



UNIWERSYTET ROLNICZY
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

Dr hab. inż. Urszula Malaga – Toboła, prof. Uczelni
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki
Katedra Inżynierii Produkcji Logistyki i Informatyki Stosowanej
ul. Balicka 116B; 30-149 Kraków
tel. 12 662 46 18
e-mail: urszula.malaga-tobola@urk.edu.pl

Kraków, 19.05.2021 r.

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
MGR INŻ. PATRYKA MACIEJA KOSOWSKIEGO
PT. „PRZYDATNOŚĆ KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH
STABILIZOWANYCH OZONEM DO NAWOŻENIA WYBRANYCH GATUNKÓW
ROŚLIN UPRAWNYCH”**

1. WPROWADZENIE

Recenzję przedłożonej rozprawy doktorskiej wykonano na zlecenie Rektora Uniwersytetu Rzeszowskiego oraz Prorektora ds. Kolegium Nauk Przyrodniczych w Rzeszowie z dnia 19 marca 2021 r.

Rozprawa została wykonana w 2021 r. w Zakładzie Chemii i Toksykologii Żywności Uniwersytetu Rzeszowskiego, pod promotorskim kierownictwem dra hab. inż. Macieja Balawejdera, prof. UR oraz promotora pomocniczego – dr Małgorzaty Szostek.

2. FORMALNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska mgr inż. Patryka Macieja Kosowskiego nosi tytuł „Przydatność komunalnych osadów ściekowych stabilizowanych ozonem do nawożenia wybranych gatunków roślin uprawnych”.



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

Obejmuje łącznie 132 strony maszynopisu formatu A4 i składa się z 6 numerowanych rozdziałów, w tym Wstęp i Literatura oraz nienumerowanego Aneksu do pracy, Spisu rycin i tabel, a także Streszczenia w j. polskim i angielskim. Układ pracy prawidłowy, z zachowaniem logicznego następstwa rozdziałów oraz właściwych ich proporcji, zgodny z ogólnie przyjętymi zasadami w tego typu pracach naukowych. Praca zawiera 14 tabel i 58 rycin. W rozprawie zamieszczono 237 pozycji literatury, w tym 65 obcojęzycznych, 7 aktów prawnych oraz 10 Polskich Norm.

Rozprawa napisana jest formalnie poprawnie i w sposób zrozumiały. Strona graficzna i redakcyjna oraz stosowane wyrażenia i definicje z zakresu rolnictwa nie budzą większych zastrzeżeń.

Tytuł rozprawy został sformułowany poprawnie i zawiera wystarczającą ilość informacji o jej temacie. Pracę zakończono wnioskami wynikającymi z przeprowadzonych badań i analiz.

3. OCENA ROZPRAWY

3.1. Ocena celowości podjęcia tematu

Zgodnie z tytułem rozprawy, Doktorant podjął aktualny dla nauki i praktyki rolniczej problem badawczy, dotyczący możliwości zastosowania komunalnych osadów ściekowych po procesie ozonowania, do nawożenia wybranych gatunków roślin uprawnych. Autor w swoich badaniach skupił się na analizie mikrobiologicznej, fizycznej, fizykochemicznej i chemicznej osadów ściekowych, stabilizowanych ozonem w reaktorze przeciwpładowym i podjął próbę oceny ich wpływu na wzrost i rozwój wybranych roślin uprawnych. W tym miejscu należy podkreślić, że Doktorant był współtwórcą reaktora wykorzystanego do badań.

Wzrost ilości komunalnych osadów ściekowych powoduje, że stają się one problemem ważnym społecznie, ekologicznie i technicznie, który przy złych rozwiązaniach może zagrażać bezpieczeństwu sanitarnemu kraju, a ich utylizacja termiczna jest bardzo kosztowna. Zatem ich rolnicze wykorzystanie, wydaje się być najbardziej racjonalne. Roślinność bowiem nie tylko wykorzystuje zawarte w nich składniki pokarmowe, ale również oczyszcza glebę, traktowaną osadem z metali ciężkich i innych zanieczyszczeń. Należy jednak podkreślić istotę właściwości osadów, aby można je było bezpiecznie stosować.



