

Prof. dr hab. inż. Piotr Bugajski

Kraków, 2 marca 2026r.

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
aleja Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
piotr.bugajski@urk.edu.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Wojciech Walczak

pt.:

„Opracowanie i wdrożenie modułowego systemu filtracji wody dla naturalnych stawów kąpielowych”

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na podstawie pisma przewodniego od Przewodniczącego Rady Dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie Pana Prof. dr hab. Krzysztofa Józwiakowskiego z dnia 7 stycznia 2026 roku. Pismo przewodnie dotyczące uchwały o ocenę ww. rozprawy doktorskiej otrzymałem 14 stycznia 2026 roku.

2. Dane ogólne

Rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Walczaka pt. „Opracowanie i wdrożenie modułowego systemu filtracji wody dla naturalnych stawów kąpielowych” została przygotowana w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Promotorem ww. rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Artur Serafin, prof. uczelni a promotorem pomocniczym prof. dr hab. inż. Tadeusz Siwiec – pracownicy Katedry Inżynierii Środowiska, Wydziału Inżynierii Produkcji, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Opiekunem pomocniczym jest inż. Mirosław Zalewski – firma Mirosław Zalewski MONT-SAN.

3. Syntetyczny opis pracy

Podstawę rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Walczaka pt. „Opracowanie i wdrożenie modułowego systemu filtracji wody dla naturalnych stawów kąpielowych” stanowią spójnie tematycznie 4 oryginalne prace naukowe opublikowane w czasopismach naukowych opublikowanych w latach 2023-2025 oraz 1 wniosek patentowy złożony w 2025 roku:

1. Walczak W., Serafin A., Siwiec T. Natural swimming ponds as an application of treatment wetlands - a review. *Water* 15.10 (2023):1878 doi: 10.3390/w15101878 (udział doktoranta 60%).
2. Walczak W., Siwiec T., Serafin A. Analiza procesów filtracyjnych na złożach mineralnych stosowanych w filtrach naturalnych stawów kąpielowych. *Instal* (2024) doi: 10.36119/15.2024.6.6 (udział doktoranta 55%).

3. Walczak W., Serafin A., Siwiec T. Comparative analysis of phosphorus removal efficiency from water on selected filter beds for use in the natural swimming pond filtration systems. *Journal of Ecological Engineering* 26.6 (2025) doi: 10.12911/22998993/201975 (udział doktoranta 55%).
4. Walczak W., Serafin A., Siwiec T., Mielniczuk J., Sczurowska A. Analysis of the functional efficiency of a prototype filtration system dedicated for natural swimming ponds. *Water* 17.19 (2025):2816 doi: 10.3390/w17192816 (udział doktoranta 55%).
5. Walczak W., Serafin A. Wniosek Patentowy: Modułowy układ filtracyjny do wody o niskim stopniu zanieczyszczenia, nr P.452443 (WIPO ST 10/C PL452443) (udział doktoranta 55%).

Publikacje stanowiące cykl prac naukowych zostały opublikowane jako prace zespołowe, gdzie średni udział Autora wynosi 56,2%. Należy podkreślić, iż mgr inż. Wojciech Walczak we wszystkich publikacjach był pierwszym autorem. Natomiast we wniosku patentowym udział Doktoranta wynosi 55% i jest on pierwszym autorem. Zatem wkład Doktoranta w opracowaniu publikacji był wiodący i znaczący. Łączny współczynnik wpływu IF ww. wymienionych publikacji wynosi 7,5. Wkład Doktoranta obejmował m. in. opracowanie koncepcji badań, pozyskanie materiałów źródłowych, wykonanie obliczeń, analizę statystyczną wyników, opracowanie wniosków oraz przygotowanie manuskryptów do opublikowania.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Walczaka liczy łącznie 206 stron i zawiera 14 rozdziałów. Rozdziały merytoryczne, w których zawarto główne przesłanki naukowe uważam za rozdziały od 4 do 9 i rozdział 11. Rozdziały od 1 do 3 to: zestawienie materiałów naukowych, streszczenie, słowa kluczowe oraz abstrakty w języku polskim oraz języku angielskim. Natomiast rozdziały 10 i od 12 do 14 to: spis literatury, informacje dodatkowe (koszty, komercjalizacja i wdrożenie), kopie opublikowanych artykułów naukowych, oświadczenie doktoranta i współautorów cyklu publikacji, załączniki w postaci rysunków komory filtracyjnej. Uważam, że rozdział 11 „Koszty 11.1, Komercjalizacja 11.2. i Wdrożenie 11.3.” jest bardzo istotny z punktu widzenia wymaganego wdrożenia w doktoracie wdrożeniowym i powinien być umieszczony po dyskusji wyników, gdyż zawarte w nim informacje są niejako podsumowaniem pracy doktoranta.

