

Dr hab. inż. Grzegorz Kaczor, prof. URK  
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej  
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Al. Mickiewicza 21, 32-120 Kraków

Kraków, 29.11.2024r.

Recenzja  
rozprawy doktorskiej **mgr inż. Anny Myki-Raduj**  
pt. **„Opracowanie, wdrożenie i analiza funkcjonowania  
hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków z zamkniętym obiegiem  
wody na terenie Poleskiego Parku Narodowego”**  
zrealizowanej na Wydziale Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego  
w Lublinie oraz Poleskim Parku Narodowym

Promotor rozprawy: prof. dr hab. Krzysztof Józwiakowski,  
Promotor pomocniczy: dr Szymon Kolasa

Rozprawa została zrealizowana we współpracy z Poleskim Parkiem Narodowym  
w ramach IV edycji programu „Doktorat Wdrożeniowy”,  
finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego  
w ramach umowy nr DWD/4/88/2020 z dnia 28.10.2020 r.

## 1. Podstawa prawna recenzji

Podstawą wykonania recenzji była uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka z dnia 4 października 2024 r., przekazana pismem Zastępcy Przewodniczącego Rady Dyscypliny dr hab. Aliny Kowalczyk-Juško, profesor uczelni w dniu 11 października 2024 r.

## 2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Anny Myki-Raduj pt. „*Opracowanie, wdrożenie i analiza funkcjonowania hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków z zamkniętym obiegiem wody na terenie Poleskiego Parku Narodowego*” jest zbiorem trzech spójnych tematycznie artykułów naukowych. Opracowanie dysertacji, przekazane do recenzji, obejmuje 61 stron opisu badań, 3 załączniki z kserokopiami artykułów będących podstawą rozprawy, 3 oświadczenia o wkładzie doktorantki we współautorstwie opublikowanych artykułów oraz dokumentację fotograficzną z wdrożenia hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków z zamkniętym obiegiem wody. Integralnym elementem tekstu rozprawy są streszczenia w języku polskim i angielskim. Autoreferat dysertacji zawiera elementy graficzne w postaci 24 rysunków oraz 5 tabel. Bibliografia rozprawy obejmuje łącznie 70 pozycji, z czego 71% stanowią artykuły naukowe zagranicznych oraz polskich autorów.

Publikacje, zawierające wyniki przeprowadzonych badań, tworzące podstawę rozprawy doktorskiej, stanowią następujące prace:

- **Myka-Raduj A.**, Józwiakowski K., Siwiec T., Raduj W. **2023**. *Changes of Water Consumption in a Forester's Lodge in Polesie National Park (Poland) - Case Study*. Water 15, 3157, <https://doi.org/10.3390/w15173157>;

- **Myka-Raduj A., Józwiakowski K., Bohacz J., Raduj W., Listosz A. 2024.** *Efficiency of operation a hybrid constructed wetland located in the Polesie National Park (Poland) during the start-up period.* Journal of Ecological Engineering, 25 (6), 292–311, <https://doi.org/10.12911/22998993/187962>;
- **Myka-Raduj A., Józwiakowski K., Siwiec T., Rybczyńska-Tkaczyk K., Raduj W. 2024.** *Efficiency of the installation to treatment of outflow from the hybrid constructed wetland system and possibility of reuse of treated wastewater in the household.* Advances in Science and Technology Research Journal, 18 (4), 296–311, <https://doi.org/10.12913/22998624/189619>.

Wszystkie wymienione artykuły, zawierające wyniki badań Doktorantki, wchodzące w skład rozprawy, opublikowano w latach 2023–2024. We wszystkich pracach Anna Myka-Raduj występuje jako pierwsza Autorka. Wszystkie czasopisma, w których opublikowano wyniki badań, przypisane są do dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Sumaryczna wartość współczynnika wpływu IF wszystkich trzech publikacji wynosi 5,3. Sumaryczna wartość punktowa tych publikacji, według MNiSW, wynosi 270, z czego wkład własny Doktorantki, nie niższy w każdej publikacji niż 60%, stanowi łącznie 172 punkty.

