

Prof. dr hab. Paweł M. Rowiński, czł. koresp. PAN
Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk

Warszawa, 15.09. 2021 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. Pawła Jarosiewicza

p.t.

Zastosowanie koncepcji ekohydrologii do redukcji zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego w systemach rzecznych.

Niniejsza recenzja została sporządzona na zlecenie prof. dr hab. Agnieszki Marczak, Przewodniczącej Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne z dn. 2.07.2021 r. Rozprawa doktorska mgr. Pawła Jarosiewicza poświęcona jest analizie jakości wody w zlewniach poddanych presji sadownictwa i rolnictwa wraz z propozycją konkretnych działań naprawczych wykorzystujących Ekohydrologiczne Rozwiązania Bliskie Naturze. Jest to zadanie ciekawe poznawczo, ale również o fundamentalnym znaczeniu użytecznym. Wymaga też interdyscyplinarnego podejścia, stawiając przed Autorem niezwykle trudne zadanie.

Opiniowana rozprawa składa się z ośmiu rozdziałów, wykazu skrótów stosowanych w pracy, streszczeń w języku polskim i angielskim, spisu literatury oraz załącznika. Układ pracy wydaje się logiczny i spójny.

Wstęp (Rozdział 1) stanowi obszerny, 26-stronicowy tekst, przyjmujący charakter opracowania monograficznego. Autor pisze o zagrożeniach wynikających z zanieczyszczenia wód z perspektywy światowych badań, szczególnie przygląda się występowaniu fosforu, azotu i substancji pestycydowych. Rozdział czyta się dobrze, Doktorant wykazuje się sporą erudycją i znajomością literatury tematu. Reprezentuje jasny pogląd, dobitnie pokazuje, że jest reprezentantem określonej szkoły promującej tzw. rozwiązania ekohydrologiczne. Jedyny niedosyt to prawie zupełnie pomijanie procesów hydrodynamicznych w analizie przenoszenia zanieczyszczeń w korytach rzek – przykładowo Rys. 2 powinien uwzględnić procesy adwekcji i dyspersji, bez których przebieg przemieszczania się dowolnych zanieczyszczeń byłby zupełnie inny.

W Rozdziale 2 Autor przedstawił hipotezy i cele badawcze. W moim przekonaniu Doktorant zbyt długo trzyma czytelnika w niepewności, mówiąc co tak naprawdę stanowi przedmiot badań (rozdział ten pojawia się dopiero na 33. stronie). Cele pracy służą weryfikacji postawionych przez Doktoranta hipotez. Co do meritum nie mam żadnych zastrzeżeń, ale chciałbym się chwilę zatrzymać nad sposobem formułowania zarówno hipotez jak i celów pracy. Przyznam, że język odrobinę mnie razi próbą wprowadzenia pewnego trudno zrozumiałego żargonu, tam gdzie można sprawy formułować znacznie prościej. Przykładowo Doktorant pisze o czasoprzestrzennym występowaniu substancji pestycydowych i biogenów (Hipoteza 1) a potem o „analizie czasoprzestrzennej występowania...”. Narzuca się pytanie czy przymiotnik czasoprzestrzenna dotyczy (Zadanie 1) analizy, czy też występowania. Gramatycznie wynika, że chodzi o analizę. Zatem, co to jest analiza czasoprzestrzenna? Podobnie Doktorant (nie tylko w Rozdziale 2) nadużywa słowa optymalizacja. Mówiąc o optymalizacji rozwiązań powinien określić kryterium, według którego szuka najlepszych rozwiązań. Słowo optymalizacja ma sens tylko wraz z określeniem tego kryterium. Bo optymalizacja to poszukiwanie najlepszego rozwiązania – poszukiwanie ekstremum funkcji kryterialnej. Nasuwają się proste sformułowania – typu „poprawa istniejących rozwiązań”. Czy kiedy Doktorant pisze o optymalizacji Przepuszczalnych Barier Reaktywnych (Cel 4), oznacza że znajdzie najlepsze możliwe rozwiązanie?

Kiedy jednak „przefiltrujemy” pewną barokowość językową, cele jakie postawił sobie Autor są bardzo ambitne i w przypadku prawidłowej realizacji, obiecują istotne wyniki naukowe (jak się później okazuje, takie wyniki zostały uzyskane).

W pracy brakuje krótkiej informacji określającej jej zakres.