W rozdziale 4 „Wstęp” Autor zamieścił informacje wprowadzające w tematykę dotyczącą użytkowania ekobasenów (biobasenów), jako sztucznych zbiorników wodnych, które funkcjonują w oparciu o naturalne procesy przyrodnicze. W rozdziale tym szczegółowo opisano problemy związane z procesami eutrofizacji wody w basenach, gdzie głównym przyczynkiem tego procesu jest nadmierne stężenie związków fosforu. Treść tego rozdziału dobrze wprowadza czytelnika w problem naukowy, który Autor w dalszej części pracy definiuje i proponuje jego rozwiązanie, które stanowi wdrożenie.

W rozdziale 5 dysertacji „Problem naukowy, hipotezy i cel badań” jasno sformułowano problem naukowy, który jest również problemem praktycznym (wdrożeńiowym).

Na podstawie wskazanego problemu naukowego sformułowano 3 hipotezy badawcze. Hipotezy badawcze są sformułowano prawidłowo i trafnie.

W podrozdziale 5.2. Sformułowano cel naukowy oraz cel wdrożeńiowy. Oba cele są sformułowano zrozumiale i precyzyjnie. W kolejnej części pracy opracowano 6 celów szczegółowych.

Rozdział 6 „Materiały, zakres i metody badań” zawiera opis realizowanych 3 zadań eksperymentalnych oraz zadania projektowego. W dalszej części tego rozdziału scharakteryzowano 3 materiały użyte w eksperymencie. Wybrano: zmodyfikowana opoka (Rockfos®), żelazny granulat (Sulfur E) oraz grys wapienny. Opisując kryteria wyboru Autor pisze m. in. „stosunkowo niski koszt nabycia”. Tu nasuwa się pewna wątpliwość dotycząca sformułowania „stosunkowo niski koszt nabycia” – jest to określenie zbyt lakoniczne i nie wyjaśniające czytelnikowi w jakim aspekcie jest to „niski koszt”? Szczególnie, że koszt grysu wapiennego to 400 zł/m³ a pozostałe 2 materiały są około 600% droższe. Na rycinie 2 zaprezentowano zdjęcia 3 materiałów badawczych, na których można było dodać skalę porównawczą. W tej części rozdziału za bardzo istotny uważam rozdział 6.2. „Prototypowy system filtracji”, w którym szczegółowo opisano odrębne moduły filtracji: filtr wstępny (maty filtracyjne), filtr ze złożem mineralnym (z osprzętem), filtr ze złożem pokrytym błoną biologiczną (rury siatkowe w oplocie z włókniny filtracyjnej, zapewniające rozwój mikrobiologicznego biofilmu oraz fito- i zooplanktonu) wraz z modułami pomp.

Rozdział 7 „Wyniki badań”, opracowany na stronach 33-60 stanowi główną i merytorycznie najważniejszą część rozprawy doktorskiej, w której Autor konsekwentnie realizuje postawione hipotezy badawcze, cel naukowy i wdrożeńiowy i odpowiada na postawiony problem naukowy. W tym rozdziale opracowane są wyniki badań i ich interpretacja mechanistyczna i środowiskowa z podanymi materiałami źródłowymi w cyklu publikacji oraz we wniosku patentowym. Rozdział 7 został opracowany w logicznie zamkniętej sekwencji badawczej, charakterystycznej dla prac doktorskich. Do najważniejszych wątków naukowych w tej części dysertacji należą: analiza procesów filtracyjnych na złożach mineralnych, analiza sprawności funkcjonalna prototypowego systemu filtracji wody, określenie efektywnej prędkości filtracji, analiza sprawności prototypowego systemu filtracji. Takie uszeregowanie i opis eksperymentów jednoznacznie wskazują na świadome prowadzenie narracji naukowej, a nie jedynie prezentację uzyskanych wyników. W rozdziale 7 występują kwestie do wyjaśnienia (uzupełnienia) na obronie rozprawy doktorskiej, które szczegółowo opiszę w recenzji w części „Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej”.