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

Ze względu na wysoką wartość nawozową, niski koszt materiału, coraz mniejsze odległości od dostawcy osadu do miejsca zastosowania, a jednocześnie rosnącą ich ilość, **uważam podjęty przez mgr inż. Patryka Kosowskiego temat rozprawy doktorskiej za bardzo aktualny, ważny oraz poszerzający zasób wiedzy w zakresie podjętej problematyki.**

Ponadto, mimo licznych opracowań obejmujących tematykę zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych dla celów rolniczych, w literaturze brak jest opracowań, w których zajęto by się szczegółowo ich wpływem po procesie ozonowania, na przyswajalność przez rośliny składników nawozowych w nich zawartych. Zatem **cel pracy, którym było „wykazanie możliwości wykorzystania komunalnych osadów ściekowych ustabilizowanych w wyniku procesu ozonowania do nawożenia wybranych gatunków roślin uprawnych” oraz problemy badawcze, pozwalające na jego realizację, uważam za poprawnie, jasno i prawidłowo sformułowane dla podjętego tematu pracy doktorskiej.**

Należy podkreślić, że przedstawiona praca, oprócz aspektów poznawczych, ma również charakter praktyczny. Bowiem wyniki przeprowadzonych badań empirycznych mogą być wykorzystane w praktycznych działaniach gospodarstw rolnych.

3.2. Ocena metodologiczna

Rozprawę z metodologicznego punktu widzenia oceniam pozytywnie. Niemniej jednak kieruję pewne uwagi dyskusyjne w kwestii szczegółowości opisu przeprowadzenia procesu optymalizacji ozonowania zawartego w rozdziale Materiał i metody, a także problemu badawczego, który nie został w pracy wyraźnie sformułowany, podobnie jak zakres badań empirycznych.

Pewne luki w stanie wiedzy z zakresu bezpiecznego i efektywnego rolniczego wykorzystania komunalnych osadów ściekowych, po procesie ozonowania, były powodem do ustalenia hipotezy badawczej, której wyjaśnienie pozwoliło na uzupełnienie tych wiadomości. Hipoteza merytoryczna zakłada, że nawożenie osadem ściekowym stabilizowanym ozonem, wpływa na intensywność przyswajania przez rośliny składników pokarmowych w nim zawartych, tym samym przyczynia się do lepszego ich wzrostu i rozwoju. Zakłada również, że nawozowe wykorzystanie osadów ściekowych nie będzie powodowało nadmiernej bioakumulacji metali ciężkich w biomase nadziemnej.



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

W celu weryfikacji hipotezy ustalono cel badań, którym było opracowanie metody stabilizowania osadów ściekowych ozonem, a następnie wykazanie możliwości zastosowania powstałego produktu do nawożenia gleb.

Cel pracy realizowano 3-etapowo. Etap pierwszy obejmował budowę reaktora, w którym przeprowadzano ozonowanie osadu pobieranego w 2-miesięcznych odstępach czasowych w ciągu 2018 r., przez okres 15, 30, 45 i 60 minut. W etapie drugim określono przydatność procesu ozonowania do stabilizacji komunalnych osadów ściekowych. Natomiast w etapie trzecim dokonano oceny wpływu zróżnicowanych dawek tego produktu na wzrost i rozwój wybranych roślin, tj. kukurydzy i pszenicy.

Zauważamy więc wyraźny związek między tematem rozprawy, a postawioną hipotezą badawczą i celem pracy. Na podstawie uzyskanych wyników badań empirycznych można stwierdzić, że cel pracy został osiągnięty, tym samym potwierdzono postawioną hipotezę.