W Rozdziale 3 Doktorant szczegółowo omawia obszar wybrany do realizacji badań jakim są cztery zlewnie zlokalizowane w Nizinie Środkowopolskiej. To doskonale wybrane miejsce, które pozwoli na analizę presji terenów rolniczych na jakość wód w omawianych zlewniach. Autor doskonale opisał te zlewnie, odnalazł wszystkie niezbędne i dostępne dane do ich scharakteryzowania.

W Rozdziale 4 Doktorant opisał zastosowane metody analiz zbieranych przez Niego danych. Autor uczestniczył w 12 wyjazdach terenowych, realizowanych od kwietnia 2018 r. do lipca 2019 r. To ogromne przedsięwzięcie logistyczne, podczas którego zebrany został znakomity materiał do dalszych analiz. Pewien niedosyt budzi opis metod. Szczególnie metod statystycznych. W dalszej części pracy metody te są używane i wyniki szczegółowo analizowane, natomiast dla czytelnika Rozdział 4.9 jest jedynym punktem odniesienia. Nie znajdujemy zatem informacji na jakiej podstawie Autor wybierał poszczególne testy, wydaje

się też, że krótkie opisy tych testów bardzo ułatwiłyby analizę uzyskanych wyników. Rozdział 4.9 to niepełna strona a narzuca się tam wiele pytań (również podczas czytania dalszych fragmentów pracy). Nie mam przekonania, że każdy potencjalny czytelnik będzie natychmiast rozumiał dlaczego spośród wielu testów „post-hoc” Autor wybrał test Dunna. Konieczny jest też opis metody głównych składowych PCA. Jest to ogólna nazwa metody, która może mieć różne sposoby realizacji. Rozumiem, że Autor stosował macierz korelacji – ze względu na różnorodność danych. W jaki sposób normalizował dane? Dalsza lektura pokazuje, że Doktorant bardzo sprawnie posługuje się pakietem statystycznym, ale chciałbym mieć pewność, że nie stosował tych pakietów (jednego pakietu?) na zasadzie czarnej skrzynki, lecz dokładnie rozumie otrzymane wyniki.

W Rozdziale 5 znajduje się wnikliwa analiza wyników uzyskanych w ramach monitoringu wybranych systemów rzecznych oraz laboratoryjnych i mezoskalowych badań nad innowacyjnym materiałem do usuwania zanieczyszczeń fosforanowych i pestycydowych z wody.

W rozdziale tym znów pojawia się dość nieszczęśliwe określenie „czasoprzestrzenna dynamika występowania zanieczyszczeń”. Czy nie wystarczy napisać prosto - analiza przenoszenia zanieczyszczeń? Jeśli przez dynamikę będziemy rozumieć ruch ciał pod działaniem sił, to właśnie analizy tych sił zabraknie w rozważaniach Doktoranta. Chcę jednak podkreślić, że doceniam złożoną, dojrzałą i co ważne poprawną analizę występowania różnych substancji w omawianych zlewniach. Czasem wybór testów statystycznych jest pewnego rodzaju zaskoczeniem, ale wydaje się, że Autor nie popełnił błędu w tych wyborach. Przywiązanie do interpretacji statystycznych czasem prowadzi do pewnych niejasności. Przykładowo na str. 72 Doktorant twierdzi, że „przemieszczanie się zanieczyszczeń fosforu w korycie rzeczonym może być powiązane z czynnikami hydrologicznymi”. Akurat w tym punkcie możemy mieć pewność, - NIE może, ale **jest** powiązane. Na pewno zależy od pola prędkości w rzece (a jest to niewątpliwie czynnik hydrologiczny), bo za transport każdej substancji odpowiedzialne są między innymi procesy dyfuzyjne oraz adwekcja. Te procesy zależą nie tylko od pola prędkości średniej, ale również od prędkości turbulentnych strumienia. Oczywiście na procesy transportowe fosforu wpływają też inne czynniki, ale wspomnianych przeze mnie nie można pominąć. Wydaje się, że w całej pracy wspomniane abiotyczne procesy są prawie zupełnie pominięte (poza krótkim ich wspomnieniem). Będę chciał, aby Doktorant ustosunkował się do tej uwagi podczas publicznej obrony.