Dyskusja zawarta w rozdziale 8 jest przytoczeniem wielu fragmentarycznych doniesień zawartych w publikacjach naukowych z renomowanych periodyków naukowych. Jak wynika z

treści tego rozdziału Autor zidentyfikował lukę technologiczną dotyczącą systemu uzdatniania wody w naturalnych stawach kąpielowych. Ta informacja dała podstawę do opracowania wdrożenia zaproponowanego w rozprawie doktorskiej. Po przeczytaniu tego rozdziału stwierdzam, że Autor wnikliwie zaznajomił się problemami uzdatniania wody w basenach i stawach kąpielowych i ta wiedza pozwoliła Autorowi na realizację pomysłu zaproponowanego wdrożenia w aspekcie naukowym i praktycznym.

Rozdziałem podsumowującym część analityczną i interpretację wyników jest rozdział 9 „Wnioski”. Rozdział ten zawiera 4 syntetyczne wnioski. Wnioski są kwintesencją logicznie przeprowadzonej analizy naukowej oraz opracowanego patentu.

4. Ocena formalna rozprawy doktorskiej

Z merytorycznego punktu widzenia układ rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Walczaka, uważam za właściwy i prawidłowy. Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska stanowi logiczny ciąg występujących po sobie rozdziałów i podrozdziałów opracowanych na podstawie cyklu jednotematycznych publikacji naukowych oraz wniosku patentowego. Praca zawiera wszystkie wymagane elementy rozprawy doktorskiej i ma charakter naukowo-badawczy, a także aplikacyjny, czego dowodem jest element wdrożeniowy. Przejrzysty i logiczny układ pracy, prezentacja wyników w formie tabel oraz rysunków oraz przeprowadzona dyskusja uzyskanych wyników sprawiają, że mimo drobnych uchybień językowych i stylistycznych, czytający śledzi wywody Autora z pełnym zrozumieniem.

W części analitycznej dysertacji w każdym z podrozdziałów Autor opisuje najważniejsze wyniki badań. Po szczegółowej analizie wyników umieszczono dyskusję wyników badań. Ta forma prezentacji oraz dyskusji świadczy to o tym, że Autor dysertacji posiada odpowiednią wiedzę teoretyczną oraz doświadczenie w zakresie dyscypliny naukowej, której dotyczy tematyka badawcza, a także dysponuje odpowiednimi umiejętnościami umożliwiającymi opracowywanie oraz poprawną analizę uzyskanych wyników. Wynika z tego, że Autor dysertacji mgr inż. Wojciech Walczak potrafi poprawnie zaplanować badania, zrealizować postawione cele naukowe, udowodnić lub obalić hipotezy badawcze oraz poprawnie zinterpretować uzyskane wyniki wraz podaniem właściwych wniosków. Co bardzo istotne w dysertacji zawarto wdrożenie i wniosek patentowy na opracowane wdrożenie, co jest podstawową ideą doktoratu wdrożeniowego.

5. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Jako główny cel naukowy rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Walczaka to analiza dotycząca funkcjonowania prototypowego systemu uzdatniania wody ze zweryfikowanym sprawnościowo i pod względem kinetyki przepływu adsorbentem mineralnym i typowymi wkładami: mechanicznym i biologicznym oraz określonych parametrów filtracji dla pełnowymiarowego naturalnego stawu kąpielowego typu II.

Podjęty przez Doktoranta problem badawczy jest aktualny i osadzony w realnych potrzebach sektora inżynierii środowiska. Rozwój naturalnych stawów kąpielowych w Europie oraz rosnące zainteresowanie rozwiązaniami typu „Nature-Based Solutions” uzasadniają konieczność opracowania dedykowanych systemów uzdatniania wody. Autor trafnie identyfikuje lukę technologiczną polegającą na adaptacji systemów z oczek wodnych, które nie uwzględniają specyfiki obiektów kąpielowych pod względem hydrauliki, zanieczyszczeniami biogennymi oraz wymogów eksploatacyjnych.

Oryginalność pracy polega na:

- połączeniu analizy procesów sorpcyjnych związków fosforu z modelowaniem przepływu filtracyjnego,
- integracji badań laboratoryjnych z eksperymentem terenowym w skali rzeczywistej,
- opracowaniu i wdrożeniu autorskiego, modułowego systemu filtracji,
- zgłoszeniu rozwiązania patentowego (wdrożenia).