W opracowaniu dysertacyjnym kopie monotematycznych artykułów, stanowiących rozprawę doktorską, poprzedzone zostały autoreferatem. Autoreferat obejmuje 8 rozdziałów. W rozdziale *Wstęp* zwrócono uwagę na potrzebę realizacji rozwiązań służących do zagospodarowywania ścieków na terenach cennych przyrodniczo. Wykazano także potrzebę realizacji oczyszczalni z możliwościami powtórnego wykorzystania wody ze ścieków oczyszczonych. W rozdziale *Problem naukowy / hipotezy i cel badań* Autorka przedstawiła problem naukowy wymagający rozwiązania, a następnie sformułowała 3 hipotezy badawcze. Rozdział kończy przedstawienie głównego celu badań oraz 3 celów szczegółowych. W rozdziale *Materiały i metody* Doktorantka scharakteryzowała obszar oraz obiekt badań, a także opisała metodykę badań dotyczącą zużycia wody, efektywności działania oczyszczalni hydrofitowej oraz skuteczności działania instalacji do ponownego wykorzystania wody z oczyszczonych ścieków w gospodarstwie domowym. Najważniejszy rozdział autoreferatu *Wyniki badań i dyskusja* obejmuje 27 stron. Doktorantka przeanalizowała w nim wyniki dotyczące zużycia wody w gospodarstwie, dla którego wdrożony będzie system oczyszczania ścieków z zamkniętym obiegiem wody. Zużycie wody jest podstawą do wszelkich opracowań, obejmujących rozwiązania do zagospodarowania ścieków. Zużycie wody przeanalizowano w odniesieniu do godzin doby, dni tygodnia, miesięcy oraz pór roku. Ustalono także, wynikające z tych badań niezbędne parametry projektowe, takie jak średnie dobowe, maksymalne dobowe, średnie godzinowe oraz maksymalne godzinowe zużycie wody. Na podstawie pomiarów wodomierzowych obliczono także wartości współczynników nierównomierności dobowego oraz godzinowego poboru wody. Ostatnim elementem, tego etapu badań, było określenie średniego dobowego zużycia wody na cele splukiwania misek ustępowych. Należy nadmienić, że wszystkie wyniki, obejmujące całość badań zużycia wody, Doktorantka zawarła w publikacji nr 1, pt. *„Changes of Water Consumption in a Forester’s Lodge in Polesie National Park (Poland) - Case Study”*.

W dalszej części rozdziału *Wyniki badań i dyskusja* Dyplomantka skupiła się na ocenie efektywności działania, w okresie rozruchu, zaprojektowanej a następnie wybudowanej hybrydowej oczyszczalni hydrofitowej. Zbadano i przeanalizowano objętości ścieków odpływające z obiektu badań w okresie od 01.10.2022 do 31.12.2023. W analizie uwzględniono wpływ miesięcznej wysokości opadu atmosferycznego, docierającego na powierzchnię oczyszczalni oraz w konsekwencji na objętość odpływających z obiektu ścieków oczyszczonych. W dalszej kolejności zbadano skład ścieków po kolejnych etapach

oczyszczania. Analizie poddano wartości tlenu rozpuszczonego, BZT<sub>5</sub>, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego w ściekach surowych, w ściekach odpływających z osadnika gnilnego, następnie po złożu typu VF oraz po złożu typu HF. Oprócz wymienionych wskaźników Dyplomantka oceniła, po kolejnych etapach oczyszczania, liczebność bakterii z grupy coli oraz liczebność enterokoków. Ten etap badań zakończyła ocena sprawności oczyszczalni w odniesieniu do skuteczności usuwania poszczególnych zanieczyszczeń oraz bakterii. Pełny zakres wyników badań, dotyczących skuteczności działania hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków, wraz z ich dyskusją zawarto w publikacji nr 2, pt. „*Efficiency of operation a hybrid constructed wetland located in the Polesie National Park (Poland) during the start-up period*”.

