

Kraków, 6 grudnia 2024 r.

Dr hab. inż. Tomasz Bergier, prof. AGH
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr Anny Myki-Raduj
pt. „Opracowanie, wdrożenie i analiza funkcjonowania
hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków z zamkniętym obiegiem
wody na terenie Poleskiego Parku Narodowego”**

Podstawa prawna

Podstawą prawną wykonania recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 20 lipca 2024 r., przekazana pismem Zastępcy Przewodniczącego Rady Dyscypliny dr hab. Aliny Kowalczyk-Juško, prof. UPL (nr NE.5200.5.1.2024).

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska stanowi spójny tematycznie cykl trzech publikacji, które składają się na oryginalne rozwiązanie problemu badawczego dotyczącego hydrofitowego oczyszczania ścieków bytowych oraz możliwości ich ponownego wykorzystania. W skład cyklu wchodzi publikacje opublikowane w latach 2023–2024, które zostały zestawione w Rozdziale 1 rozprawy, wraz z procentowym udziałem wszystkich współautorów, sumą punktów MNiSW oraz ich przeliczeniem wg udziału Doktorantki, a także Impact Factor.

- P1. Myka-Raduj A. (70%), Józwiakowski K., (10%), Siwiec T. (10%), Raduj W. (10%), *Changes of Water Consumption in a Forester's Lodge in Polesie National Park (Poland) - Case Study*. Water 2023, 15, 3157. <https://doi.org/10.3390/w15173157>.
Punkty MNiSW: 100, udział własny 70; IF: 3,0
- P2. Myka-Raduj A. (60%), Józwiakowski K. (15%), Bohacz J. (10%), Raduj W. (10%), Listosz A. (5%), *Efficiency of operation a hybrid constructed wetland located in the Polesie National Park (Poland) during the start-up period*. Journal of Ecological Engineering 2024, 25 (6), 292–311 <https://doi.org/10.12911/22998993/187962>.
Punkty MNiSW: 70, udział własny 42; IF: 1,3

P3. Myka-Raduj A. (60%), Józwiakowski K. (10%), Siwiec T. (15%), Rybczyńska-Tkaczyk K. (10%), Raduj W. (5%), *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* 2024, 18 (4), 296–311 <https://doi.org/10.12913/22998624/189619>.

Punkty MNiSW: 100, udział własny 60; IF: 1,0

Recenzowana rozprawa doktorska została zrealizowana we współpracy z Poleskim Parkiem Narodowym w ramach IV edycji programu „Doktorat Wdrożeniowy” Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (umowa nr DWD/4/88/2020 z dnia 28.10.2020 r.). Opiekunem naukowym i promotorem jest prof. dr hab. Krzysztof Józwiakowski, a opiekunem pomocniczym ze strony Poleskiego Parku Narodowego dr Szymon Kolasa.

Opracowanie zawierające ww. cykl publikacji liczy 124 strony, z czego 62 strony stanowi część opisowa, będąca syntezą treści przedstawionych w publikacjach, składający się na cykl tematyczny. Opracowanie ma klarowną i prawidłową strukturę, na którą składają się następujące elementy: spis treści, zestawienie artykułów naukowych składających się na rozprawę doktorską, streszczenie w języku polskim wraz ze słowami kluczowymi, streszczenie w języku angielskim, wstęp, problem naukowy/hipotezy i cel pracy, materiały i metody, wyniki badań i dyskusja, wnioski, bibliografia, kopie opublikowanych prac wchodzących w skład cyklu publikacji, oświadczenia Doktorantki oraz współautorów dotyczących ich wkładu w przygotowanie opublikowanych prac naukowych, dokumentacja fotograficzna. Opracowanie nie zawiera informacji na temat innych osiągnięć Doktorantki, w szczególności naukowych (publikacje poza cyklem, udział w konferencjach i projektach naukowych, stażach itp.), dydaktycznych czy popularyzatorskich. Nie załączono spisu rysunków, ani spisu tabel.