Ocena metodyki badań laboratoryjnych.

Dobór materiałów filtracyjnych (Rockfos®, Sulfur E oraz grys wapienny) został prawidłowo uzasadniony:

- dostępnością rynkową,
- kosztem zakupu,
- potencjałem sorpcyjnym wynikającym ze składu chemicznego.

Zaletą takiego podejścia jest uwzględnienie aspektu ekonomicznego już na etapie badań laboratoryjnych, co nadaje pracy wymiar aplikacyjny.

Analiza kinetyki przepływu.

Zastosowanie modelu Erguna do opisu strat ciśnienia w ośrodku porowatym należy uznać za w pełni zasadne. Autor poprawnie:

- wyznaczył porowatość złóż,
- określił średnice zastępcze ziaren,
- przeanalizował wpływ sferyczności,
- zweryfikował zgodność modelu teoretycznego z wynikami pomiarów.

Warto podkreślić, że Autor nie ograniczył się jedynie do przyjęcia parametrów katalogowych, lecz przeprowadził własne pomiary i obliczenia, co świadczy o wysokiej samodzielności badawczej.

Badania sorpcyjne opracowane w modelu kolumnowym przeprowadzono poprawnie pod względem metodycznym. Wyniki wskazujące na najwyższą efektywność materiału typu Rockfos® (90–99,7%) są dobrze udokumentowane i poparte analizą wskaźników sprawności sorpcyjnej.

Ocena badań terenowych.

Zaprojektowanie i wykonanie trzech zbiorników testowych o różnych prędkościach filtracji tj. 5, 10 i 15 m/h stanowi bardzo wartościowy element pracy. Autor przeprowadził:

- analizy fizykochemiczne wody,
- badania mikrobiologiczne,
- ocenę fito- i zooplanktonu.

Tak szeroki zakres analiz pozwala na kompleksową ocenę funkcjonowania systemu w warunkach zbliżonych do rzeczywistych a wybór prędkości 5 m/h jako optymalnej jest logicznie uzasadniony i zgodny z normami FLL.

Badania w obiekcie pełnoskalowym.

Największą wartość merytoryczną ma etap badań w pełnowymiarowym stawie kąpielowym typu II. Autor wykazał:

- stabilność parametrów jakości wody,
- wysoką skuteczność systemu przy obciążeniu użytkowym,
- możliwość selektywnego wyłączania modułu filtracyjnego.

Rzadko spotyka się w pracach doktorskich tak zaawansowany poziom walidacji terenowej, co zdecydowanie podnosi rangę rozprawy.

Ocena innowacyjności rozwiązania technicznego.

Zaprojektowanie modułowej komory filtracyjnej:

- poddanej analizie MES,
- odpornej na obciążenia gruntu i wody,
- umożliwiającej selektywne wyłączanie bez zatrzymania obiegu,

należy uznać za istotny wkład aplikacyjny.

Zgłoszenie patentowe świadczy o nowatorskim charakterze rozwiązania. System modułowy odpowiada na realny problem eksploatacyjny – konieczność regeneracji złoża bez destabilizacji całego ekosystemu.

Podsumowaniem części analitycznej pracy są wnioski, które wynikają bezpośrednio z przeprowadzonych badań.

Na pochwałę zasługuje bardzo szeroki zakres zaplanowanych i zrealizowanych badań terenowych. Wskazuje to na dużą pracowitość Doktoranta oraz jej dążenie do jak najbardziej kompletnego i wnikliwego przeanalizowania problemu badawczego. Zarazem uzyskane wyniki przedstawiono w przemyślanej i przystępnej dla odbiorcy formie wykresów i tabel, przez co są czytelnie i klarownie zaprezentowane.

W pracy brakuje informacji dotyczącej czasu działania filtra tzn. jaki jest przewidywany okres nasycenia związkami fosforu materiału sorpcyjnego Rockfos®. Jest to ważna informacja dla potencjalnego użytkownika basenu – czyli jak często należy wymieniać moduł filtracyjny?

I kolejne pytanie: Czy jest możliwość wykorzystania materiału sorpcyjnego Rockfos® po jego całkowitym nasyceniu (skończonej pojemności sorpcyjnej) do innych celów np. nawożenia gleby? Czy jest to już tylko odpad?