Ostatni etap badań, opisany w rozdziale *Wyniki badań i dyskusja*, dotyczył skuteczności doczyszczania ścieków, odpływających z oczyszczalni hydrofitowej, wykorzystanych w gospodarstwie do splukiwania misek ustępowych. Doktorantka przeanalizowała miesięczne objętości ścieków wykorzystanych do splukiwania dwóch misek, określiła kiedy wystąpiły braki ścieków zawracanych z oczyszczalni oraz obliczyła objętości wody wodociągowej wykorzystanej do uzupełnienia tych niedoborów. Zbadano także efektywność usuwania resztek zanieczyszczeń w szeregowym układzie trzech filtrów, wykorzystanych do poprawy jakości zawracanych i pompowanych do zbiorników spluczek misek ustępowych ścieków. Wyniki tych badań, wraz z ich dyskusją, zawarto w publikacji nr 3, pt. „*Efficiency of the installation to treatment of outflow from the hybrid constructed wetland system and possibility of reuse of treated wastewater in the household*”.

Autoreferat Doktorantki kończy rozdział *Wnioski*, zawierający 5 sformułowanych wniosków ogólnych oraz 10 wniosków szczegółowych.

W autoreferacie oraz publikacjach wykorzystano łącznie 70 pozycji bibliograficznych, których uporządkowany spis alfabetyczny dołączony jest do dysertacji.

Załącznikami autoreferatu są kserokopie 3 artykułów naukowych będących podstawą rozprawy, 3 oświadczenia o wkładzie doktorantki we współautorstwie tych prac oraz dokumentacja fotograficzna z poszczególnych etapów wdrożenia hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków z zamkniętym obiegiem wody.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej**

#### **3.1. Zasadność podjętego tematu rozprawy oraz ocena celu i tez badawczych**

Podjęty przez Doktorantkę temat badawczy jest bardzo aktualny oraz doskonale wpisuje się w przyjętą przez Polskę politykę zrównoważonego rozwoju. Powtórne wykorzystanie oczyszczonych ścieków jest nie tylko inicjatywą proekologiczną, ale także inwestycją służącą obniżeniu zużycia wody oraz minimalizowania wpływu zanieczyszczonej wody na środowisko. Według raportu UNESCO (2023/2024) przewiduje się, że globalna populacja zmagająca się z niedoborem wody wzrośnie z 933 milionów w 2016 roku do 1,7–2,4 miliarda ludzi w roku 2050. Szacuje się, że niedobór wody, zwiększany poprzez zmiany klimatyczne, może kosztować niektóre regiony świata do 6% ich produktu krajowego brutto (PKB).

Cel badań jest poprawnie i jasno sformułowany, a podane dodatkowo trzy cele szczegółowe dobrze charakteryzują zakres badań zaplanowanych przez Doktorantkę. Na pochwałę zasługuje bardzo precyzyjne zaplanowanie badań i podział uzyskanych wyników na trzy różne publikacje. Każda z 3 publikacji odpowiada na jeden cel szczegółowy, natomiast wszystkie 3 łącznie w pełni odpowiadają na cel główny rozprawy. Mając na uwadze różne wymagania merytoryczne i tematyczne, poszczególnych wydawnictw naukowych, bardzo ciężko jest, tak precyzyjnie i w pełni, zrealizować plan i opublikować pełny zakres wyników.

Cel szczegółowy nr 1, w brzmieniu „Określenie zmian zużycia wody w osadzie służbowej Poleskiego Parku Narodowego w Kulczynie”, można było doprecyzować poprzez dodanie dopelnienia „dla potrzeb budowy przydomowej oczyszczalni ścieków”.

