



Wrocław, 24.08.2018 r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Rajmund

pt.: *Wpływ nawożenia gleby lekkiej osadem ściekowym i kompostem na przenikanie zanieczyszczeń do wód gruntowych*

Ocenę wykonano na podstawie uchwały nr 760/2018 Rady Naukowej ITP z dnia 27.06.2018 r. oraz pisma (DITW.RN.37/2018) Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych z dnia 3 lipca 2018 r.

Recenzowana praca liczy łącznie 153 strony. Zawiera 58 rysunków (wykresów), 34 tabele i 10 fotografii. Spis wykorzystanej literatury obejmuje 224 pozycje. Praca została podzielona na 7 rozdziałów. Ogólnie przyjęty podział należy uznać za prawidłowy, można zastanowić się, czy analiza wielkości opadów atmosferycznych i przebiegu temperatur powinna znaleźć się w rozdziale 6, zawierającym analizę wyników badań, czy w rozdziale 5 (zakres, metodyka i warunki badań), w którym zamieszczono już ogólny opis warunków klimatycznych panujących w ośrodku badawczym.

Przedstawiony temat rozprawy odzwierciedla zakres przeprowadzonych badań – dotyczą one możliwości zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego w wyniku stosowania nawożenia osadami ściekowymi i wytworzonymi z nich kompostami. Sam temat został sformułowany bardzo szczegółowo, część informacji mogła zostać przedstawiona w treści pracy.

Celem pracy było przeprowadzenie analizy wpływu nawożenia osadami ściekowymi oraz wytworzonymi z nich kompostami na glebę i wody podziemne. Podjęto także próbę oceny możliwości ograniczenia tego oddziaływania a jednocześnie efektywnego rolniczego wykorzystania osadów ściekowych. Przeprowadzone badania dotyczą więc aspektów ważnych dla ochrony i kształtowania środowiska, związanych z jakością wód i gleb. Mają także wartość użytkową, dzięki możliwości wskazania bezpieczniejszej dla środowiska formy osadów oraz związanego z tym wymaganego sposobu przeróbki.

Po krótkim wprowadzeniu w tematykę rozprawy, w rozdziale 2. Autorka przeprowadziła przegląd literatury, związanej z problematyką badań. Wykorzystany został obszerny zasób publikacji naukowych (w dużej części z czasopism o zasięgu międzynarodowym), przedstawiający zarówno wyniki najnowszych, jak i wcześniejszych badań, ważnych ze względu



na zakres pracy. W tej części Autorka przedstawiła zwięzły przekrój przez analizowaną problematykę: od ilości i właściwości wytwarzanych osadów ściekowych po możliwości ich zagospodarowania. Uzupełnieniem informacji z rozdziału 2 jest omówienie prawnych aspektów, związanych z gospodarowaniem osadami ściekowymi, przedstawione w rozdziale 3.

W rozdziale 4. przedstawiono cel pracy oraz sformułowano problem naukowy. Przedstawienie problemu w postaci pytań, wyrażających wątpliwości lub brak dostatecznej ilości informacji, pozwala na nazwanie ich tezami pracy. Przyjęte założenia, stanowiące próbę odpowiedzi na wyrażone wcześniej wątpliwości, mogą zostać uznane za hipotezy badawcze, które w dalszych częściach pracy zostały przez Autorkę poddane weryfikacji.

Zakres, metodyka i warunki badań zostały przedstawione w rozdziale 5. Krótko scharakteryzowano w nim położenie i warunki klimatyczne stacji badawczej (należącej do Dolnośląskiego Ośrodka Badawczego Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Kamieńcu Wrocławskim), przedstawiono sposób przygotowania kompostów (z osadów ściekowych i materiału roślinnego) oraz stosowane dawki (osadów i kompostów) a także zakres i metodykę wykonywanych analiz (opadów atmosferycznych, odcieków lizymetrycznych, osadów ściekowych, kompostów i gleby). Przedstawione informacje uzupełnia materiał fotograficzny. Ustalona przez Autorkę metodyka i zakres przeprowadzanych analiz właściwości fizyko-chemicznych osadów ściekowych, kompostów, gleb zasadniczo są spójne i pozwalają na śledzenie zmian, następujących w wyniku przetwarzania osadów oraz stosowania różnych form nawożenia gleb uprawnych. Zakres badań wód opadowych i odcieków lizymetrycznych nie uwzględniał zawartości metali ciężkich, warto byłoby to wyjaśnić w pracy.