We *Wstępie* (Rozdział 4) Doktorantka wprowadza czytelnika w ogólną tematykę gospodarki wodno-ściekowej, w szczególności omawia wyzwania wynikające z potrzeby sanitacji obszarów o rozproszonej zabudowie, wykazuje konieczność stosowania rozwiązań indywidualnych (zamiast systemów scentralizowanych zbierania i oczyszczania ścieków komunalnych, stosowanych powszechnie w aglomeracjach). Wskazuje hydrofitowe oczyszczalnie ścieków jako rozwiązanie o dużym potencjale w tym zakresie. Pokazuje też potencjał zamykania obiegu wody, w szczególności ponowne wykorzystanie oczyszczonych ścieków komunalnych do spłukiwania toalet, podlewania upraw i ogródków przydomowych. Udowadnia konieczność badań w tym zakresie, w szczególności potrzeby na terenie Poleskiego Parku Narodowego i w jego otoczeniu, gdzie dominującym rozwiązaniem są tzw. oczyszczalnie z drenażem rozsączającym.

W Rozdziale 5 wyartykułowano problem naukowy rozprawy doktorskiej, a także hipotezy i cel badań. Problem naukowy został zdefiniowany w następujący sposób: konieczność aktywnych działań dla ochrony zasobów wody wpisujących się w założenia gospodarki cyrkulacyjnej wymaga rozwiązania problemu powtórnego wykorzystania oczyszczonych ścieków odpływających z oczyszczalni hydrofitowej do spłukiwania toalet i podlewania roślin. Natomiast hipotezy badawcze brzmią następująco:

1. 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.
2. Zastosowanie trójstopniowej filtracji przy wykorzystaniu odpowiednio dobranych filtrów oraz lampy UV pozwala na uzyskanie właściwych parametrów jakościowych ścieków biologicznie oczyszczonych z przeznaczeniem do powtórnego wykorzystania na wybrane cele bytowe.
3. Wykorzystanie zawróconych ścieków oczyszczonych do splukiwania toalety pozwala na obniżenie zużycia wody w gospodarstwie domowym o co najmniej kilkanaście procent w skali roku.

W rozdziale tym został również sformułowany cel wdrożeniowy oraz naukowy, a także cząstkowe cele szczegółowe. Cel wdrożeniowy: opracowanie koncepcji i projektu budowy oraz wdrożenie hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków z zamkniętym obiegiem wody. Cel naukowy: analiza funkcjonowania hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków i dostosowanie jej ciągu technologicznego do zamknięcia obiegu wody w osadzie służbowej Poleskiego Parku Narodowego w Kulczynie. Cele szczegółowe: (1) określenie zmian zużycia wody w osadzie służbowej Poleskiego Parku Narodowego w Kulczynie; (2) określenie efektywności usuwania zanieczyszczeń ścieków we wdrożonej hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków; (3) ocena efektywności funkcjonowania instalacji do doczyszczania ścieków odpływających z wdrożonej oczyszczalni ścieków oraz możliwości ich powtórnego wykorzystania.