Doktorantka sformułowała 3 hipotezy badawcze. Hipoteza 1 brzmi: „*Mimo dużych nierównomierności odpływu ścieków bytowych z pojedynczego gospodarstwa domowego zastosowanie hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni pozwala na skuteczne ich oczyszczanie do takiego stopnia, że nie wpływają one destrukcyjnie na stan środowiska przyrodniczego*”. Zastrzeżenie można mieć do końcowego sformułowania tej hipotezy o wpływie destrukcyjnym ścieków na stan środowiska przyrodniczego. Przecież Doktorantka tego zagadnienia nie analizuje, a jedynie odnosi skład ścieków oczyszczonych do dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń podanych w Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz.U. 2019 poz. 1311). Zatem końcowa treść hipotezy powinna brzmieć „...*do takiego stopnia, że spełniają wymagania formalnoprawne ich odprowadzenia do wód lub urządzeń wodnych*”.

W hipotezie 2 również warto byłoby doprecyzować, że chodzi o uzyskanie właściwych parametrów jakościowych ścieków odprowadzanych z oczyszczalni hydrofitowej.

### **3.2. Ocena zakresu wiedzy teoretycznej Doktorantki w dyscyplinie**

Artykuł 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. nakłada na Recenzenta obowiązek oceny wiedzy teoretycznej w dyscyplinie, w której realizowana jest rozprawa. Ten zapis można zweryfikować poprzez ocenę rozpoznania literaturowego w zakresie liczby i rodzaju źródeł bibliograficznych, wykorzystanych w dysertacji.

W autoreferacie, a także 3 publikacjach, wykorzystano łącznie 70 pozycji bibliograficznych, z czego 37 z ostatnich 10 lat. Rozporządzenia, dyrektywy oraz normy stanowią 19 pozycji. Wyniki badań, realizowanych poza granicami naszego kraju, zawarto w 28 artykułach, natomiast rezultaty badań w Polsce w 22 publikacjach. Udział publikacji autorów obcojęzycznych stanowi 56% źródeł bibliograficznych, wykorzystanych przez Dyplomantkę w rozprawie. Podczas dyskusji uzyskanych wyników Doktorantka przywoływała licznie rezultaty badań autorów polskich oraz zagranicznych. Sposób cytowania źródeł jest poprawny.

Reasumując, bibliografia wykorzystana w rozprawie oraz odpowiednio przeprowadzona dyskusja uzyskanych wyników badań wskazują jednoznacznie, że Doktorantka posiadała odpowiednią i wystarczającą wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

### **3.3. Ocena umiejętności samodzielnego prowadzenia badań oraz metod badawczych**

Przedstawiony w rozprawie zakres badań oraz metody ich realizacji pokazują, że Doktorantka od początku potrafiła opracować szczegółowy oraz logiczny plan pracy. Poszczególne badania miały wystarczający zakres czasowy, a kolejność ich wykonywania nie była przypadkowa, lecz adekwatna do etapu realizacji planu rozprawy. W pierwszym etapie badań szczegółowo rozpoznano zużycie wody w gospodarstwie, które było podstawą do zaprojektowania hydrofitowej oczyszczalni ścieków. Odpowiednia, według Recenzenta, dokładność pomiarów wynika z rodzaju i liczby dobranych oraz zainstalowanych wodomierzy, współpracujących z rejestratorami. Daje to możliwość uzyskania pewnej, szczegółowej i wiarygodnej bazy danych. Obliczenia parametrów charakteryzujących zużycie wody są poprawne.

Jedynym zastrzeżeniem, jakie można mieć do tego etapu badań, związane jest z pominięciem w rozprawie tzw. bezzwrotnego zużycia wody. Dotyczy to zużycia wody na cele, które uniemożliwiają jej odpływ do instalacji kanalizacyjnej jako ścieki. Dotyczy to wody używanej na cele podlewania roślin domowych, trawnika, utrzymywanie czystości w obejściu, mycie pojazdów, pojenie zwierząt domowych, itd. W wytycznych technicznych projektowania sieci kanalizacyjnych przyjmuje się, że 5% używanej wody na cele bytowe nie trafia do kanalizacji jako ścieki. Badania Tomasza Bergela z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie wskazują, że objętość ta zwykle jest wyższa i stanowi około 10% używanej dobowo wody w gospodarstwie. Wartość ta ma oczywiście wpływ na średnią dobową objętość ścieków dopływających do oczyszczalni. Warto, aby Doktorantka odniosła się do tego aspektu badań.