W rozdziale 6, stanowiącym główną część pracy, przedstawiono wyniki badań, prowadzonych w latach 2008-2013. Pierwszy podrozdział poświęcono na analizę przebiegu opadów atmosferycznych i temperatur w okresie badawczym. Autorka przeanalizowała miesięczne i roczne sumy opadów atmosferycznych, sumy opadów w okresie letnim i zimowym, procentowe udziały miesięcznych sum opadów w sumach rocznych, liczbę dni, w których występowały opady, skład chemiczny wód opadowych, średnie miesięczne, roczne i „wieloletnie” (z okresu badawczego) temperatury. Przedstawiona analiza jest bardzo szczegółowa, płynące z niej obserwacje wykorzystano w dalszych częściach pracy.

Kolejny podrozdział (6.2.) zawiera analizę wyników badań właściwości osadów ściekowych i wytworzonych z nich kompostów, badanych corocznie, przed zastosowaniem w lizymetrach. Autorka krótko przedstawiła ogólne zawartości oznaczanych wskaźników fizyko-chemicznych



oraz ilości poszczególnych składników, wprowadzonych do gleby, następnie skupiła się na metalach ciężkich. W ramach badań, poza całkowitymi zawartościami, oznaczano także formy związane z frakcją wymienną, węglanową, tlenków i materii organicznej (ekstrahowane przy pomocy 1M HCl) oraz frakcje węglanowe i organiczne (ekstrahowane przy pomocy EDTA, dostępne dla roślin).

W podrozdziale 6.3. przeprowadzono szczegółową analizę ilości powstających odcieków lizymetrycznych na tle przebiegu warunków atmosferycznych w latach 2008-2013. Przeanalizowano ilości odcieków w okresie badawczym (2008-2013) z podziałem na półrocze zimowe i letnie, a następnie w kolejnych latach oddzielnie dla każdej z uprawianych roślin (miskant olbrzymi, ślaziovec pensylwański) i wariantów nawożenia (zero, osad, kompost). Zestawienie ilości odcieków oraz wysokości opadów atmosferycznych przedstawiono najpierw w tabelach zbiorczych a następnie na wykresach, na których dodatkowo przedstawiono przebieg średnich miesięcznych temperatur. Przedstawiona analiza jest bardzo szczegółowa, uwzględnia też obserwacje dotyczące rozwoju uprawianych roślin. Omawiając przedstawione w ten sposób wyniki badań trudno jest uchwycić ogólne zależności. Podrozdział zakończono krótkim podsumowaniem, z którego wynika, że zaobserwowano m.in. różnice pomiędzy objętościami odcieków, zależące od gatunku rośliny. Dlatego przy przygotowywaniu pracy do druku warto rozważyć, np. zablokowanie wykresów w sposób pozwalający na prześledzenie wyników badań dla każdej rośliny oddzielnie w całym okresie badawczym.

Podrozdział 6.4. zawiera analizę wyników badań właściwości fizyko-chemicznych odcieków lizymetrycznych. Autorka przedstawiła oddzielnie wyniki oznaczeń poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń, z podziałem na uprawiane gatunki roślin. Do charakterystyki wykorzystano podstawowe miary statystyczne (średnia, odchylenie standardowe, minimum, maksimum, współczynnik zmienności). Istotność różnic pomiędzy różnymi wariantami nawożenia dla tej samej rośliny sprawdzono przy pomocy testu t-Studenta. W zdecydowanej większości przypadków stwierdzono istotne różnice pomiędzy składem odcieków z lizymetrów nawożonych i nie nawożonych (wariant zero). Dotyczyło to obydwu uprawianych gatunków. Tylko w pojedynczych przypadkach istotne różnice wystąpiły pomiędzy wariantami z nawożeniem osadami ściekowymi i kompostami. Wyniki oznaczeń zostały przedstawione w ujęciu tabelarycznym oraz na wykresach, na których dodatkowo porównano właściwości odcieków (także z podziałem na pory roku) z wartościami dopuszczalnymi, określonymi w klasyfikacji wód podziemnych. Przedstawione tabele i wykresy zostały szczegółowo



omówione, przeprowadzono także dyskusję wyników.

