

Olsztyn, 16.08.2016

dr hab. inż. Julita Dunalska, prof. UWM
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Nauk o Środowisku
Katedra Inżynierii Ochrony Wód
ul. Prawocheńskiego 1, 10-957 Olsztyn
tel. (+48) (89) 523 37 68
e-mail: julitad@uwm.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Pikuły
pt. „*Rekultywacja Jeziora Parnowskiego metodą aeracji pulweryzacyjnej*”

Promotor rozprawy: Prof. dr hab. inż. Tomasz Heese, Katedra Biologii Środowiskowej,
Politechnika Koszalińska

Podstawa opracowania

Formalną podstawą przygotowania opracowania jest Pismo dr hab. inż. Wiesławy Głodkowskiej, prof. nadzw. Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji, zgodnie z umową nr DK 21 z dnia 5 lipca 2016 r.

Celowość podjęcia tematu

Rekultywacja zbiorników jest zawsze zabiegiem trudnym, z reguły długotrwałym i kosztownym. Zastosowanie jakichkolwiek zabiegów w obrębie misy jeziorowej musi być poprzedzone czynnościami w zlewni, które wyeliminują allochtoniczne źródła zanieczyszczeń. Sam zabieg powinien być przeprowadzony przez zespół ekspertów mających doświadczenie w realizacji tego typu projektów, dysponujący zapleczem naukowo-badawczym i laboratoryjnym w celu ciągłego monitoringu efektów przeprowadzanych zabiegów rekultywacyjnych. Poszukiwanie skutecznych i ekonomicznych metod odnowy jezior jest jednym z najważniejszych wyzwań współczesnej inżynierii środowiska. Analiza wyników badań w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej, stanowi cenny materiał naukowy

na rzecz wdrażania nowatorskich rozwiązań w zakresie czynnej ochrony zasobów wodnych oraz wpisuje się w zadania Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE (RDW) z dnia 23 października 2000 r., która nakłada na kraje Unii Europejskiej obowiązek uzyskania dobrego stanu wszystkich wód.

Ocena formalna

Rozprawa obejmuje 186 stron. Pracę podzielono na 9 części. Wyniki badań przedstawiono na 144 rycinach i w 54 tabelach. Dodatkowo szczegółowe wyniki badań z poszczególnych poborów próbek środowiskowych przedstawiono w 40 tabelach w formie załączników. Materiały źródłowe, to wykaz 283 pozycji bibliograficznych. Do pracy dołączono spis rycin i tabel, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz informacje formalne i podziękowania. Pomimo, że praca jest wyjątkowo obszerna to jej układ jest logiczny i spójny, co odpowiada dobrym standardom przyjętym dla rozpraw.

Ocena merytoryczna

Praca zaczyna się krótkim wprowadzeniem, gdzie Autorka w sposób syntetyczny uzasadnia celowość prowadzonych badań. W kolejnym rozdziale „Założenia badawcze” formułuje hipotezę naukową oraz cel główny z jednoczesnym podaniem zakresu badań. Głównym celem rozprawy doktorskiej była weryfikacja tezy dotyczącej możliwości zastosowania urządzenia o nazwie „Sztuczna Nerka dla Środowiska” (SNOX) jako technologii stabilizującej funkcjonowanie danego ekosystemu wodnego oraz ograniczającej występowanie negatywnych skutków eutrofizacji. Zastosowanie tej technologii powinno ograniczyć częstość występowania zjawisk takich jak: deficyty tlenowe, zakwity sinicowe, pogorszenie właściwości organoleptycznych wody oraz sprzyjać przebudowie struktur troficznych organizmów wodnych.

W kolejnym 3 rozdziale Autorka opisuje zewnętrzne i wewnętrzne sposoby kontroli eutrofizacji. Ten rozdział oceniam bardzo wysoko ze względu na obszerną (33 strony), wszechstronną i rzetelną analizę wielu opracowań naukowych. Autorka nie tylko opisała poszczególne metody ochronne i rekultywacyjne zbiorników wodnych, ale również zestawiała kluczowe informacje w postaci tabel i schematów. Przy tak obszernym materiale jest to niezwykle trudne. Umiejętność doboru informacji i ich prezentacja świadczy o dużej wiedzy

i dojrzałości naukowej Pani Katarzyny Pikuły. Takie opracowanie sprawia, iż analiza poszczególnych metod jest czytelna i stanowi doskonały materiał naukowy i edukacyjny.