W Rozdziale 6 (*Materiały i metody*) Doktorantka scharakteryzowała obszar oraz obiekt badań, czyli odpowiednio Poleski Park Narodowy oraz osadę służbową, w której funkcjonowała instalacja badawcza. W dalszej części tego rozdziału zawarto analizę szeregu parametrów, które zostały wykorzystane do zaprojektowania i wykonania instalacji badawczej, w tym ilość, jakość oraz nierównomierności ścieków komunalnych powstających w obiekcie badawczym. Następnie szczegółowo opisano i scharakteryzowano eksperymentalną hydrofitową oczyszczalnię ścieków, składającą się dwukomorowego osadnika wstępnego, przepompowni ścieków surowych, dwóch złóż gruntowo-roślinnych z pionowym i poziomym przepływem, przepompowni i systemu do zawracania oraz doczyszczania oczyszczonych ścieków w celu ich ponownego wykorzystania w gospodarstwie domowym, a także studni chłonnej do odprowadzania nadmiaru ścieków oczyszczonych do gruntu. W części tej zawarto również obszernie zestawienie parametrów technologicznych instalacji badawczej, a także szczegółowe rysunki, schematy oraz liczne zdjęcia. Rozdział 6 zawiera również szczegółowy opis metodyki prowadzonych badań, w tym: (1) wodomierzy wraz z towarzyszącym wyposażeniem, które zostały wykorzystane do precyzyjnego określenia zużycia wody na poszczególne cele; (2) sposobu, częstości oraz okresów pobierania próbek ścieków, a także metodyki oznaczeń badanych parametrów ich jakości; (3) układu pomiarowego parametrów meteorologicznych.

Wyniki przeprowadzonych badań oraz ich dyskusja zostały przedstawione w Rozdziale 7. Rozdział ten został podzielony na trzy podrozdziały, odpowiadające publikacjom składającym się na cykl:

1. Zmiany zużycia wody w osadzie służbowej Poleskiego Parku Narodowego.
2. Efektywność działania hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków w okresie rozruchu.
3. Skuteczność instalacji do oczyszczania ścieków odpływających z hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni i możliwość ich ponownego wykorzystania w gospodarstwie domowym.

Rozdział 8 zawiera wnioski, które Doktorantka wyciągnęła po przeanalizowaniu wyników badań. Wnioski te podzielono na dwie grupy (1) pięć wniosków ogólnych, stanowiących rozwiązanie założonego problemu naukowego oraz (2) dziesięć wniosków szczegółowych, potencjalnie przydatnych przy realizacji podobnych obiektów i instalacji.

Rozdział 9 stanowi spis źródeł literaturowych, który zawiera 70 pozycji. Większość z nich to artykuły naukowe, zarówno anglo- jak polskojęzyczne, dobrane adekwatnie do tematyki doktoratu. Poza artykułami naukowymi, spis zawiera również normy dotyczące oznaczeń laboratoryjnych (11 poz.), przepisy prawa krajowego (3 poz.) i dyrektywy Komisji Europejskiej (2 poz.).

Rozdział 10 zawiera kopie opublikowanych prac wchodzących w skład cyklu publikacji. W Rozdziale 11 załączono oświadczenia Doktorantki oraz współautorów, dotyczące ich wkładu w przygotowanie opublikowanych prac naukowych – każde z nich zawiera udział procentowy każdego z autorów oraz opis zaangażowania w różne aspekty pracy nad publikacją (tj. opracowanie koncepcji badań; metodyka badań; źródła literaturowe; zebranie materiału badanego; wykonanie analiz laboratoryjnych; zebranie obserwacji; analiza danych; obliczenia statystyczne; napisanie manuskryptu; nadzór merytoryczny; przygotowanie odpowiedzi na recenzję pracy). Rozdział 12 zawiera obszerną dokumentację fotograficzną, bogato ilustrującą instalację badawczą, poszczególne etapy jej budowy oraz funkcjonowania w trakcie realizacji badań, a także szczegółowe widoki każdego z elementów składowych instalacji.