Na stronach 59-60 Autor prezentuje zależności korelacyjne. W treści używane są sformułowania m.in. tj. „niską korelację dodatnią”, „obniżona korelacja ujemna”, „podwyższone dodatnie korelacje” itp. Są to określenia mało zrozumiałe. Proszę podać jaką skalą korelacji się posłużono i czy były badane istotności statystyczne na poziomie 1% czy 5%?

Uwagi redakcyjne i stylistyczne:

- na str. 14 (wiersz 6-7) jest: „Przyjmując wyżej wymieniony problem naukowy za punkt wyjścia, sformułowano następujące hipotezy badawcze” a powinno być: „Na podstawie ww. określonego problemu naukowego sformułowano hipotezy badawcze”.
- na str. 19. (wiersz 2) jest: „...na którym leżała warstwa podtrzymująca składająca się ze żwiru kwarcowego” a powinno być „... na którym umieszczono warstwę podtrzymującą ...”
- na str. 25 (wiersz 13) jest: „Po zakończeniu badań nad efektywną prędkością filtracji...” a powinno być „Po zakończeniu prac dotyczących efektywnej prędkości filtracji...”.
- na str. 31 akapit 2 zaczynający się od słów „Nowo wybudowany...” jest mało zrozumiały. Co znaczy sformułowanie „Przy analizach sprawności uzdatniania systemu próbki pobierano w odstępach dwutygodniowych od marca do lipca 2024 roku (17 terminów) oraz co tydzień od marca do lipca 2025 r. (13 terminów - do zakończenia projektu badawczego)?
- na str. 38 (wiersz 6) jest: „W warunkach skali technicznej pierwszym krokiem jest wybór złoża...” a powinno być „W warunkach skali technicznej pierwszym etapem jest wybór złoża...”.
- na str. 44 (wiersz 13) jest: „...wraz z prostą statystyką opisową...” a powinno być „wraz z podstawową statystyką opisową”.
- na str. 44 (wiersz 25) jest: „Dla pH stwierdzono wartości w granicach...” a powinno być „Wartości pH były w granicach...”.
- na str. 62 (wiersze 24-26) jest „W odpowiedzi na tak zidentyfikowaną lukę technologiczną przyjęto główne założenia funkcjonalne dla dedykowanego dla naturalnych stawów kąpielowych systemu uzdatniania wody” a powinno być „W odniesieniu na zidentyfikowaną lukę technologiczną przyjęto główne założenia funkcjonalne dedykowane dla systemu uzdatnia wody w stawach kąpielowych”.

Pomimo wymienionych uwag stylistycznych natury dyskusyjnej, uzyskane wyniki badań, ich opracowanie analityczne oraz wnioskowanie pozwalają na stwierdzenie, że mgr inż. Wojciech Walczak zrealizował postawiony w rozprawie cel naukowy, a użyta metodologia pomiarowa oraz analityczna była właściwa i odpowiadała aktualnemu stanowi wiedzy naukowej i technicznej. Oceniana praca posiada istotne walory naukowe, jak też aplikacyjne.

6. Wkład Autora w rozwój dyscypliny

Rozprawa doktorska wnosi istotny i oryginalny wkład naukowy do dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w obszarze technologii oczyszczania wód oraz zrównoważonych procesów zaawansowanego utleniania (AOP). Wkład ten obejmuje następujące elementy:

1. Empiryczną weryfikację efektywności wybranych minerałów w warunkach filtracji dla ekobasenów.
2. Określenie efektywnej prędkości filtracji dla systemu z mineralnym adsorbentem.
3. Integrację analizy hydraulicznej, chemicznej i biologicznej w jednym modelu funkcjonalnym.
4. Opracowanie prototypowego, modułowego systemu filtracji zgłoszonego jako wdrożenie

7. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Walczaka stanowi oryginalne i wartościowe opracowanie naukowe, wnoszące istotny wkład do rozwoju inżynierii środowiska w obszarze technologii uzdatniania wody w naturalnych stawach kąpielowych. Autor wykazał się bardzo dobrą znajomością problematyki, samodzielnością badawczą oraz umiejętnością łączenia teorii z praktyką inżynierską.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Walczaka spełnia wymagania określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.) i może być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Wnoszę o dopuszczenie Autora dysertacji mgr inż. Wojciecha Walczaka do publicznej obrony rozprawy doktorskiej oraz o nadanie stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Kraków, dnia 2 marca 2026r.


Prof. dr hab. inż. Piotr Bugajski