Rozdział 4 dotyczy charakterystyki Jeziora Parnowskiego i jego zlewni. Autorka podaje szczegółowe informacje na temat położenia fizycznogeograficznego zbiornika, ukształtowania powierzchni, typów i rodzajów gleb. Ważnym elementem opracowania jest również opis warunków klimatycznych i meteorologicznych oraz hydrologicznych i hydrogeologicznych. Tego typu informacje mogą mieć istotne znaczenie przy interpretacji wyników badań, szczególnie w kontekście zmian klimatycznych. Na podkreślenie zasługuje również fakt, obszernego opisu sposobu zagospodarowania zlewni. Autorka charakteryzuje sposób użytkowania zlewni, infrastrukturę i gospodarkę komunalną, turystykę i rekreację, gospodarkę rybacką, rolną i leśną oraz potencjalne źródła zanieczyszczeń w zlewni. Charakterystyka samego zbiornika dotyczy jego cech morfometrycznych, dynamiki mas wodnych oraz oceny podatności na degradację.

Rozdział 5 poświęcony jest opisowi technologii napowietrzania zbiorników wodnych tzw. „Sztucznej Nerki dla Środowiska” (SNOX) z wykorzystaniem aeratora o nazwie handlowej OXYGEN Intensiv 100. Autorka podaje wstępne założenia rekultywacji Jeziora Parnowskiego, dane techniczne systemu SNOX oraz zasadę działania. Istotą urządzenia jest wykorzystanie procesu aeracji pulweryzacyjnej, natomiast układ zastosowany na Jeziorze Parnowskim to swoiste połączenie metody wymiany wód oraz napowietrzania.

Kolejny rozdział (6) to opis metod badawczych. Uwzględniając dane morfometryczne oraz sposób zagospodarowania zlewni bezpośrednio wyznaczono 3 stanowiska badawcze na jeziorze. Rozmieszczenie punktów jak i częstotliwość poboru próbek środowiskowych (woda - co miesiąc od kwietnia do listopada, osady denne – 3 razy w roku), są poprawne i umożliwiają pełną analizę przestrzenną i sezonową. Badano również wody głównego dopływu do jeziora, wody rzeki Czerwonki oraz dopływu okresowego. Niestety w pracy nie opisano punktów pomiarowych na ciekach i nie przeprowadzono badań hydrologicznych.

Cały cykl badawczy dotyczył roku 2010 tj. przed posadowieniem aeratora oraz lat 2011-2012, które odzwierciedlają efekty zastosowanej metody. Szkoda, że badania nie obejmowały jeszcze roku 2013, bowiem istniałaby większa możliwość oceny trwałości zmian po zastosowaniu urządzenia SNOX.

W dalszej części tego rozdziału, autorka bardzo szczegółowo omawia metodykę badań terenowych i laboratoryjnych. Materiał analityczny stanowią profesjonalnie wykonane

pomiary parametrów fizyko-chemicznych i biologicznych wody jeziorowej oraz parametrów chemicznych osadów dennych, w tym frakcji fosforu. Spośród elementów biologicznych oznaczono: bakterioplankton, bakterioentos, fitoplankton, chlorofil *a*, biomasę ogólną oraz biomasę sinic, zooplankton. Z uzyskanych wyników badań wyliczono: Indeksy Stanu Troficznego (TSI), Makrofitowy Indeks Stanu Ekologicznego (ESMI) oraz dokonano ogólnej oceny stanu ekologicznego. Wykonanie tak szerokiego zakresu badań świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu metodycznym oraz dużej wiedzy Autorki z zakresu technik poboru próbek środowiskowych. Poprawny dobór analiz statystycznych umożliwił zaś interpretację otrzymanego zbioru danych. Obliczenia wykonano przy użyciu programów: STATISTICA 12 (StatSoft Inc. 2014), Minitab 17 (Minitab Inc. 2013) oraz R (The R Foundation for Statistical Computing 2015) z pakietem Vegan.