Na stronie 80 Doktorant słusznie wspomina o roli tlenu rozpuszczonego na stężenia środków ochrony roślin. Kiedy mówimy o jakości wody, to oczywiście tlen rozpuszczony jest

doskonałym wskaźnikiem i wydaje się, że do kompletu analiz trochę brakuje dyskusji o metabolizmie strumieni, czy też ekosystemów wodnych. Wspomnienie lub dyskusja tej koncepcji byłaby bardzo przydatna, niemniej jednak w pełni zdaję sobie sprawę, że doświadczalna analiza metabolizmu analizowanych odcinków rzecznych mogłaby być przedmiotem oddzielnej pracy doktorskiej i oczywiście oczekiwanie od Autora konkretnych wyników w tym zakresie byłoby niedorzeczne. Niemniej jednak pewne spekulacje o roli metabolizmu rzek w procesach przenoszenia omawianych w pracy zanieczyszczeń, mogą być niezmiernie ciekawe w trakcie publicznej obrony pracy.

Analizując przestrzenną dynamikę występowania substancji pestycydowych Doktorant odnosi się do modelowania, pozwalającego na ocenę stężenia substancji pestycydowych w punkcie 4 (rzeka Rykolanka). Przyznam, że jest to informacja daleko niewystarczająca. Różne modele generują różne wyniki. Jakie modelowanie Autor ma na myśli? Czy mówimy o jakimś modelu deterministycznym (wynik mógłby o tym świadczyć), czy jest to model o charakterze stochastycznym? Jakie warunki przyjęto w modelowaniu, jakie rozwiązywano równania (Algebraiczne? Różniczkowe?). Podana informacja jest bezużyteczna i wszelkie porównania nie mają żadnej wartości. Poproszę o skomentowanie sposobu modelowania podczas obrony.

Bardzo podobają mi się wnikliwe (choć niełatwe w czytaniu) analizy statystyczne, szczególnie sugestywne są graficzne analizy oparte na macierzy korelacji Spearmana. Pewne wątpliwości budzi zastosowanie metody głównych składowych, ale wynika to z braku precyzyjnego opisu zastosowanej metody. Warto też zadbać o spójność wykresów i tekstu – osie na wykresach 32 i 33 powinny być podpisane jako składowa 1, 2 (a nie component 1,2).

Podrozdział 5.2 opisuje jedno z kluczowych osiągnięć Doktoranta – sądzę, iż powinien być on zapisany jako oddzielny rozdział. Zasadniczo różni się celem i sposobem opisu od tego, co znajdujemy w podrozdziale 5.1. Autor formułuje koncepcję preparatu BioKer – lekkiego kruszywa opłaszczonego biopolimerem do usuwania zanieczyszczeń rozpuszczonych w wodzie. Zaproponowano bardzo konkretne rozwiązanie; na uwagę zasługuje fakt, że zgłoszono odpowiedni patent. Rozdział czytałem z zapartym tchem, opis jest szczegółowy i wnikliwy. Pomysł wydaje się naprawdę wart uwagi. Wkrada się pewna niefrasobliwość kiedy Doktorant odnosi się do wyników modeli kinetyki adsorpcji – empirycznego, pseudo pierwszego rzędu, pseudo drugiego rzędu i Weber-Morrisa. Szkoda, że Autor nie ma w zwyczaju powoływania się na wcześniejsze opisy (w tym wypadku opisy są na stronach 50 i 51). Nawiasem mówiąc opisy te są zdawkowe, odwołują się do końcowych wyników, a nie równań wyjściowych, co nie pozwala na wyrobienie sobie poglądu na temat

różnic między poszczególnymi modelami. Choć są to modele dobrze znane, to trudno na podstawie przedstawionych wyników, wyrobić sobie pogląd o ich wartości. Z wielkim zainteresowaniem przeczytałem rozdział 5.3.5 dotyczący efektywności BioKer w formie przepuszczalnych barier reaktywnych. Wykonano ciekawe eksperymenty in situ. Wydaje się, że jest tu przestrzeń do wykonania szczegółowych eksperymentów hydrodynamicznych – ze szczegółowym rozpoznaniem pola prędkości przed, pomiędzy i za barierami. Takie eksperymenty pozwoliłyby na zastąpienie spekulacji (cennych i przeprowadzonych z dużą intuicją) bardzo konkretnymi wnioskami. Nie zgłaszam pretensji, że Doktorant nie przeprowadził takich eksperymentów (nie byłoby to możliwe w ramach tej jednej pracy doktorskiej), ale podsuwam pomysł przyszłych interesujących badań wspólnie z ekspertami zajmującymi się hydrodynamiką eksperymentalną.