Zakres badań empirycznych obejmujący:

- analizę danych uzyskanych w wyniku przeprowadzenia trójczynnikiowych doświadczeń wazonowych, gdzie za zmienne przyjęto termin poboru, dawkę oraz rodzaj osadu,
- analizę osadu ściekowego, materiału glebowego oraz materiału roślinnego z wykorzystaniem metod laboratoryjnych,
- analizę statystyczną, tj. trójczynnikiową analizę wariancji z wykorzystaniem testu Tukey'a, jak również dobór metod badawczych, wykorzystanych do opracowania niniejszej rozprawy, należy uznać za właściwy oraz przedmiotowo i czasowo poprawny.

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w trzech seriach, wykorzystując osad ściekowy pobrany losowo wiosną, latem i jesienią, ozonowany przez 60 min. Każdy wariant doświadczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Uzyskane wyniki badań i analiz obejmowały:

- sposób i wyniki optymalizacji procesu ozonowania,
- parametry i właściwości fizyczno-chemiczne osadów nieozonowanych i ozonowanych, wykorzystanych do doświadczeń wazonowych,
- charakterystykę gleby, tj. właściwości fizyczne, chemiczne, fizykochemiczne oraz biologiczne, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska,



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

- wpływ zastosowanych osadów ściekowych na wzrost, rozwój i skład chemiczny kukurydzy i pszenicy. W tym celu Doktorant dokonał analizy suchej masy, zawartości chlorofilu, a także składu chemicznego nadziemnych części roślin, w zależności od zastosowanych osadów ściekowych, ich dawki i terminu poboru.

Doktorant przeprowadził również analizę statystyczną, pozwalającą określić wzajemne relacje między badanymi czynnikami.

Literatura przedmiotu stanowi bogaty zbiór 237 materiałów zwartych, w tym aktów prawnych oraz Polskich Norm. Aktualność rozważanego problemu wymagała pozyskania w miarę nowych pozycji literatury oraz dokumentacji prawnej, dotyczącej nawozów i nawożenia, odpadów i osadów ściekowych. Została ona dobrana i wykorzystana poprawnie, aczkolwiek pewne zastrzeżenia budzą liczne pozycje sprzed kilkunastu czy nawet kilkudziesięciu lat, na które Autor się powołuje.

Konstrukcja pracy jak i objętość poszczególnych rozdziałów nie budzi zastrzeżeń. Układ rozdziałów prawidłowy, z zachowaniem właściwych proporcji. Można w nich dostrzec logikę badań, jak również logikę w interpretacji osiągniętych efektów badań.

Praca napisana poprawnym, zrozumiałym językiem. Błędy edytorskie zostały naniesione w maszynopisie oraz są wykazane w *Uwagach*.

Podsumowując, przedłożoną rozprawę doktorską pod kątem metodologicznym oceniam pozytywnie. Autor włożył wiele wysiłku w jej realizację. Uważam, że Doktorant uzyskane wyniki badań przedstawił w sposób jasny i czytelny, zachowując formę pożądaną dla prac naukowych. Materiał przedstawiony w postaci rycin i tabel pozwolił na pełniejszy obraz i zrozumienie opisywanego problemu. Za osiągnięcie naukowe Doktoranta należy uznać budowę reaktora, której Doktorant był współtwórcą, a także wyjaśnienie postawionej hipotezy badawczej. Natomiast osiągnięciem rozprawy doktorskiej jest trafna ocena stanu wiedzy, wykazanie luk w informacjach, a także zaplanowanie i przeprowadzenie badań.

3.3. Ocena merytoryczna

Praca podzielona jest na 6 numerowanych rozdziałów oraz 15 podrozdziałów.

Rozdział 1 - **Wstęp, hipoteza badawcza i cel pracy**. Rozdział ten na 2 stronach prezentuje streszczenie wyboru tematu i na tym tle hipotezę badawczą oraz cel pracy. Rozdział



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

jest pod względem logicznym i merytorycznym poprawnie przygotowany. Brakuje jednak sformułowanego problemu badawczego oraz zakresu pracy.

