głównie do ściółkowania, co wpływa na zwiększenie efektywności uprawy roślin, ale



WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII
UNIwersytet WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE
ul. Warszawska 117A, 10-950 Olsztyn
tel. (89) 523 56 05 kissekretariat@uwm.edu.pl



równocześnie przyczynia się do powstawania odpadów tworzyw sztucznych. Rocznie w Europie powstaje około 1,5 mln ton odpadów tworzyw sztucznych pochodzących z rolnictwa.

Klasyczne folie z tworzyw sztucznych po procesie wegetacji i zbiorach należy usunąć z pola i poddać recyklingowi, co wiąże się z wysokimi kosztami zbierania, mycia (folia taka może zawierać nawet do 50% masy zanieczyszczeń), transportu i przetwarzania. Zastosowanie folii biodegradowalnych powoduje, że po zbiorach może być ona zaorana razem z pozostałościami roślinnymi, co przyczyni się do intensyfikacji procesu biodegradacji z jednoczesnym użyciem gleby albo może być poddana procesowi kompostowania.

W związku ze wzrostem zużycia folii rolniczej w uprawie roślin i zaletami stosowania folii biodegradowalnych zasadne jest podjęcie badań nad możliwością zagospodarowania odpadów folii biodegradowalnych w procesie kompostowania.

W tym kontekście tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Pudełko wpisuje się w nurt badań dotyczących sposobów rozwiązania problemu powstawania i zagospodarowania odpadów z konwencjonalnych tworzyw sztucznych poprzez zastąpienie ich biodegradowalnymi odpowiednikami. W mojej ocenie problematyka pracy jest aktualna i istotna z punktu widzenia inżynierii środowiska.

3. Ocena struktury pracy

Recenzowana praca doktorska liczy 166 stron i zawiera 69 rysunków oraz 27 tabel. Bibliografia obejmuje 122 pozycje literaturowe, w tym 98 prac naukowych anglojęzycznych, 14 stron internetowych oraz jedną normę prawną. Dysertację rozpoczyna spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń oraz wykaz stosowanych terminów i pojęć. We *Wstępie* Doktorantka wyjaśnia przyczyny podjęcia badań będących tematem niniejszej rozprawy. Kolejny rozdział to przegląd literatury, w którym omówiony został obecny stan wiedzy na temat tworzyw sztucznych i biodegradowalnych oraz ich zastosowania w uprawie roślin. Następna część pracy obejmuje cel i zakres pracy, część doświadczalną, metodykę badań, wyniki badań, ich dyskusję oraz podsumowanie i wnioski. Pracę zamyka spis literatury, spis tabel i rysunków.

Praca składa się z ośmiu rozdziałów. Moim zdaniem przyjęta struktura pracy jest





czytelna oraz kompletna.

Wstęp – to 1,5 stronicowe wprowadzenie do tematu pracy oraz próba zwrócenia uwagi na znaczenie problemu utylizacji folii z tworzyw sztucznych wykorzystywanych w rolnictwie.

Rozdział 2 – *Część literaturowa* – składa się z sześciu podrozdziałów i jest teoretycznym wprowadzeniem do przedmiotu pracy, obejmującym 35 stron (co stanowi około 21 % objętości pracy). Pierwszy podrozdział dotyczy tworzyw sztucznych, ich cyklu życia oraz wielkości zużycia. W podrozdziale drugim zostały scharakteryzowane tworzywa sztuczne stosowane w uprawie roślin, powstające w rolnictwie odpady z tworzyw sztucznych w tym w produkcji pomidorów szklarniowych, negatywny ich wpływ na środowisko oraz sposoby zagospodarowania folii odpadowej po procesie ściółkowania. W kolejnym podrozdziale Doktorantka omówiła tworzywa biodegradowalne, produkty i dodatki wykorzystywane do wytwarzania folii i akcesoriów do uprawy roślin, wymagania prawne stawiane foliom biodegradowalnym do ściółkowania oraz materiały i akcesoria stosowane do uprawy roślin. Podrozdział czwarty to charakterystyka folii biodegradowalnych stosowanych do ściółkowania oraz korzyści i ograniczenia w ich stosowaniu do uprawy roślin. Następny podrozdział przedstawia czynniki ekonomiczne związane z produkcją folii biodegradowalnych oraz koszty zakupu akcesoriów używanych w uprawie roślin. W podrozdziale szóstym mgr inż. Agnieszka Pudełko podsumowuje obecny stan wiedzy na temat tworzyw sztucznych i biodegradowalnych.