Zdaniem Recenzenta, w części dotyczącej „Metod badawczych” należy wyjaśnić sposób pomiaru danych meteorologicznych. Zdanie, cyt. „Pomiaru wiatru i temperatury dokonano bezpośrednio w terenie” jest mało precyzyjne. Czy to dotyczy kierunku i prędkości wiatru? Należy również podać w jaki sposób dokonano pomiaru.

Rozdział 7 to analiza uzyskanych wyników badań. W części tej Autorka bardzo szczegółowo, w poszczególnych podrozdziałach omawia warunki meteorologiczne okresu badań, warunki termiczno-tlenowe w wodzie Jeziora Parnowskiego, parametry fizykochemiczne i biologiczne wody, parametry chemiczne i biologiczne osadów dennych, a następnie charakteryzuje jakość wód dopływów i odpływu. Ostatni podrozdział to analiza statystyczna wyników badań wody i osadów dennych. Trzeba przyznać, że przy tak ogromnej ilości danych i szerokim zakresie analiz, cały rozdział został opracowany w sposób uporządkowany i logiczny. Bardzo dobrze i starannie przygotowana dokumentacja w postaci estetycznych i czytelnych rysunków, zamieszczonych w tekście, do których Autorka się odwoływała, ułatwia analizę materiału badawczego. Przy każdym z omawianych parametrów Autorka stosuje jednakowy układ tj. omawia sezonową zmienność w poszczególnych latach, a następnie podaje wyniki analiz statystycznych, przeprowadzonych pod kątem wykazania istotnych statystycznie różnic w poszczególnych latach. Jest to swojego rodzaju podsumowanie, które ułatwia interpretację wyników badań. Zdaniem Recenzenta najślabszym elementem opisu wyników badań jest podrozdział „Jakość wód dopływów i odpływu”. W tekście pojawiają się pewne określenia, które nie są czytelne, np. strona 143 „Od 2012 roku, w którym doszło do przekształceń w strefie buforowej, nie zaobserwowano

pojawiania się tego ciekłu” – nie podano jakiego typ były przekształcenia; strona 144 „Zamieszkujące go organizmy najprawdopodobniej zużywały go na własne potrzeby, przez co istotnie wzrosła zawartość puli azotu organicznego” – zapewne chodzi o wbudowywanie azotu w biomasę, ale jakich organizmów? Nigdzie nie podano informacji na temat charakterystyki elementów biologicznych i hydromorfologicznych ciekłu. Należy jednak dodać, że tego typu nieścisłości nie obniżają wartości merytorycznej opracowania, a jedynie wymagają dopracowania treści tekstu.

Istotną częścią pracy są analizy kanoniczne dla zbioru danych parametrów fizykochemicznych i biologicznych wody oraz danych dotyczących poszczególnych frakcji fosforu w osadach dennych oraz pierwiastków, które mogą trwale zakumulować fosfor w osadach. To opracowanie ma nie tylko istotne znaczenie z punktu widzenia oceny efektów zastosowanej technologii, ale również daje szeroką wiedzę na temat zależności procesów fizykochemicznych i biologicznych w wodzie i osadach dennych jezior. Zachęcam Autorkę, aby opublikowała ten fragment pracy jako ważny element wiedzy na temat funkcjonowania ekosystemów wodnych.

Syntezę uzyskanych wyników, zawarto w rozdziale 8 – „Dyskusja”. Pierwsza część tego rozdziału (strony 173 - 180) to raczej przegląd literatury na temat tlenu rozpuszczonego w wodzie, zależności środowiskowych wpływających na produktywność ekosystemów wodnych oraz analizy technik napowietrzania. Zdaniem Recenzenta, te informacje należałoby umieścić we wstępie do rozprawy.