W analizie wyników badań, w odniesieniu do rysunku 13 i 14, brakuje próby dopasowania teoretycznego rozkładu statystycznego do rozkładów empirycznych dobowego zużycia wody, co wzbogaciłoby merytorycznie ten etap badań.

Badania składu ścieków, po poszczególnych etapach ich unieszkodliwiania w oczyszczalni hydrofitowej, są wykonane poprawnie oraz zgodnie z przyjętymi standardami. Zastosowane metody oraz aparatura badawcza są odpowiednie. Na pochwałę zasługuje ujęcie w tych eksperymentach liczebności bakterii z grupy coli oraz enterokoków kaowych. Dyskusja wyników zawarta w rozprawie wskazuje, że w Polsce ten temat badawczy nie jest dostatecznie rozpoznany w odniesieniu do oczyszczalni przydomowych, a jest on niezwykle ważny w aspekcie powtórnego wykorzystania ścieków oczyszczonych. Analiza wyników, forma ich przedstawienia oraz dyskusja są poprawne. Jedynym zastrzeżeniem można mieć do formy wykresów przedstawionych na rysunku 19. Doktorantka przedstawiła efektywność usuwania poszczególnych zanieczyszczeń po osadniku wstępnym, po złożu typu VF i po złożu typu HF, jednak efektywność jest policzona od poprzedzającego etapu oczyszczania, a nie od stężenia danego zanieczyszczenia w ściekach surowych. W efekcie, przykładowo dla zanieczyszczeń charakteryzowanych wartością BZT<sub>5</sub>, suma sprawności ich obniżania wynosi 180%. Intencja Doktorantki jest zrozumiała, ale taka forma przedstawienia tych wyników wprowadza w błąd. Pozostałe uchybienia edycyjne oraz błędy nomenklaturowe, dostrzeżone w przedstawianiu wyników, zawarto w uwagach edycyjnych.

Ostatni etap badań obejmował ocenę skuteczności usuwania pozostałych po oczyszczeniu biologicznym, w obiekcie hydrofitowym, zanieczyszczeń ze ścieków dla potrzeb ich wtórnego wykorzystania do spłukiwania misek ustępowych oraz analizę działania samego systemu do wtórnego wykorzystania ścieków. Dobrze rozplanowane w tej instalacji lokalizacje wodomierzy, połączonych z rejestratorami, pozwoliły na uzyskanie szczegółowych danych dotyczących objętości ścieków oczyszczonych, wykorzystanych do spłukiwania 2 misek ustępowych oraz objętości wody wodociągowej wykorzystanej do uzupełniania okresowych niedoborów tych ścieków. Obliczono także, jaką oszczędność wody powoduje powtórne wykorzystanie ścieków z oczyszczalni hydrofitowej. Doktorantka zaproponowała również prosty układ filtrów do poprawy jakości ścieków oczyszczonych. Wyniki badań wykazały, że filtry spełniły swoją funkcję, jednak będą one wymagały wymiany wypełnienia w odstępach miesięcznych.

Ten ostatni etap badań rozprawy jest bardzo istotny, ponieważ wskazuje jednoznacznie na praktyczne możliwości wykorzystania ścieków oczyszczonych do spłukiwania toalet zarówno w aspekcie ilościowym, jak i jakościowym.

W aspekcie działania samej instalacji do powtórnego wykorzystania ścieków pojawia się pytanie, jakie są koszty wymiany wypełnienia tych 3 filtrów, koszty zasilania lampy UV oraz orientacyjne koszty pompowania ścieków do zbiorników spłuczek, w odniesieniu do uzyskanej obniżki miesięcznych kosztów wynikających ze zmniejszonego zużycia wody? Jak praktycznie kształtuje się ten bilans? Recenzent jest świadomy, że w Polsce,

gdzie dostępność do wody jest powszechna, taki bilans rzadko jest korzystny ekonomicznie w aspekcie instalacji do powtórnego wykorzystania wody szarej, wody deszczowej, a tym bardziej ścieków oczyszczonych. W opinii recenzenta taka informacja jest ważna. Oczywiście sposób doczyszczenia ścieków z oczyszczalni hydrofitowej, jeżeli jest nieekonomiczny, może być celem dalszych interesujących badań i analiz.