W rozdziale 3 – *Cele i zakres pracy* – Doktorantka zdefiniowała następujący cel pracy:

„Głównym celem pracy była ocena możliwości zagospodarowania odpadów z tworzyw biodegradowalnych, tj. biodegradowalnych folii do ściółkowania i akcesoriów do uprawy roślin, za pomocą kompostowania wraz z pozostałościami roślinnymi”.

Oraz na podstawie aktualnego stanu wiedzy postawiła następujące tezy:

„Wybrane materiały, takie jak biowęgiel otrzymany z biomasy drzewnej oraz węglan wapnia, mogą stanowić wypełnienie biokompozytu do produkcji biodegradowalnych folii do ściółkowania i akcesoriów wykorzystywanych w uprawie roślin i nie wpłyną na pogorszenie właściwości mechanicznych otrzymanych kompozytów”.

„Odpady stanowiące zużytą folię do ściółkowania oraz akcesoria do uprawy roślin, takie jak zapinki i luki podtrzymujące, mogą być skutecznie zagospodarowane za pomocą kompostowania.”





Rozdział 4 – *Część badawcza* – składa się z trzech podrozdziałów. W pierwszym podrozdziale w sposób szczegółowy opisano materiały (polimery biodegradowalne) oraz napełniacze (węglan wapnia, czarny pigment i biowęgiel) wykorzystane do produkcji folii biodegradowalnych a także materiały wykorzystane do produkcji akcesoriów biodegradowalnych. W kolejnym podrozdziale została scharakteryzowana produkcja folii biodegradowalnych, a w następnym produkcja akcesoriów biodegradowalnych stosowanych w uprawie roślin oraz koszty ich produkcji.

W rozdziale 5 – *Metodyka badań* – Doktorantka w sposób szczegółowy przedstawiła metodykę badań właściwości mechanicznych, termicznych oraz strukturalnych folii i akcesoriów biodegradowalnych, omówiła sposób prowadzenia badania podatności na biodegradację folii i akcesoriów w procesie kompostowania laboratoryjnego i przydomowego.

Obszerną część pracy stanowi rozdział 6 – *Wyniki badań* (31% jej objętości). Doktorantka określiła właściwości mechaniczne (wytrzymałość na rozciąganie) folii biodegradowalnych: folii bez dodatków, folii z dodatkiem 20% węglanu wapnia i z dodatkiem 5% czarnego pigmentu oraz folii z tworzyw sztucznych a także wpływ kompostowania na właściwości termiczne folii i akcesoriów biodegradowalnych. Poza tym Autorka przeprowadziła analizę chemiczną folii biodegradowalnej z dodatkiem czarnego pigmentu oraz łuków biodegradowalnych z dodatkiem biowęgla a także badania ich biodegradacji w procesie kompostowania w warunkach przemysłowych i domowych. W celu określenia stopnia zagrożenia dla środowiska, wynikającego z zanieczyszczenia gleby odpadami z tworzyw biodegradowalnych, zostały przeprowadzone testy fitotoksyczności. Polegały one na analizie kiełkowania gorczycy, pszenicy i rzeżuchy na podłożach z kompostem po biodegradacji folii i łuków. Doktorantka określiła podatność na rozkład folii i akcesoriów po procesie kompostowania laboratoryjnego. Został określony ubytek masy badanych folii i akcesoriów oraz wybrane właściwości (gęstość nasypowa, pH, konduktywność, procentowa zawartość wody, substancji organicznych, węgla organicznego i azotu organicznego oraz stosunek C:N) mieszanki kompostowej przed i po kompostowaniu. Wyniki badań zostały wzbogacone o dokumentację fotograficzną.

