

Recenzja

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Aleksandry Makuły**  
**„Intensyfikacja procesu sztucznej infiltracji w aspekcie usuwania makro i  
mikrozanieczyszczeń z wód powierzchniowych”**

wykonanej pod kierunkiem Promotora dr hab. inż. Joanny Jeż-Walkowiak  
oraz Promotora pomocniczego dr inż. Małgorzaty Komorowskiej-Kaufman  
w Instytucie Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych  
na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej

**1. Podstawa prawna recenzji**

Podstawą wykonania recenzji było pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej prof. dr hab. inż. Zbigniewa Nadolnego Nr WISIE. 63.2026.34 z dnia 14maja 2026r.

**2. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Makuły pt. *„Intensyfikacja procesu sztucznej infiltracji w aspekcie usuwania makro i mikrozanieczyszczeń z wód powierzchniowych”* jest zbiorem 9 artykułów spójnych tematycznie,

Rozprawa doktorska przekazana do recenzji obejmuje autoreferat, zajmujący 52 strony tekstu, przedstawiający ogólne informacje oraz opis treści publikacji, oraz 9 załączników. Załącznikami są kserokopie artykułów. Publikacje włączone do rozprawy doktorskiej to następujące prace:

1. Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Michałkiewicz M., Makuła A., Sozański M., *Redefining the purpose, goals and methods of disinfection in contemporary water supply systems*, Archives of Environmental Protection - 2020, IF 1.4, 100 pkt MNiSW; udział Doktorantki - 20%
2. Cierniak D., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Makuła A., Wyrwas B.; *Impact of artificial infiltration on removal of surfactants in surface water treatment process*, Desalination and Water Treatment, 2020, IF 1.254, 100 pkt. MNiSW; udział Doktorantki - 50%

3. Makąła A., *Stabilność chemiczna wody na etapach jej uzdatniania ze szczególnym uwzględnieniem infiltracji. Część 1*, Technologia Wody- 2020, 5 pkt MNiSW; udział Doktorantki - 1000%
4. Makąła A., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Strykowska A., Zembrzuska J.; *Impact of artificial infiltration on the removal of nonsteroidal anti-inflammatory drugs during treatment of surface water*; Energies - 2021, IF 3.252, 140 pkt. MNiSW; udział Doktorantki - 50%
5. Jeż-Walkowiak J., Makąła A., Mądrecka-Witkowska B., Michałkiewicz M., Kolwicz N.; *Effect of initial treatment of surface water at an artificial infiltration intake*; Desalination and Water Treatment - 2021, IF 1.273, 100 pkt MNiSW; udział Doktorantki - 50%
6. Makąła A., Polowczyk E., Szeplińska K., Jeż-Walkowiak J.; *Stabilność chemiczna wody po procesie infiltracji. Część 2*, Technologia Wody- 2021, 5 pkt MNiSW; udział Doktorantki - 60%
7. Antos J., Zembrzuska J., Jeż-Walkowiak J., Makąła A., Ginter-Kramarczyk D., Kruszelnicka I., Uwimpaye F.; *Monitoring of Contamination of the Warta River in Poznan by Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs and Antibiotics*; Water - 2023, IF 3.4; 100 pkt MNiSW udział Doktorantki - 20%
8. Makąła A., Uwimpaye F., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Strykowska A., Cierniak D., Machnicka V., Wyrwas B.; *Influence of artificial infiltration on the removal of surfactants from surface waters*; Desalination and Water Treatment - 2023, IF 1.1; 100 pkt MNiSW; udział Doktorantki - 20%
9. Uwimpaye F., Makąła A., Kolwicz N., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J.; *Warunki hydrogeologiczne ujęcia infiltracyjnego i ich wpływ na efekty usuwania związków organicznych w procesie infiltracji*; Gaz, Woda i Technika Sanitarna- 2024, 20 pkt MNiSW udział Doktorantki - 20%

Na podstawie danych bibliometrycznych publikacji zaliczonych do pracy doktorskiej można stwierdzić, że wyniki przeprowadzonych badań opublikowano w ostatnich trzech latach (2020-2024). Sześć prac opublikowano w czasopismach o obiegu międzynarodowym posiadających wskaźnik IF, takich jak: Archives of Environmental Protection (1), Desalination and Water Treatment (3), Energies (1), Water (1). Łączna sumaryczna wartość współczynnika IF artykułów opublikowanych wynosi 11,679. Pozostałe trzy prace opublikowano w takich czasopismach jak: Technologia wody (2) i Gaz, woda i technika sanitarna (1). Spośród 9 prac zaliczonych do dysertacji, osiem prac to artykuły wieloautorskie, w których liczba Autorów jest w zakresie od 4 do 8. W trzech z nich Doktorantka występuje jako pierwsza Autorka. Uwzględniając podane wartości procentowe udziału Doktorantki w opracowaniu publikacji, liczba punktów przypadająca dla Doktorantki wynosi sumarycznie 242.