Rozdział 6 to szczegółowa dyskusja uzyskanych wyników we wszystkich częściach pracy. Czytając ten rozdział widzimy duże wyrobienie badacza - to naprawdę bardzo solidnie wykonana praca. Czasami tekst jest trochę za długi. Autor powtarza niektóre informacje ze wstępu, ale tę analizę czyta się dobrze. Doktorant omawia szczegółowo wpływ użytkowania zlewni na występowanie zanieczyszczeń, przestrzenną zmienność parametrów jakości wody w badanych zlewniach (nie wiem, czy możemy mówić tu o dynamice zjawisk). Doktorant omawia też zmienność w czasie jakości wód w badanych zlewniach, wspominając o zróżnicowaniu sezonowym podstawowych parametrów jakości wody, ale i poziomu tlenu. Doktorant prezentuje wyniki w postaci tabelarycznej tlenowego rozkładu zanieczyszczeń (Załącznik 1). Chciałbym w tym miejscu przywołać pracę z innego laboratorium (Rajwa-Kuligiewicz i wsp., Dissolved oxygen and water temperature dynamics in lowland rivers over various timescales, *Journal of Hydrology. and Hydromechanics*, 63, 4, 353 – 363), jako pewnego rodzaju punkt referencyjny sposobu prezentacji dynamiki zmienności tlenu i temperatury w różnych skalach czasowych – praca dotyczy również małych rzek nizinnych.

Jestem pod dużym wrażeniem analizy czasowego występowania pestycydów w systemach rzecznych. Jak sam Autor zauważa, presja substancji pestycydowych w odniesieniu do polskich rzek jest praktycznie w literaturze pomijana, a analiza występowania grupy 95 substancji pestycydowych (głównie rozpuszczonych w wodzie) jakiej dokonał Doktorant jest badaniem w pewnym sensie pionierskim. Podobnie analiza występowania fosforu, jest przeprowadzona w sposób kompleksowy i bardzo rzetelnie. Niejako na marginesie, Doktorant zwraca uwagę na problem występowania rzadko opisywanego zanieczyszczenia termicznego, będącego skutkiem pasteryzacji bądź termicznego obierania i blanszowania owoców. Doktorant wykonał również zadanie w pewnym sensie obowiązkowe

– analizę stanu jakości wód w rozważanych systemach z punktu widzenia Ramowej Dyrektywy Wodnej i Państwowego Monitoringu Środowiska. Choć jest to przedsięwzięcie rutynowe, jest niezmiernie ważne dla zrozumienia stanu wód w omawianych zlewniach.

Najważniejsza, najbardziej innowacyjna część pracy dotyczy określenia efektywności preparatu BioKer zarówno w skali laboratoryjnej jak i w mezoskali. Wprawdzie – co zauważa Doktorant na str. 132, badania nie wyjaśniają mechanizmu działania preparatu BioKer, ale co najważniejsze – wskazują jego efektywność w usuwaniu wybranych zanieczyszczeń. Tę efektywność (ze wszystkimi ograniczeniami) Doktorant analizuje w odniesieniu do konkretnych systemów rzecznych. Doktorant pokusił się również o pewną analizę ekonomiki użycia zaproponowanego rozwiązania i odniósł się do rynku dostępnych na rynku adsorbentów.

Rozdział 7 stanowi krótkie podsumowanie pracy. Nie mam zastrzeżeń do głównego przesłania tego podsumowania, ale mam spore zastrzeżenia do sposobu formułowania myśli. Przykładowo zamiast pisać o procesie tworzenia technologii służącej optymalizacji Ekohydrologicznych Rozwiązań Bliskich Naturze (kompletnie nie wiadomo co to znaczy), lepiej pisać o technologii pozwalającej efektywnie usuwać zanieczyszczenia (w tym miejscu, warto wskazać jakie) z systemu rzecznego. Po co formułować w sposób skomplikowany to, co można napisać wprost? Doktorant pisze, że w pracy „udowodniono, że w zlewniach rolniczych...” - pokazanie czegoś na przykładzie nie jest jeszcze dowodem. To absolutnie nie umniejsza uzyskanego wyniku, ale zachęcam do ostrożniejszych sformułowań. W tym samym zdaniu Autor pisze o zmianie hydrauliki przepływu w korycie. Co to znaczy? Czy chodzi o reżim przepływu? Zmianę oporów ruchu?