W podrozdziale 6.5. dodatkowo przedstawiono wielkości ładunków składników biogenych, dostarczonych z opadem atmosferycznym, osadem i kompostem w całym okresie badawczym – łącznie i w podziale na uprawiane gatunki roślin. Zostały one porównane z ilościami poszczególnych składników, wyniesionymi wraz z odciekami z lizymetrów, określono także procent odprowadzonych w ten sposób składników. Ta część pracy opracowana jest w syntetyczny sposób, dzięki czemu łatwiej jest zaobserwować ogólne zależności.

Jak już wcześniej wspomniano, szczegółowe przedstawienie wyników badań nie ułatwia formułowania ogólnych wniosków. Dlatego dobrze, że Autorka w podrozdziale 6.6 podjęła próbę syntetycznego omówienia właściwości chemicznych badanych odcieków, przedstawionych w rozdziałach 6.4. i 6.5.

Kolejna część rozdziału 6 (podrozdział 6.7.) zawiera analizę wpływu zastosowanego nawożenia osadem ściekowym i kompostem na wybrane właściwości gleb w lizymetrach, natomiast w podrozdziale 6.8 przedstawiono charakterystykę uprawianych gatunków oraz opis ich rozwoju i plonowania w kolejnych latach doświadczenia.

Kończącą część pracy stanowią wnioski. W 12 punktach Autorka podsumowała wyniki analiz właściwości stosowanych osadów i kompostów, ilości i składu powstających odcieków lizymetrycznych oraz właściwości gleb. Wnioski zostały sformułowane w sposób zwięzły i syntetyczny, nie uwzględniono w nich obserwacji dotyczących roślin uprawianych w ramach doświadczenia.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Rajmund została oparta na obszernym i wartościowym zestawie wyników badań, pozyskanych przez Autorkę w wyniku prowadzonego przez sześć lat eksperymentu. Ten cenny zbiór danych został poddany analizie z wykorzystaniem powszechnie stosowanych, sprawdzonych metod i narzędzi statystycznych. Opracowanie i przeanalizowanie tak bogatego materiału nie jest zadaniem łatwym, stąd pewne usterki i niedoskonałości, które nie przeszkodziły w zrealizowaniu celu pracy i nie wpływają znacząco na wartość merytoryczną rozprawy. Ważnym osiągnięciem Autorki jest przeprowadzenie wyczerpującej oceny właściwości stosowanych osadów ściekowych, wytwarzanych z nich kompostów oraz możliwości ich oddziaływania na glebę, wody podziemne i uprawiane na tak nawożonym podłożu rośliny. Metodyka przeprowadzonych badań została starannie dobrana, stąd uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie miarodajnych wniosków.



**Uwagi krytyczne i dyskusyjne:**

1. Pomimo tego, że praca dotyczy wykorzystania komunalnych osadów ściekowych w środowisku, w przeglądzie literatury temat ten został przedstawiony w ograniczonym zakresie. Autorka skupiła się na analizie ilości i właściwości osadów, chociaż problematyka wykorzystania w celach nawozowych czy energetycznych jest w ostatnich latach szeroko opisywana w literaturze naukowej.
2. W pracy nie przewidziano analiz zawartości metali ciężkich w odciekach lizymetrycznych i roślinach uprawianych w lizymetrach, co pozwoliłoby na określenie:
  - ✓ ilości metali przedostających się do środowiska wodnego (wraz z odciekami), co wydaje się szczególnie przydatne, także ze względu na temat pracy,
  - ✓ sposobu usuwania nadmiaru metali z gleby (dzięki wskazaniu, która z uprawianych roślin energetycznych, o dużych wymaganiach pokarmowych i produkcji biomasy, jest skuteczniejsza w usuwaniu zanieczyszczeń).
3. W rozdziale 5 szczegółowo przedstawiono metodykę prowadzonego doświadczenia, na wstępie warto byłoby zamieścić jego schemat lub syntetyczne omówienie, co ułatwiłoby analizę przedstawionych dalej wyników badań.
4. Podczas analizy wyników (np. w rozdziale 6.1) Autorka nazywa okres badawczy „wieloleciem”. Może to prowadzić do nieporozumień, ponieważ pojęcie to np. w meteorologii czy hydrologii oznacza okres kilkudziesięciu lat (np. według Światowej Organizacji Meteorologicznej za ostatnie wielolecie uznaje się trzydziestolecie 1981-2010), wykorzystywany w celu określenia średnich warunków na danym terenie lub do porównania z innym, analizowanym okresem. W pracy brakuje takiego porównania, przeanalizowano jedynie różnice pomiędzy poszczególnymi latami okresu badawczego.
5. Układ rozdziału 6., zawierającego analizę wyników badań uzyskanych w wyniku sześcioletniego eksperymentu, jest dość przypadkowy. Autorka omawia najpierw warunki atmosferyczne, następnie właściwości osadów ściekowych i kompostów. W kolejnym podrozdziale analizuje objętości odcieków z lizymetrów, związane z warunkami atmosferycznymi a następnie ich właściwości fizyko-chemiczne i ładunki składników biogenych. Te dwa podrozdziały zostały oddzielnie podsumowane, po czym przedstawiono wyniki badań gleb oraz informacje na temat wzrostu i rozwoju roślin. Wszystko to zostało szczegółowo opisane, jednak wydaje się, że przy przygotowywaniu pracy do publikacji warto byłoby skupić się na zmianach zawartości poszczególnych składników i zastosować układ