### 3. Ocena szczegółowa rozprawy

Autoreferat obejmuje: streszczenie w języku polskim i angielskim, spis publikacji wchodzących w skład rozprawy, wykaz pozostałego dorobku Doktorantki, wprowadzenie, cel, tezy i zadania badawcze, zakres przeprowadzonych badań, omówienie wyników badań opisanych w publikacjach zaliczonych do rozprawy oraz wnioski. Na zakończenie umieszczono spis literatury oraz kserokopie artykułów wraz z oświadczeniami Współautorów (przy publikacji Nr 8 brakuje potwierdzenia jednego z Autorów).

W rozdziale zatytułowanym *Wprowadzenie i motywacja rozprawy* opisano proces infiltracji, przedstawiono ujęcie Dębina w Poznaniu, gdzie prowadzono badania oraz problem występowania mikrozanieczyszczeń w wodach. Następnie sformułowano *Cel, tezy i zadania badawcze*. „Celem badań było określenie parametrów i czynników decydujących o wysokiej efektywności procesu sztucznej infiltracji i tym samym określenie możliwości intensyfikacji zjawisk sprzyjających usuwaniu makro i mikrozanieczyszczeń z ujmowanej wody powierzchniowej”.

Następnie sformułowano 3 tezy badawcze w niżej podanym brzmieniu:

- „Proces sztucznej infiltracji posiada właściwości wszystkich trzech podstawowych barier technologicznych realizowanych na różnym poziomie efektywności zwiększając bezpieczeństwo i stabilność całego systemu technologicznego uzdatniania ujmowanej wody powierzchniowej.
- Droga infiltracji jest reaktorem fizyczno-chemiczno-biologicznym, którego działanie prowadzi do wysokoefektywnego oczyszczania infiltrującej wody w aspekcie usuwania związków organicznych oraz makro i mikrozanieczyszczeń.
- Istnieją czynniki i parametry (dotyczące eksploatacji stawów infiltracyjnych, warunków hydrogeologicznych i jakości wody powierzchniowej) w szczególny sposób wpływające na efekty procesu sztucznej infiltracji, których odpowiedni dobór umożliwia intensyfikację tego procesu”.

Następnie sformułowano cztery zadania badawcze takie jak:

- „Wyznaczenie parametrów hydrogeologicznych sztucznej infiltracji,
- Określenie efektywności usuwania makrozanieczyszczeń i zanieczyszczeń mikrobiologicznych w procesie sztucznej infiltracji,
- Określenie efektywności usuwania wybranych mikrozanieczyszczeń w procesie sztucznej infiltracji
- Określenie kluczowych czynników i parametrów wpływających na intensyfikację procesu wstępnego oczyszczania wody na ujęciu infiltracyjnym”.

W rozdziale 7 opisano punkty pomiarowe oraz opisano metodologię badań, prowadzonych w ramach zadań badawczych. W ramach opisu zadania 1 wykonywano pomiary temperatury i poziomu zwierciadła wody w piezometrach oraz wykonano analizy sitowe próbek gruntu z odwiertów. Czas retencji wody w gruncie wyznaczono dwoma metodami: na podstawie zmian wartości temperatury wody w gruncie podczas jej przepływu oraz wyznaczono teoretycznie na podstawie formuł matematycznych. W tekście, w którym podane są formuły matematyczne brakuje odnośników do źródeł bibliograficznych.