Merytoryczna ocena rozprawy

Tytuł rozprawy doktorskiej w pełni odpowiada tematyce cyklu publikacji. W skład cyklu wchodzi trzy artykuły opublikowane w latach 2023–2024. Łączna suma punktów MNiSW publikacji stanowiących cykl publikacji wynosi 270 pkt. (uwzględniając udział procentowy Doktorantki – 172 pkt), a sumaryczny IF 5,3. Badania stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych o zasięgu międzynarodowym, posiadających współczynnik oddziaływania IF w zakresie od 1,0 do 3,0. Należy podkreślić i docenić fakt, że Doktorantka jest pierwszym autorem wszystkich trzech prac wchodzących w skład rozprawy doktorskiej. Poza tym, z oświadczeń współautorów jasno wynika, że podczas prac nad każdą z publikacji cyklu, Doktorantka aktywnie uczestniczyła w większości etapów pracy, w szczególności w tworzeniu koncepcji pracy, opracowaniu metodyki badań, przygotowaniu źródeł literaturowych, zebraniu materiału badawczego, zebraniu obserwacji, analizie danych, przygotowaniu manuskryptu oraz przygotowaniu odpowiedzi na recenzje prac. Tak więc Doktorantka była zaangażowana we wszystkich artykułach w znakomitą większość działań (*de facto* we wszystkie, poza

wykonaniem analiz laboratoryjnych i obliczeniach statystycznych). Podsumowując, jej wkład merytoryczny i praktyczny we wszystkie aspekty przygotowania publikacji był znaczący (dotyczy to również części badawczej), miała dominującą rolę w powstaniu publikacji, udział pozostałych autorów miał charakter wspierający i/lub nadzorujący (zwłaszcza Promotora), nie ma żadnych wątpliwości, że zaprezentowane artykuły cyklu stanowią osiągnięcie naukowe Doktorantki.

Metodyka, sposób prowadzenia badań i wyniki zawarte w pracach, składających się na cykl rozprawy doktorskiej, pod względem merytorycznym i formalnym nie budzą jakichkolwiek zastrzeżeń. Hipotezy badawcze sformułowane przez Doktorantkę na początku badań zostały potwierdzone, a główny cel wdrożeniowy oraz cele szczegółowe – w pełni zrealizowane. Tematyka pracy jest aktualna, wpisuje się w światowe trendy badań, praca badawcza wykonana w ramach rozprawy doktorskiej poszerza zakres istniejącej wiedzy, dotyczącej możliwości zastosowania osiągnięć inżynierii ekologicznej do oczyszczania ścieków komunalnych w obszarach o rozproszonej zabudowie i zamykania obiegu wody.

W przypadku rozprawy doktorskiej, składającej się z cyklu artykułów, często pojawiają się wątpliwości o spójność i kompletność przedstawionych badań, obawy o fragmentaryzację prezentowanych treści i realizowanych badań, czy wręcz rozproszenie przekazu i dyskusji naukowej. Doktorantce w zaprezentowanym cyklu udało się uniknąć tego typu zagrożeń, artykuły wiążą się ze sobą tematycznie, stanowią kolejne etapy przemyślanych, dobrze zaplanowanych i przeprowadzonych badań. Artykuły czyta się jak kolejne części składowe większej całości, w których dyskutowane są wyniki cząstkowe i wyciągane wnioski, na tej podstawie uszczegóławia się kolejne etapy badań. Ma się wręcz wrażenie, że po zrealizowaniu danego etapu badań (danej publikacji), dodawane są kolejne elementy instalacji badawczej i uszczegółowiane są badania w kolejnym etapie. Pod tym kątem, sposób konstrukcji cyklu, powiązania merytorycznego publikacji oraz logicznego następstwa prowadzonych prac, zaprezentowaną dysertację należy ocenić jako wzorową.