Metodyka badań jakościowych wody z instalacji do jej podczyszczenia jest poprawna. Liczba pobranych próbek, czasookres badań oraz metodyka ich analizy dają podstawę do uzyskania wiarygodnych danych pomiarowych. Uzyskane wyniki wskazują na odpowiednią efektywność działania zastosowanych filtrów.

W odniesieniu do oceny merytorycznej ostatniego etapu badań i analiz pojawia się pewna wątpliwość. Jeżeli statystyczny rozkład empiryczny niektórych danych pomiarowych nie był zgodny z rozkładem normalnym, jak pisze Doktorantka, to czy podjęła próbę transformacji tych danych metodą Boxa-Coxa, metodą Blissa, logarytmowania lub pierwiastkowania? Jak powszechnie wiadomo testy nieparametryczne, w tym test Wilcoxon, są mniej restrykcyjne w ocenie zależności od testów parametrycznych, dlatego warto podjąć próbę transformacji danych do rozkładu normalnego.

Rozprawę kończy 5 wniosków ogólnych oraz aż 10 wniosków szczegółowych. Zdaniem Recenzenta wniosek 1 nie powinien znaleźć się w rozprawie, ponieważ dla osób zajmujących się tematyką wodociągową jest on oczywisty. Wartości współczynników nierównomierności  $N_d$  oraz  $N_h$  zależą od wielkości osiedla i wiedzą powszechną jest, że dla pojedynczego budynku są one wyższe niż dla całego osiedla. Warto byłoby natomiast podać, na podstawie przeprowadzonych badań, jakie ich wartości należałoby przyjmować przy projektowaniu przydomowej oczyszczalni ścieków. Proponuję wniosek 4 w brzmieniu: „*Objętość wody zużywanej do splukiwania toalet stanowi średnio około 20% ogólnej ilości zużywanej wody i można do tego celu wykorzystać ścieki oczyszczone odpływające z hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków*” doprecyzować: „*Objętość wody zużywanej do splukiwania toalet stanowi średnio około 20% ogólnej ilości zużywanej wody w gospodarstwie domowym...*”. Wniosek szczegółowy 2 należy przereklamować i skrócić. We wniosku szczegółowym 3, warto byłoby podać, o ile procent ewapotranspiracja obniża dobowo objętość ścieków oczyszczonych, odprowadzanych do środowiska. Podsumowując, niektóre wnioski szczegółowe wymagają doprecyzowania i przereklamowania. Należy jednocześnie zaznaczyć, że treść sformułowanych wniosków ogólnych odpowiada na główny cel badań rozprawy oraz cele szczegółowe.

Ostatni wątek w ocenie merytorycznej pracy, w aspekcie umiejętności samodzielnego prowadzenia badań, dotyczy udziału własnego Doktorantki w trzech publikacjach jednotematycznych, stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej. Zdaniem Recenzenta niewłaściwie zestawiono zakres działań szczegółowych Doktorantki, w odniesieniu do podanego Jej udziału procentowego, wynoszącego od 60 do 70%. Biorąc pod uwagę podany udział procentowy, Doktorantka powinna mieć przypisaną samodzielnie osobowo przynajmniej połowę prac składowych przy powstawaniu publikacji, a rola Promotora oraz Promotora Pomocniczego powinna się skupiać głównie na nadzorze merytorycznym. Tymczasem 2 i 3 współautor ma prawie taki sam zakres prac przy publikacji jak Doktorantka. Na podstawie tak wykonanego zestawienia trudno jest ocenić rzeczywisty i samodzielny wkład Doktorantki w rozprawie. Opisanie metodyki badań, zebranie i zestawienie źródeł bibliograficznych, zebranie materiału badawczego, analiza tych danych, obliczenia statystyczne, napisanie pierwszej wersji manuskryptu publikacji – te zadania powinny być głównie realizowane przez Doktorantkę. Powinna Ona także, tu już przy ewentualnej pomocy Promotorów, odpowiadać na pytania recenzentów artykułów. Na obronie rozprawy Doktorantka powinna wyjaśnić wątpliwości w tym zakresie.