Dyskusję wyników badań przedstawiono w rozdziale 7, liczącym 9 stron. Merytoryczną część rozprawy zamykają rozdziały *Podsumowanie* i *Wnioski*.





UNIwersytet
WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE

WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII

INSTYTUT INŻYNIERII I OCHRONY ŚRODOWISKA
KATEDRA INŻYNIERII ŚRODOWISKA

Pracę kończy rozdział *Literatura* obejmujący 122 pozycje anglojęzyczne, przedstawione w porządku alfabetycznym (poza jedną wszystkie pochodzą z ostatniego dziesięciolecia), *Spis zamieszczonych tabel*, *Spis zamieszczonych rysunków*. W pracy zastosowano system harwardzki cytowania piśmiennictwa. Zgodnie z tym systemem spis literatury szereguje się w układzie alfabetycznym według nazwisk autorów lub według tytułów prac zbiorowych, ale nie należy numerować poszczególnych pozycji bibliograficznych tak jak to zrobiła w pracy Doktorantka. Poza tym w spisie literatury znajduje się tylko jedna cytowana norma, a Autorka w pracy powoływała się na jeszcze inne normy, na przykład dwukrotnie na stronie 36 i 38.

4. Ocena merytoryczna

Przedmiotem badań, będących podstawą przygotowania rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Pudelko, było określenie możliwości zagospodarowania odpadów z tworzyw biodegradowalnych w procesie kompostowania. Badaniom poddano folię biodegradowalną wyprodukowaną w „Marma Polskie Folie” z Rzeszowa oraz akcesoria biodegradowalne wytworzone w laboratorium Katedry Technologii i Automatyzacji Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki. W celu obniżenia kosztów produkcji do ich wytwarzania zastosowano wybrane wypełniacze (węglan wapnia i czarny pigment).

Wysoko oceniam wybór przedmiotu badań, kompleksowe podejście do problemu powstawania i zagospodarowania odpadów z konwencjonalnych tworzyw sztucznych. Należy podkreślić, że tytuł pracy, jej cel oraz hipotezy badawcze zostały poprawnie sformułowane, a wyszczególnione przez Autorkę na stronie 51 zadania badawcze, stanowiące zakres pracy umożliwiły realizację wskazanego przez Doktorantkę celu.

Przegląd literatury stanowi logiczne wprowadzenie do zagadnień, będących przedmiotem pracy.

W rozdziałach *Część badawcza* i *Metodyka badań* szczegółowo opisano sposób produkcji folii i akcesoriów biodegradowalnych, metodykę badań fizycznych i chemicznych. Dobór metod badawczych oceniam jako właściwy i wystarczający do realizacji celu pracy. Moim zdaniem brakuje analizy statystycznej uzyskanych wyników.



WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII
UNIwersytet WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE
ul. Warszawska 117A, 10-950 Olsztyn
tel. (89) 523 56 05 klssekretariat@uwm.edu.pl