Rozdział 2 - **Przegląd literatury** - stanowi rzeczowe wprowadzenie w tematykę dysertacji. W tej części Autor omawia powstawanie i gospodarkę osadami ściekowymi w Polsce oraz sposoby ich przeróbki metodą zagęszczania, stabilizacji, odwadniania i suszenia. Szczegółowo opisuje metodę stabilizacji, z wykorzystaniem procesów biologicznych (fermentacji beztlenowej i kompostowania), chemicznych (wapnowania i ozonowania), a także fizycznych (spalania, zgazowania, pirolizy i procesów plazmowych). Ponadto porusza zagadnienia przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych i związaną z tym ich charakterystykę, zawierającą właściwości fizyczne oraz higieniczno-sanitarne, a także skład chemiczny. Rozdział kończy interpretacją aktów prawnych regulujących gospodarkę odpadami oraz nawozami.

Rozdział 3 zawiera **Materiał i metody**. Doktorant przedstawił materiał badawczy, którym były komunalne osady ściekowe pozyskane z mechaniczno- biologicznej oczyszczalni ścieków w Ropczycach, a także opisał technologię ozonowania osadu ściekowego, przy użyciu autorskiego reaktora. Ponadto opisał przeprowadzone doświadczenia wazonowe oraz wykorzystane metody analityczne. Autor wyjaśnił budowę i zasadę działania urządzenia, w którym przeprowadził ozonowanie osadu oraz omówił samą istotę procesu ozonowania i jego optymalizację. Rozdział zawiera również szczegółowe informacje dotyczące zastosowanych metod laboratoryjnych do analizy osadu, gleby oraz badanych roślin, a także bardzo krótką informację o przeprowadzonej analizie statystycznej.

Rozdział 4 – **Wyniki badań i dyskusja** - mieści się na 55 stronach i stanowi 42% w strukturze objętościowej pracy. W pierwszym podrozdziale Autor omawia proces ozonowania, sposób przeprowadzenia jego optymalizacji, a także uzyskane wyniki. Moim zdaniem, niektóre fragmenty tego rozdziału powinny być umieszczone w Metodyce. Kolejny podrozdział zawiera charakterystykę osadów ściekowych, które zostały wykorzystane do przeprowadzenia doświadczeń wazonowych. Autor zestawiał i przeanalizował wybrane parametry fizyczno-chemiczne tych osadów oraz zawartość w nich węgla i azotu, a także pozostałych pierwiastków, istotnych z punktu widzenia przedmiotu pracy. Wyniki badań obejmują również charakterystykę gleby, którą Doktorant przedstawił w formie analizy



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

wybranych jej właściwości fizykochemicznych oraz zawartości mikroelementów i toksycznych metali ciężkich. W ostatnim podrozdziale omówił wpływ zastosowanych osadów ściekowych na wzrost, rozwój i skład chemiczny badanych gatunków roślin. Do analizy wybrał kukurydzę i pszenicę. Analizę tego zagadnienia Autor prowadził pod kątem zawartości suchej masy, chlorofilu, a także składu chemicznego nadziemnych części roślin, w zależności od zastosowanych osadów, ich dawki i terminu poboru. Wśród przedstawionych pierwiastków znalazł się azot, wapń, magnez, potas, żelazo, cynk, miedź, chrom, ołów oraz kadm. Dla każdego z nich sporządzono ryciny przedstawiające wpływ czynników głównych, tj. termin, dawkę i rodzaj osadu oraz wpływ interakcji efektów głównych na ich zawartość w badanych roślinach.

Praca została podsumowana pięcioma **wnioskami**, które stanowią syntetyczne przemyslenia Doktoranta, wynikające z przeprowadzonych badań i analiz.

Przedstawiona w rozdziale 6 **Literatura** nie budzi większych zastrzeżeń. Jest właściwa i adekwatna do tematu pracy. Wątpliwości może budzić umieszczanie i powoływanie się na pozycje sprzed kilkunastu czy nawet kilkudziesięciu lat.