### 3.4. Uwagi edycyjne

W treści recenzowanej rozprawy doktorskiej zauważono sporadyczne potknięcia językowe, edycyjne, formalne i nomenklaturowe, które są nieuniknione w rozwijającym się warsztacie pisarskim młodego naukowca. Niedociągnięcia te nie mają istotnego wpływu na końcową ocenę rozprawy doktorskiej.

- Strona 19, tabela 3. Czas retencji ścieków w złożu oczyszczalni hydrofitowej podaje się w dobach [d], a nie dniach.
- Strona 21, rysunek 7. W legendzie symboli przyborów sanitarnych brakuje symbolu brodzika natrysku. Pralkę i zmywarkę także można zaliczyć do przyborów sanitarnych i podać ich symbol w legendzie. Wszystkie symbole przyborów powinny być zgodne z normą PN-84/B-01701. W kanalizacyjnej nomenklaturze instalacyjnej stosuje się sformułowanie „miska ustępowa”, a nie „miska klozetowa”, podobnie „spluczka toaletowa”, a nie „spluczka klozetowa”.
- Strona 29-32, rysunki 10–12. Wykresy godzinowego oraz dobowego zużycia wody zwykle przedstawia się graficznie za pomocą wykresów słupkowych, które precyzyjniej obrazują kształt rozkładu poboru wody. Na osi odciętych powinny być konkretne godziny doby, a nie „kolejne godziny doby”, bo wtedy nie wiadomo od której godziny zaczyna się wykres. Dodatkowo, czytelność wykresów poprawiłoby dodanie na każdym wykresie podtytułu z dniem tygodnia, nazwą miesiąca lub pory roku. Opisanie tych wykresów tylko literą alfabetu utrudnia ich interpretację.
- Strona 33, tabela 5. Wartość  $Q_{\text{hmax}}$  omyłkowo podano w jednostce  $[\text{m}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}]$  zamiast w  $[\text{m}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}]$ .
- Strona 34, rysunki 13–14. Oś odciętych wykresu na rysunku 13 powinna być podpisana „Czas trwania [h]” lub „Czas [h]”, zamiast „Kolejne godziny stycznia 2022”, natomiast na rysunku 14 „Czas trwania [d]” lub „Czas [d]”, zamiast „Kolejne dni w 2022 roku”. W legendzie tych rysunków punkty tworzące wykres powinny być opisane jako „zużycie wody”, a nie „Styczeń 2022” oraz „Rok 2022”. Zastosowany przez Doktorantkę opis osi i legendy może wprowadzać czytelnika w błąd podczas interpretacji tych wykresów.
- Strona 37, rysunek 17. W legendzie rysunku w autoreferacie brakuje opisu czerwonej linii oraz dodatkowej osi pionowej wraz z wartościami. Wykres ten poprawnie jest natomiast przedstawiony w publikacji nr 2.
- Strona 38, rysunek 18. W podpisie rysunku 18 lepiej byłoby użyć sformułowania „średnie wartości wskaźników fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych”, zamiast „średnie stężenia”. To sformułowanie nie jest poprawne w odniesieniu do BZT<sub>5</sub>, ChZT i liczebności bakterii. Oś odciętych na wykresach rysunku 18 powinno się podpisać „Etap oczyszczania ścieków”.
- Strona 39, wiersz 4. Nie powinno się używać sformułowania „stężenia badanych wskaźników” tylko „wartości badanych wskaźników” lub „stężenia badanych zanieczyszczeń, ponieważ przykładowo BZT<sub>5</sub> i ChZT opisuje się wartością, a nie stężeniem.
- Strona 51, rysunek 23. Poprawny podpis rysunku powinien brzmieć „Średnia efektywność usuwania poszczególnych zanieczyszczeń ze ścieków w badanej instalacji doczyszczającej”, ponieważ nie „redukuje się wskaźników” a jedynie obniża ich wartości.