Szczególnie wysoko oceniam aspekt techniczny, inżynierski badań zrealizowanych i opisanych w ramach dysertacji. Dotyczy to zwłaszcza instalacji badawczej, zarówno w odniesieniu do jej pojedynczych elementów składowych, jak ich połączenia w logiczną i funkcjonalną całość, a także wyposażenia dodatkowego. Na szczególną pochwałę zasługuje oczyszczalnia hydrofitowa – jest to obiekt wzorcowy pod kątem wszystkich aspektów, zaczynając od koncepcji i schematu funkcjonalnego, przez techniczny projekt całości oraz poszczególnych części składowych, aż po dobór roślinności. Oczyszczalnia, poza ważną rolą jaką spełniła jako centralny element instalacji badawczej, bez wątpienia będzie przez lata służyła jako solidne, efektywne i bezawaryjne urządzenie do oczyszczania ścieków bytowych. Niewątpliwie ma również ogromny potencjał jako obiekt pokazowy, służący promocji i popularyzacji hydrofitowej technologii oczyszczania ścieków. Warto również pochwalić wyposażenie instalacji badawczej w szereg urządzeń umożliwiających prowadzenie dodatkowych pomiarów i obserwacji. Poza zapewnieniem możliwości poboru prób wody i ścieków na potrzeby analiz laboratoryjnych (celem oceny jakości wody i ścieków), zaplanowano i zainstalowano szereg wodomierzy, pozwalających w sposób precyzyjny i całościowy ocenić zużycie wody na poszczególne cele, a następnie na tej podstawie zaplanować możliwości częściowego zastąpienia wody jakości do picia wodą z odzysku. Na

pochwałę zasługuje również instalacja do pomiaru parametrów meteorologicznych, szczególnie tych dotyczących opadu atmosferycznego (który to parametr ma istotny wpływ na ocenę pracy oczyszczalni hydrofitowej, a szczególnie jej sezonowej zmienności).

Ocena poszczególnych artykułów cyklu

Pierwszy artykuł cyklu, czyli Myka-Raduj i in. (2023), *Changes of Water Consumption in a Forester's Lodge in Polesie National Park (Poland) – Case Study*, zawiera analizę zużycia wody w obiekcie badawczym. Artykuł zawiera szczegółowe i różnorodne wyniki jednorocznych badań w tym zakresie, w szczególności wartości sumaryczne, a także w podziale na pory roku. Pokazano również godzinową zmienność zużycia wody w każdym dniu tygodnia (również w podziale na pory roku i w każdym z miesięcy). Przeanalizowano również współczynnik nierównomierności zużycia wody. Uzyskane wartości porównano do wartości literaturowych uzyskanych przez innych autorów, a także do wartości podawanych w wytycznych projektowych. Szczególnie ważnym i interesującym aspektem badań opisanych w pierwszej publikacji, zarówno pod kątem naukowym, jak wdrożeniowym, jest określenie ilości wody zużywanej do spłukiwania toalet. Generalnie, artykuł należy ocenić pozytywnie, wszystkie badania zostały zaplanowane i zrealizowane prawidłowo, również instalacja badawcza została zaprojektowana i wykonana w sposób zapewniający wiarygodne i kompleksowe przeprowadzenie zaplanowanych badań, a także osiągnięcie zakładanych efektów. Jednak jego główną wartość stanowi opis badań wstępnych i ich wyników, co tworzy dobrą podstawę do zaplanowania i zaprojektowania całej złożonej instalacji badawczej, dzięki której możliwe było zrealizowanie zasadniczych badań (opisanych w pozostałych dwóch publikacjach cyklu).