Oprócz wymienionych rozdziałów głównych, praca posiada jeszcze Aneks w postaci 6-ciu tabel, które przedstawiają zawartość wybranych pierwiastków i metali ciężkich w glebie po uprawie kukurydzy i pszenicy, nawożonej osadem nieozonowanym i ozonowanym, w zależności od terminu poboru i zastosowanej dawki.

4. UWAGI KRYTYCZNE I POLEMICZNE

Pomimo ogólnie pozytywnej oceny rozprawy doktorskiej, zawiera ona pewne mankamenty, które z obowiązku recenzenta przedstawiam:

- Brak sformułowanego problemu badawczego, na podstawie którego, zgodnie z Metodologią badań naukowych, zostałaby postawiona hipoteza badawcza;
- Brak zakresu badań;
- Brak wykazu symboli pierwiastków, którymi Doktorant posługuje się w pracy;
- Zbyt ogólnie potraktowana metodyka dotycząca optymalizacji procesu ozonowania w rozdziale Materiał i metody;



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

- Brak wyjaśnienia, dlaczego do doświadczeń wybrano kukurydzę i pszenicę. Uzasadnienie doboru tych dwóch gatunków roślin, moim zdaniem, jest istotne z punktu widzenia metodyki, ze względu chociażby m.in. na różny termin zbioru i przeznaczenie;
- Brak w spisie literatury czterech pozycji, tj. Szaflik 2000; Bąbelewski 2012; Wielgosiński 2011; Ikra i in. 2018, na które Autor powołuje się w tekście odpowiednio na stronie: 15, 16, 17 i 20;
- W spisie literatury umieszczone są cztery pozycje: Budzińska K., Jurek A., Szejniuk B., Gut. R. 2011; Iżewska A. 2007; Ociepa E., Deska I., Mrowiec M. 2014 a; Werle S., Dudziak M. 2014, której Autor nie cytuję w pracy;
- Na stronie 21 jest odwołanie do Baran i in. 1996 a, b, a w spisie literatury jest Baran i in. 2008 a, b; na stronie 22 – Stańczyk-Mazanek 2013, a w spisie literatury – Stańczyk-Mazanek E., Piątek M., Kępa U. 2013; na stronie 37 – Kabała i Karczewska 2008, a w spisie literatury - Karczewska A., Kabała C. 2008;
- Autor powołuje się na pozycje literaturowe sprzed kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu lat, np. z roku 1978 (poz. 82); 1981 (poz. 189); 1986 (poz. 40); 1993 (poz. 104); 1994 (poz. 87); 1995 (poz. 106.); 1996 (poz. 92); 1997 (poz. 67; 115); 1999 (poz. 83, 147; 166) oraz liczne z roku 2001-2005;
- Błędy stylistyczne, np. na str. 21, 51, 92;
- Powtórzenia, np. na str. 14, 15, 39, 68;
- Liczne błędy interpunkcyjne i literowe, np. na str. 21, 22, 35, 36, 41, 42, 44, 52, 54, 55, 65, 80, 83, 95;

5. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Podsumowując, stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Patryka Macieja Kosowskiego pt. „Przydatność komunalnych osadów ściekowych stabilizowanych ozonem do nawożenia wybranych gatunków roślin uprawnych” stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego i mieści się w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Doktorant zrealizował przyjęty cel pracy oraz zweryfikował postawioną hipotezę badawczą. Logiczna i spójna całość rozważań oraz prezentacja ich wyników pozwala stwierdzić, że rozprawa spełnia wymogi stawiane pracom



UNIWERSYTET ROLNICZY
im. Hugona Kollataja w Krakowie

Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

doktorskim wynikającym z przepisów wprowadzających ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 3 lipca 2018 roku. Fakt ten upoważnia mnie do zgłoszenia wniosku do Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego o dopuszczenie jej do publicznej obrony.