### **3.5. Zagadnienia wymagające wyjaśnienia przez Doktorantkę**

Podczas recenzowania rozprawy doktorskiej pojawiły się pewne wątpliwości lub zagadnienia wymagające doprecyzowania lub wyjaśnienia przez Doktorantkę podczas publicznej obrony.

- Czy w analizie zużycia wody w gospodarstwie, w odniesieniu do powstającej dobowej objętości ścieków, uwzględniono tzw. objętość bezzwrotną? Dotyczy to zużycia wody na cele dodatkowe, które uniemożliwiają jej odpływ do instalacji kanalizacyjnej. Do celów tych można zaliczyć podlewanie roślin domowych, trawnika, utrzymywanie czystości w obejściu, mycie pojazdów, splukiwanie chodnika.
- W ramach analizy statystycznej, jeżeli rozkład empiryczny danych pomiarowych nie był zgodny z rozkładem normalnym, to czy podjęto próbę ich transformacji metodą Boxa-Coxa, metodą Blissa lub inną?
- Czy w wykonanej już instalacji, służącej do zawracania ścieków oczyszczonych do zbiorników misek ustępowych, uwzględniono zawory antyskażeniowe? W załączonych do publikacji schematach nie są one pokazane. Zawory te są niezbędne, aby ochronić instalację wodociągową przed skażeniem ściekami, podczas wystąpienia podciśnienia w przewodach, będącego skutkiem awarii lub uszkodzenia rur.
- Jakie są koszty wymiany wypełnienia 3 filtrów, zastosowanych w instalacji do powtórnego wykorzystania ścieków, orientacyjne miesięczne koszty działania lampy UV oraz pompowania ścieków do zbiorników spluczek w odniesieniu do miesięcznego obniżenia kosztów ze względu na niższe zużycie wody? Jak praktycznie kształtuje się ten bilans?
- Jakie prace szczegółowe Doktorantka wykonywała samodzielnie przy powstawaniu publikacji monotematycznych, tworzących trzon rozprawy doktorskiej?

### **4. Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy**

Uwzględniając przedstawiony w rozprawie zakres badań, metodykę tych badań, zaprojektowanie i wykonanie na podstawie uzyskanych wyników dwustopniowej oczyszczalni hydrofitowej, zbadanie jej sprawności działania, a następnie opracowanie i wdrożenie pełnego systemu do doczyszczania ścieków z oczyszczalni i powtórnego ich wykorzystania do splukiwania misek ustępowych w celu zmniejszenia zużycia wody oraz ocena skuteczności działania tego rozwiązania w pełni spełniają wymagania doktoratów wdrożeniowych. Sprecyzowany w pracy cel, tezy, zakres badań, ich zaplanowanie i realizacja oraz przedstawienie i interpretacja uzyskanych wyników, świadczą o dojrzałości naukowej Doktorantki, a tym samym o Jej umiejętności samodzielnego prowadzenia prac naukowych. Bibliografia wykorzystana w rozprawie oraz odpowiednio przeprowadzona dyskusja uzyskanych wyników badań wskazują jednoznacznie, że Doktorantka posiadała odpowiednią i wystarczającą wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Opublikowanie w uznanych czasopismach naukowych uzyskanych wyników badań, podzielonych logicznie i tematycznie na trzy artykuły, potwierdza zasadność i aktualność podjętego tematu rozprawy, wpisującego się w pełni w politykę zrównoważonego rozwoju.



Odnosząc się do aktualnie obowiązujących przepisów, zawartych w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r (Dz. U. z 2023 r. poz. 742. z późn. zm.) stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Anny Myki-Raduj stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz odpowiednią wiedzą teoretyczną w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie mgr inż. Anny Myki-Raduj do dalszego postępowania kwalifikacyjnego, przewidzianego w procedurze uzyskania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Gregorz Kucior