Drugi artykuł cyklu, czyli Myka-Raduj i in. (2024), *Efficiency of operation a hybrid constructed wetland located in the Polesie National Park (Poland) during the start-up period*, opisuje efekty oczyszczania ścieków w badanej oczyszczalni hydrofitowej, zawiera również analizę bilansu ilościowego tych ścieków. Badania prowadzono przez okres 15 miesięcy, w początkowym okresie funkcjonowania oczyszczalni. Artykuł ma wysoką wartość merytoryczną i naukową, należy też docenić jego aspekty wdrożeniowe i praktyczne. Już sama analiza ilości ścieków dopływających i odpływających z oczyszczalni (stanowiąca pierwszą część artykułu) dostarcza ciekawych obserwacji i wniosków, tym bardziej, że powiązano ją z parametrami meteorologicznymi: temperaturą powietrza oraz sumą opadów atmosferycznych, co pozwoliło określić udział wód opadowych w bilansie ścieków. Jednak najistotniejszymi i najciekawszymi wnioskami z tej części artykułu są te związane ze zmianą ilości ścieków w efekcie ich przepływu przez układ oczyszczalni. Najważniejszą częścią artykułu są wyniki badań nad efektywnością oczyszczania ścieków w badanym obiekcie hydrofitowym. W tym celu wykonano 14 serii badawczych, w których pobrano 56 próbek ścieków, w których oznaczono 5 parametrów fizykochemicznych (zawiesiny ogólne, BZT₅, ChZT, azot ogólny, fosfor ogólny) oraz 2 parametry mikrobiologiczne (liczebność bakterii *Escherichia coli* oraz enterokoków kałowych). Program i zakres badań należy ocenić jednoznacznie pozytywnie, w tym dobór wskaźników jakościowych, liczbę próbek, generalnie sposób zaplanowania i wykonania badań. Uzyskane wyniki zostały należycie opisane i zaprezentowane, przeprowadzono również prawidłową ich interpretację i dyskusję. Niewątpliwie mają dużą wartość poznawczą i naukową, przyczyniają się do zwiększenia wiedzy na temat funkcjonowania oczyszczalni hydrofitowych, ich efektywności. Mam ogromną nadzieję, że badania te będą kontynuowane, a być może nawet poszerzane. Dotychczasowe wyniki i inne rezultaty tych badań, a także obecność i funkcjonowanie instalacji badawczej, tworzą ku temu doskonałe warunki.

Trzeci artykuł cyklu, czyli Myka-Raduj i in. (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, dotyczy badań nad efektywnością doczyszczania ścieków oczyszczonych w hydrofitowej oczyszczalni i możliwość ich ponownego wykorzystania w gospodarstwie domowym do spłukiwania toalet i na inne cele o niższych wymogach jakościowych. Badania prowadzono w analogicznym okresie jak w przypadku drugiej publikacji w cyklu (15 miesięcy, od października 2022 do grudnia 2023). Zakres oznaczanych parametrów jakości ścieków (czy w tym przypadku już raczej wody) był identyczny jak w przypadku drugiego artykułu cyklu. Poza analizami laboratoryjnymi, wykonano również analizę ilości ścieków, które zostały ponownie wykorzystane, zastępując wodę o jakości do picia (na cele spłukiwania toalet lub podlewania roślin). Zaprezentowane wyniki badań oraz ich dyskusja mają dużą wartość merytoryczną i naukową. Stanowią niewątpliwie osiągnięcie badawcze i wkład w naukę i wiedzę na temat możliwości zamykania obiegu wody, ponownego wykorzystania wody pochodzącej ze ścieków.

Uwagi dyskusyjne

Kończąc ocenę cyklu artykułów jako całości, w żaden sposób nie dyskretyzując wyrażonych powyżej pochwał, mam kilka uwag merytorycznych o charakterze dyskusyjnym (wyrażam je z nadzieją na odpowiedź i dyskusję w trakcie obrony).