wynikający z ich migracji, czyli szukać np. zależności pomiędzy osadami, kompostami i glebą, wodami opadowymi i odciekami z lizymetrów.

**Uwagi szczegółowe i redakcyjne:**

1. Nie ma formalnego zakazu składowania osadów ściekowych (str., 8), obowiązujące rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. (Dz. U. 2015, poz. 1277) w dalszym ciągu uzależnia możliwość składowania ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych od ich właściwości.

2. Nie podano nazw metod oznaczania zawartości azotu amonowego i azotanowego w badanych próbach (str. 29).

3. Wśród analizowanych właściwości badanych prób Autorka wymienia pH. Tak naprawdę wskaźnik ten nazywamy odczynem a pH (ujemny logarytm ze stężenia jonów wodorowych) jest jego jednostką. Ze względu na wymiar nie należy tego parametru uśredniać, ponieważ otrzymana w ten sposób wartość nie ma nic wspólnego z rzeczywistym stężeniem jonów. Lepsze do charakterystyki odczynu są miary położenia (minimum, maksimum, mediana), które Autorka także stosowała.

4. Tytuł rozdziału 6.3. jest dość zagadkowy („Objętości odcieków z lizymetrów z przebiegiem pogody”, należałoby go przeredagować.

5. Komentarz do tabeli 2 zawiera inne wartości od przedstawionych w tabeli.

6. Należy unikać przedstawiania tych samych wartości w tabelach i na wykresach (tab. 2 i rys. 5).

7. W pracy brakuje spisu fotografii.

Przygotowując pracę do druku należy przeprowadzić korektę błędów stylistycznych i literowych.

**Do najważniejszych osiągnięć rozprawy zaliczam:**

- ✓ pozyskanie bogatego zbioru danych, dotyczących właściwości osadów ściekowych i wytworzonych z nich kompostów,
- ✓ przeprowadzenie szczegółowej oceny jakości nawożonej w ten sposób gleby oraz powstających odcieków lizymetrycznych,
- ✓ wykazanie braku większego zagrożenia środowiska gruntowo-wodnego w wyniku racjonalnego stosowania nawożenia osadami ściekowymi i kompostami,
- ✓ wykazanie wpływu stosowania osadów ściekowych i kompostów na poprawę niektórych



właściwości gleby oraz zwiększenie plonowania roślin

### Podsumowanie

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi ważny przyczynek naukowy, przeprowadzone badania mają także znaczenie uytylitarne, istotne z punktu widzenia ochrony środowiska glebowego i wodnego oraz racjonalnej gospodarki odpadami. Doktorantka wykazała się wiedzą teoretyczną z zakresu ochrony wód i gospodarki odpadami a także umiejętnością zaplanowania, przygotowania i przeprowadzenia badań naukowych. Metodyka zastosowana w trakcie realizacji eksperymentu badawczego i opracowania uzyskanych wyników została dobrana i wykorzystana w sposób nie budzący większych zastrzeżeń. Doktorantka wykazała się umiejętnością przeprowadzenia analizy wyników badań, dyskusji uzyskanych wyników i syntetycznego wnioskowania, czym potwierdziła umiejętności w zakresie prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Rajmund spełnia wymagania zawarte w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. 2017, poz. 1789) i wnioskuję o dopuszczenie jej do kolejnych czynności przewodu doktorskiego w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska.

Agata  
Szymanska-Pulikowska