Pozostała część dyskusji świadczy, iż Autorka posiada duże umiejętności konfrontacji własnych wyników z danymi innych autorów. W sposób dojrzały i obiektywny wskazuje, że uzyskane wyniki badań na Jeziorze Parnowskim świadczą o możliwości uzyskania pozytywnych efektów zastosowanej technologii SNOX, ale jednocześnie zbyt krótki czas trwania eksperymentu (2 lata) oraz duża ilość zmiennych, mogących oddziaływać na przemiany warunków środowiskowych, nie pozwala na wysunięcie jednoznacznych wniosków. Szeroka analiza materiału badawczego rodzi wiele nowych pytań naukowych, a zastosowana technologia wraz z dodatkowymi rozwiązaniami powinna być rozwijana pod kątem rekultywacji zbiorników wodnych. Takie podejście świadczy o bardzo dobrej znajomości literatury przedmiotu i dojrzałości naukowej Autorki rozprawy.

Rozdział 9 to „Wnioski”, których treść wynika z przeprowadzonych badań i które dowodzą, że założone cele rozprawy doktorskiej zostały osiągnięte.

Uwagi szczegółowe i redakcyjne

str. 50 – „Faktem jest, iż rezerwat ten pomimo nazwy, obejmuje obszar położonego na wschód od zlewni — Jeziora Tatowo” – zdanie nie jest czytelne. Należy przeredagować cały akapit.

str. 81 – „a także skład liczebnościowy i biomasowy fito- i zooplanktonu” , a może liczebność i biomasa fito- i zooplanktonu?

str. 101 – „Najkorzystniejsze wartości BZT₅ stwierdzono w listopadzie” – poprawić na „Najniższe wartości ...”

str. 101 – „Zbliżoną wartością cechowało się stanowisko 1” – poprawić na „Zbliżoną wartość stwierdzono na stanowisku 1”

str. 102 – „Najmniejszą wartością tego parametru cechowała się z kolei warstwa 4,5 m” – poprawić na „Najniższą zaś wartość stwierdzono w warstwie 4,5 m”

str. 105 – skrót „OLB” należy dodać do pełnej nazwy, która pojawia się po raz pierwszy w tekście – „średnia liczebność komórek bakteryjnych (OLB)”.

str. 106 – j.w. biomasa bakterii (BB)

str. 107 – j.w. średnia objętość komórek bakteryjnych (SOK)

str. 169 – „Świadczyło to o tym, że wzrost...” poprawić na „Świadczyło to o wzroście...”

Wyszczególnione powyżej uwagi nie pomniejszają wartości pracy, a jedynie mogą być pomocne w prezentacji wyników badań oraz przyszłych opracowaniach tego typu.

Podsumowanie

Uwagi zamieszczone w recenzji, głównie o charakterze formalnym, często dyskusyjnym, nie miały na celu obniżenie wartości merytorycznej rozprawy. Wdrażanie nowych metod odnowy wód oraz ocena skomplikowanych procesów zachodzących w rekultywowanym ekosystemie jeziorowym wymaga ogromnej wiedzy limnologicznej. Autorka podjęła się wykonania wielu czasochłonnnych i trudnych metodycznie analiz chemicznych i biologicznych wód oraz osadów dennych. Na podkreślenie zasługuje znakomita znajomość literatury z zakresu metod ochrony i rekultywacji zbiorników wodnych w Polsce i na świecie. Uzyskane wyniki mają dużą wartość poznawczą i aplikacyjną, bowiem

wzbogacają wiedzę o zależności czynników środowiskowych decydujących o produktywności ekosystemów wodnych w warunkach sztucznego napowietrzania. Już na etapie wstępnej analizy wyników badań, praca wnosi wiele istotnych dla praktyki informacji, które mogą być wykorzystywane przy optymalizacji zastosowanej metody.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Pikuły pt. *„Rekultywacja Jeziora Parnowskiego metodą aeracji pulweryzacyjnej”*, spełnia wszystkie warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. nr 65 z 2003 r., poz. 595 z późn. zm.) i wnioskuję do Rady Wydziału Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji o dopuszczenie Pani mgr inż. Katarzyny Pikuły do dalszych etapów przewodu doktorskiego.