1. W przekazanej do recenzji dysertacji, zdecydowanie zabrakło opisu i analizy aspektów finansowych stworzenia i eksploatacji badanej instalacji wodno-ściekowej. Mniej istotne (choć na pewno interesujące) są koszty elementów specyficznych, których obecność wynikała z potrzeb badań naukowych (np. liczne wodomierze czy układ pomiarowy parametrów meteorologicznych), jednak niezwykle cenna byłaby analiza kosztów instalacji technicznej, zarówno w całości, jak i w funkcjonalnych wariantach (por. punkt 3 poniżej), szczególnie dla hydrofitowej oczyszczalni ścieków. Nawet jeśli nie udało się zawrzeć tego typu analiz w publikacjach, zupełny brak ich w dysertacji uważam za jeden z zasadniczych braków recenzowanego materiału. Znaczenie aspektów finansowych jest kluczowe dla realnej i wiarygodnej oceny możliwości praktycznego zastosowania tego typu rozwiązań i ich popularyzacji, zarówno w Poleskim Parku Narodowym, jak w regionie czy całym kraju. Proszę Doktorantkę o wyjaśnienie tego braku i – jeśli to możliwe – o krótkie omówienie aspektów finansowych w trakcie obrony.
2. W dysertacji zabrakło również dyskusji i rzetelnej oceny aspektów eksploatacyjnych i użytkowych badanej instalacji, w szczególności: konieczności bieżącego nadzoru i obsługi; częstotliwości, stopnia skomplikowania i uciążliwość awarii; uciążliwości zapachowych i innych niedogodności. Poza aspektami finansowymi, komfort i zadowolenie użytkowników jest kluczowym elementem, warunkującym praktyczne zastosowanie danego rozwiązania. W niektórych miejscach rozprawy pojawiły się wybiórcze informacje na ten temat (np. konieczność częstej wymiany wkładów filtru uzdatniania wody), jednak można domniemywać, że w przypadku tak złożonej instalacji, wykorzystującej tak dużą liczbę pomp, wodomierzy i innych urządzeń, jest spore ryzyko awarii i nieprzewidzianych sytuacji. W każdym razie, w dysertacji zabrakło całościowej i wiarygodnej dyskusji tego arcyważnego aspektu funkcjonowania wszelkich urządzeń technicznych, a tych związanych z gospodarką ściekową w szczególności (zwłaszcza instalacji funkcjonujących wewnątrz budynku, czy w jego bezpośrednim otoczeniu). To istotny brak, tym bardziej, że Doktorantka jako mieszkaniec budynku, w którym funkcjonował badany układ techniczny, miała doskonałą sposobność na prowadzenie

niemal ciągłych badań, notowanie obserwacji i spostrzeżeń, a następnie ich syntezę, analizę i interpretację. Ponownie proszę Doktorantkę o wyjaśnienie tego braku i – jeśli to możliwe – o krótkie omówienie aspektów użytkowych w trakcie obrony.

3. Zaprezentowany układ jest na pewno świetnym i kompleksowym rozwiązaniem, być może jest to nawet najlepsza dostępna technologia w przypadku pojedynczego gospodarstwa domowego. Z pewnością też doskonale spełnia swoją rolę jako obiekt badań naukowych. Jednak szanse na jego szerokie zastosowanie są znikome (przede wszystkim ze względu na kwestie finansowe, ale również stopień komplikacji oraz potencjalne wyzwania techniczne i eksploatacyjne). Być może w przypadku obiektów zarządzanych przez instytucje (np. park narodowy) jest pewna szansa na stworzenie kilku tego typu instalacji (lub nieco prostszych), jednak trudno założyć, że prywatni inwestorzy (zwłaszcza właściciele domów jednorodzinnych) zdecydują się na tak kompleksowe rozwiązanie. Z punktu widzenia realnego wdrożenia, warto byłoby ocenić i przedyskutować koncepcje prostszych układów, rekomendowanych do stosowania w gospodarce ściekowej. Tym bardziej, że uzyskane wyniki, a przede wszystkim modułowa konstrukcja instalacji badawczej i kompleksowe jej opróbowanie, umożliwiają dogłębną analizę tego typu. Byłbym wdzięczny gdyby Doktorantka w trakcie obrony spróbowała omówić powyższą kwestię, a nawet podjęła próbę zdefiniowania rozwiązania gospodarki wodno-ściekowej dla jednorodzinnego budynku, które są rekomendowane na podstawie przeprowadzonych badań i obserwacji.
4. W sekcji *Merytoryczna ocena rozprawy* wysoko oceniłem aspekty techniczne pracy, w szczególności projekt i realizację oczyszczalni hydrofitowej, stanowiącej centralny element instalacji badawczej. Jednak, prosiłbym o wyjaśnienie jednej kwestii technicznej. Dlaczego złożo oczyszczalni ścieków o przepływie poziomym ma aż 120 cm głębokości? Złoża poziome zwykle konstruuje się znacznie płytsze (50–60 cm), a procesy rozkładu biologicznego są efektywniejsze jeszcze w płytszych złożach (zwłaszcza ze względu na możliwość dostarczenia tlenu przez korzenie roślin).
5. Jak opisano to w sekcji *Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej*, nie zamieszczono opisu pozostałych osiągnięć naukowych Doktorantki, dlatego trudno ocenić jej aktywność na rzecz popularyzacji i szeroko rozumianego wdrożenia badanego rozwiązania. Mam nadzieję, że Doktorantka publikuje tego typu artykuły po polsku, również popularyzatorskie, w oparciu o wykonane badania i zrealizowaną instalację techniczną (szczególnie oczyszczalnię hydrofitową). Jeśli do tej pory się to nie udało – zdecydowania namawiam czy wręcz zobowiązuję ją do tego typu działalności.