W Rozdziale 8 Doktorant podaje najważniejsze wnioski z pracy. Ponownie nie mam zastrzeżeń do podanych wniosków, ale znów do barokowego sposobu formułowania myśli. Warto się zastanowić, czy przeprowadzone badania pozwalają na uogólnienie wyniku do rzek centralnej Polski, czy lepiej odnieść się do konkretnie badanych systemów. Proponuję, żeby Wniosek 2 sformułować precyzyjnie. Nie możemy wypowiadać się na temat korelacji czasowego występowania substancji pestycydowych, jeśli działa się to na poziomie przekraczającym istotność statystyczną. Ale nawet jeśli ten wniosek jest prawdziwy, to czy wynika z niego kompleksowość procesów abiotyczno-biotycznych i dodatkowo ta kompleksowość jest rozpatrywana w kontroli przemieszczania się substancji pestycydowych? Nic z tego nie rozumiem. Czy kompleksowość zaczerpnięto z angielskiego i chodzi o złożoność? Pomijając te niezgrabności językowe, wnioski wskazują na skuteczną realizację

celów pracy przez Doktoranta. Co więcej uzyskane wyniki są naprawdę ważne i o dużym znaczeniu praktycznym.

Kolejne rozdziały to są streszczenia pracy w języku polskim i angielskim oraz bardzo bogate piśmiennictwo. Spis literatury obejmuje 392 pozycje. Autor wykazał się naprawdę znakomitą znajomością literatury tematu.

Cała praca robi dobre wrażenie, ale mam momentami odczucie olbrzymiego pośpiechu. Wkradło się sporo tzw. literówek, błędów interpunkcyjnych i stylistycznych. Czasem wkradają się też dość rażące błędy, jak w przypadku przyimka złożonego *spośród* (str. 123 - napisano „Z pośród 27 substancji”). Przed publikacją poszczególnych fragmentów pracy (do czego gorąco zachęcam), należy tekst spokojnie przeczytać i usunąć wszelkie niezgrabne konstrukcje językowe.

Podsumowanie

Rozprawa stoi na bardzo dobrym poziomie naukowym. Moje szczegółowe uwagi zamieszczone na poprzednich stronach recenzji wartości pracy nie obniżają, mają bowiem głównie charakter redakcyjny. Doktorant wykazał znakomitą znajomość literatury przedmiotowej i dokonał wnikliwej jej analizy. Praca ma istotne zalety metodyczne i stanowi oryginalne osiągnięcie Doktoranta w obszarze badania antropogenicznego zanieczyszczenia wód. Mgr Jarosiewicz nie tylko opracował metodykę badań, ale osobiście przeprowadził kompleksową analizę stanu wód w czterech zlewniach rzecznych o różnym stopniu zagospodarowania. Wykazał się dużą sprawnością i samodzielnością w prowadzeniu badań eksperymentalnych i interpretacji wyników tych badań. Przeprowadzone analizy pozwoliły Mu na osiągnięcie celu pracy (zdefiniowanego na początku rozprawy). W moim przekonaniu największym osiągnięciem Doktoranta jest opracowanie preparatu BioKer pozwalającego na skuteczne (tą skuteczność znakomicie wykazał!) usuwanie zanieczyszczeń, zwłaszcza fosforanowych i pestycydowych. Doktorant zgłosił stosowny patent. Warto podkreślić, że osiągnięcia doktoranta doskonale wpisują się w relatywnie nową dyscyplinę naukową, jaką jest ekohydrologia. Doktorant zdaje się być doskonałym, młodym reprezentantem polskiej szkoły ekohydrologii.

Reasumując, przedstawiona mi do recenzji rozprawa pt. *„Zastosowanie koncepcji ekohydrologii do redukcji zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego w systemach rzecznych.”*

jest dowodem umiejętności samodzielnego prowadzenia badań. Rozprawa spełnia warunki określone w ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym stawiane pracom doktorskim. W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie mgr. Pawła Jarosiewicza do publicznej obrony recenzowanej rozprawy.

Wydaje się również, że złożoność rozwiązywanego zagadnienia, olbrzymi zakres prowadzonych badań, skuteczność w dążeniu do celu zasługują na wyróżnienie pracy przez Komisję Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne i wnioskuję o rozważenie takiego wniosku. Niewątpliwie głównym powodem, dla którego pozwalam sobie na złożenie tego wniosku, jest strona aplikacyjna rozprawy. Wspomniany wcześniej pomysł na zastosowanie preparatu BioKer ma olbrzymi potencjał w skutecznym, mało inwazyjnym sposobie usuwania zanieczyszczeń z rzek, opartym na zasadach „rozwiązań inspirowanych przyrodą”, określanych w pracy jako Ekohydrologiczne Rozwiązania Bliskie Naturze (EH-RBN). W Polsce mamy pewien deficyt innowacyjnych rozwiązań problemu i fakt, że Doktorant nie tylko diagnozuje sytuację, ale proponuje sposób na poprawę jakości wody w małych zlewniach rzecznych, zasługuje na uznanie.