Doktorantka wykazała, że folie i akcesoria biodegradowalne mogą być wykorzystane do ściółkowania w uprawie roślin a następnie utylizowane w procesie kompostowania, co może wpłynąć na ograniczenie zużycia surowców ropopochodnych do produkcji konwencjonalnych folii z tworzyw sztucznych i problemu zagospodarowania ich odpadów. Zastosowanie napelniaczy w postaci węgla wapnia i sadzy przyczynia się do obniżania kosztów produkcji folii a zastosowanie biowęgla jako napelniacza do produkcji akcesoriów biodegradowalnych może obniżyć koszty produkcji w skali przemysłowej. Przeprowadzona przez Autorkę analiza kosztów wykazała, że koszt produkcji folii i akcesoriów biodegradowalnych może być niższy niż koszt zagospodarowania odpadów pochodzących ze zużytych folii i akcesoriów z tworzyw sztucznych. Poza tym zastosowanie jako napelniacza czarnego pigmentu do produkcji folii biodegradowalnej ogranicza wzrost chwastów podczas uprawy pomidorów a węgla wapnia przyspiesza degradację folii i może pozytywnie wpływać na jakość gleby. Przeprowadzone badania nie wykazały fitotoksyczności względem testowanych roślin.

Dyskusja zaprezentowana przez Doktorantkę jest poprawna i poparta argumentami bazującymi na wynikach prezentowanych w literaturze przedmiotu. *Podsumowanie i wnioski* zawierają wykaz najistotniejszych osiągnięć pracy.

Równoległe z pozytywną oceną pracy nasuwają się następujące pytania:

1. Na czym polegały trudności podczas próby wyprodukowania folii z dodatkiem biowęgla?
2. Czy nie było możliwe wyprodukowanie wszystkich przyjętych do badań rodzajów folii (CUT1, CUT2 i CUT3) o takiej samej grubości oraz przyjęcie do celów porównawczych folii z tworzyw sztucznych również o takiej samej grubości?
3. Czym się kierowano przyjmując procentowe wartości dodatku węgla wapnia (20%) i dodatku czarnego pigmentu (5%)?
4. Jakie inne dodatki można zastosować jako napelniacze do produkcji folii i akcesoriów biodegradowalnych i jakie by były korzyści ich zastosowania?
5. Czy utrudnienie przedostawania się promieni słonecznych było jedyną przyczyną ograniczenia wzrostu chwastów podczas uprawy pomidorów po zastosowaniu folii





CUT3? Czy wzięto pod uwagę wyniki badań fitotoksyczności podłoża z folią CUT3 podczas interpretacji uzyskanych rezultatów?

6. Jakie rozwiązania powinien wprowadzić zdaniami Doktorantki polski ustawodawca, by zachęcić producentów produktów rolnych do zastępowania klasycznych folii z tworzyw sztucznych foliami biodegradowalnymi?

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy stwierdzam, że uwagi zamieszczone powyżej nie wpływają na ogólną, pozytywną opinię rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Pudelko. Dysertacja zawiera obszerny materiał eksperymentalny, uporządkowany i zaprezentowany w sposób zrozumiały. Należy podkreślić duży nakład pracy i czasu związany z przeprowadzeniem badań, a także ich aplikacyjny charakter.

5. Uwagi szczegółowe

Praca jest dość starannie przygotowana pod względem redakcyjnym, jednak Autorka nie ustrzegła się pewnych błędów. Występują błędy ortograficzne: „nieodkształcania” – strona 38, cząstkę *nie* z rzeczownikami pisze się łącznie, nawet gdy rzeczownik pochodzi od czasownika; *nie* z imiesłowami przymiotnikowymi czynnymi i biernymi pisze się razem, w pracy jest oddzielnie: powinno być „nieulegające” a nie „nie ulegające” – strona 13, 51, „nieokrytej” a nie „nie okrytej” (str. 44), „niemodyfikowanej” a nie „nie modyfikowanej” (str. 55), „nieprzekraczającym” a nie „nie przekraczającym” (str. 99), „niepokrytych” a nie „nie pokrytych” (str. 130).

Poza tym, jeśli wskazujemy między rzeczami podobieństwa oraz różnice, to *porównujemy coś z czymś*. Jeśli natomiast pokazujemy podobieństwa między rzeczami, to *porównujemy coś do czegoś*. Dlatego według mnie na stronie 39, 44, 46, 47, 50, 104, 106, 112, 130, 132, 137, 139-146 powinno być użyte sformułowanie „*porównanie coś z czymś*” zamiast „*porównanie coś do czegoś*”.