Uwagi redakcyjno-językowe

Rozprawa napisana jest klarownym i poprawnym językiem, starannie złożona i zredagowana, w większości udało się uniknąć sformułowań niezgrabnych, nielogicznych czy nieprecyzyjnych. Pochwalić należy też bogaty materiał graficzny, w szczególności liczne schematy techniczne, które nie pozostawiają żadnych wątpliwości jak dane urządzenie funkcjonuje, jaką pełni funkcję, jak jest połączone z innymi, a także jednoznacznie obrazują miejsca poboru wody lub ścieków. Nieco zaskakująca jest niewielka liczba tabel, zwłaszcza brak tabel z wynikami badań. Jest to prawdopodobnie pochodną faktu, że rozprawa doktorska

jest cyklem publikacji (w których nie dubluje się informacji na wykresach i w tabelach), Jednak w części opisowej rozprawy, warto było wybrane wyniki umieścić w formie tabelarycznej, ułatwiłoby to ich analizę, a także otworzyło nowe możliwości ich wykorzystania przez innych autorów.

W zakresie redakcji pracy, jedyną poważniejszą wątpliwość mam odnośnie sposobu powoływania źródeł literaturowych w tekście, otóż Doktorantka stosuje zapis typu: Nazwisko, rok w nawiasie kwadratowym – np. [Józwiakowski i in., 2019]. Nigdy nie spotkałem się z taką manierą, nie jest ona zgodna z żadnym z uznanych międzynarodowych standardów. W zakresie powoływania źródeł literaturowych, pewną niedogodnością było analogiczne powołanie się na artykuły z cyklu, jak na pozostałe prace znajdujące się w spisie źródeł. Dla czytelności i jednoznaczności lepiej było wyróżnić pozycje cyklu (np. stosując kod literowo cyfrowy – P1, P2, P3) zamiast klasycznego powołania lub też oprócz niego (jednak to drobna uwaga, być może uciążliwa wyłącznie dla recenzenta).

Z pewnością pozytywnie należy ocenić język i generalnie sposób pisania anglojęzycznych artykułów, wchodzących w skład cyklu.

Wniosek końcowy

Podsumowując, uważam, że przedstawiona do recenzji dysertacja doktorska mgr Anny Myki-Raduj pt. „Opracowanie, wdrożenie i analiza funkcjonowania hybrydowej hydrofitowej oczyszczalni ścieków z zamkniętym obiegiem wody na terenie Poleskiego Parku Narodowego” jednoznacznie wskazuje na dojrzałość badawczą Doktorantki, w szczególności umiejętności samodzielnego planowania i realizacji badań naukowych, a także jej ugruntowaną wiedzę naukową. Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Anny Myki-Raduj w pełni spełnia kryteria stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 186 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023, poz. 742 z późn. zm.), w związku z tym wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr Anny Myki-Raduj i dopuszczenie jej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktorskiego.