Autorka nie ustrzegła się także błędów językowych i stylistycznych, które wpływają na czytelność przekazu np.: „ulegają rozłożeniu do składników monomerycznych lub polimerycznych, w tym biomasę, wodę i dwutlenek węgla” (str. 11), „ponieważ ich rozkład trwa dłużej lub w innych warunkach” (str. 12), „ma niski koszt” (str. 34), „biowęgiel może mieć zdolności do remediacji” (str. 34), „...przyczynia się do powstawania znacznych obciążeń na





środowisko, które obejmują...” (str. 136), „... które następnie poddano badaniom, tj. właściwości mechanicznych, ...” (str. 136).

Prace naukowe pisze się stosując formy bezosobowe, nie powinno się pisać w pierwszej osobie tak jak to zrobiła Doktorantka na stronie 21 – „możemy”.

Moim zdaniem cztery pozycje literaturowe ze spisu literatury nie zostały zacytowane w tekście pracy: Calisti i in. (2020), di Mola i in. (2021), Wang i in. (2021) oraz Wojnowska i in. (2020).

Pozostałe uwagi:

- błędy interpunkcyjne –stawianie przecinka przed „oraz” (str. 18, 28, 37)
- ostatnie zdanie podrozdziału 2.2.2 jest napisane dwukrotnie,
- wyrażenie „długi okres czasu” (str. 23) to pleonazm, czyli związek wyrazowy, w którym jedna część wypowiedzi zawiera te same treści, które występują w drugiej części; powinno być albo „długi okres”, albo „długi czas”,
- pozycji literaturowej (Bhoomika i in., 2019) cytowanej na stronie 30 nie ma w spisie literatury,
- na rysunku 8 powinny być także objaśnienia w języku polskim,
- na końcu tytułów rysunków i tabel nie stawia się kropek,
- jeżeli autor pracy jest także autorem rysunku czy tabeli, to w tytule nie podaje się informacji: „źródło własne” jak to zrobiła Doktorantka w przypadku tabeli 2,
- strona 39 zamiast „w Holandii” powinno być „w Niderlandach” - nazwa Holandia została zastąpiona z dniem 1 stycznia 2020 przez nazwę Niderlandy,
- na stronie 42 powinno być Kliem i in. (2020) a nie Klim i in. (2020),
- błędy w numeracji stron: powtórzona strona 49, 50 i 51.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska stanowi wartościowe opracowanie naukowe, a wyniki badań w sposób znaczący poszerzają stan wiedzy dotyczącej sposobów zagospodarowania odpadów z tworzyw biodegradowalnych.





UNIwersytet
WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE
WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII

INSTYTUT INŻYNIERII I OCHRONY ŚRODOWISKA
KATEDRA INŻYNIERII ŚRODOWISKA

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Pudelko pt.: „Ocena możliwości zagospodarowania odpadów z tworzyw biodegradowalnych powstałych w wyniku uprawy roślin za pomocą kompostowania” spełnia warunek, o którym mowa w art.13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (tekst jednolity Dz.U. z 2017 r. poz. 1789 z późn. zm.) dla kandydatów ubiegających się o nadanie stopnia naukowego doktora. Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a Doktorantka wykazała się wiedzą teoretyczną w zakresie dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wniosuję zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Środowiska, górnictwa i energetyki na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej **o dopuszczenie mgr inż. Agnieszki Pudelko do dalszych etapów postępowania kwalifikacyjnego o nadanie stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.**

Joanna Rodziewicz

dr hab. inż. Joanna Rodziewicz, prof. uczelni



WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII
UNIwersytet WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE
ul. Warszawska 117A, 10-950 Olsztyn
tel. (89) 523 56 05 kissekretariat@uwm.edu.pl