W podrozdziale dotyczącym realizacji zadania 2 opisano metodologię wyznaczania wskaźników mikrobiologicznych i jakościowych. Oznaczano ogólną liczbę bakterii mezofilnych i psychrofilnych, bakterii grupy coli, *Escherichia coli* oraz paciorkowców kałowych. Określenie zawartości związków organicznych w badanej wodzie obejmowała analizy ogólnych wskaźników takich jak: ogólny węgiel organiczny OWO, ChZT-KMnO<sub>4</sub>, BZT<sub>5</sub>. Określano także barwę wody i zasadowość a także stężenie żelaza, manganu, ortofosforanów, fosforu ogólnego, azotu amonowego i chlorków. Zakres badań przypisanych do zadania 3 obejmował analizy surfaktantów anionowych i niejonowych oraz wybranych farmaceutyków. Spośród farmaceutyków oznaczano stężenia czterech z grupy niesteroidowych leków przeciwzapalnych (ketoprofen, ibuprofen, paracetamol, naproksen) oraz dwa - spośród antybiotyków (sulfametoksazol, trimetoprim). W odniesieniu do w/w badań analitycznych w każdym przypadku podano stosowaną metodykę, wymieniono Polskie Normy, a w odniesieniu do surfaktantów i farmaceutyków - procedury przyjęte w badaniach.

W punkcie 8 przedstawiono wyniki wraz z ich interpretacją.

W ramach zadania 1 przedstawiono zmiany temperatury na drodze przepływu wody, poczynszyszy od środka stawu, przez trzy piezometry do studni końcowej. Podano wartości czasu retencji wyznaczonego na podstawie zmian temperatury oraz wyliczonego na podstawie wzorów matematycznych. Opis wyników otrzymanych w ramach zadania 2 obejmuje zestawienia tabelaryczne wartości wskaźników fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych wody jakie otrzymano w pierwszym etapie badań monitorując jakość wody w rzece Warcie oraz w stawie (początek, koniec). Wyniki badań mikrobiologicznych realizowanych w drugim etapie zestawiono dla wody rzeki Warty, trzech punktów poboru ze stawu oraz wody pobranej z trzech piezometrów i studni końcowej. W tej części niepotrzebne są powtórki z części metodycznej dotyczące oznaczania związków organicznych w wodzie, natomiast informacje dotyczące oznaczonych frakcji związków organicznych powinny być zamieszczone w części metodycznej. Stężenie wydzielonych frakcji przedstawiono na rysunkach 5-6. Rysunki te nie zostały opisane w języku polskim, w odróżnieniu od treści autoreferatu. Ponadto opis tych rysunków nie odpowiada treści tekstu w odniesieniu do oznaczeń drobnocząsteczkowych kwasów humusowych (DKH), hydrolizatów substancji

humusowych (HSH), substancji humusowych (SH) oraz drobnocząsteczkowych substancji neutralnych (DSN). Końcowy fragment opisu wyników zadania 2 dotyczy zmian stężenia żelaza i manganu oraz stabilności chemicznej wody w czasie infiltracji. W kolejności opisano wyniki badań prowadzonych w ramach zadania 3, które dotyczyły usuwania mikrozanieczyszczeń. W opisie zmian stężenia surfaktantów odwołano się do wyników testu Eberhardta, Madsena, Sontheimera EMS, o którym nie pisano w metodyce. Na rys. 12 przedstawiono zależność efektywności usuwania surfaktantów od temperatury, natomiast podpis dotyczy korelacji między zmiennymi.

Zadanie 4 dotyczy określenia czynników i parametrów, które mogą mieć wpływ na intensyfikację procesu oczyszczania wody na ujęciu infiltracyjnym. Wymieniono następujące:

- Monitoring jakości wody,
- Monitoring parametrów hydrogeologicznych – modele hydrauliczne,
- Analiza dominujących procesów uzdatniania wody w gruncie,
- Monitoring efektów usuwania mikrozanieczyszczeń,
- Wpływ metod eksploatacji stawów infiltracyjnych na poszczególne czynniki procesowe,
- Monitoring kluczowych parametrów jakości infiltrującej wody: temperatura, tlen, pH.

W odniesieniu do niektórych wyżej wymienionych czynników jest dyskusyjne czy mogą mieć realny wpływ na intensyfikację procesu oczyszczania (np. czy prowadzenie monitoringu może mieć wpływ na intensyfikację oczyszczania wody).

W części dotyczącej analizy dominujących procesów zachodzących w gruncie, odcinki pomiędzy piezometrami potraktowano jako swoiste bioreaktory, gdzie zachodzą procesy biodegradacji i sorpcji. Do oceny, który z tych procesów jest dominujący wykorzystano test EMS. W opisie podano, że jest to iloraz spadku wartości  $CHZT_{Mn}$  w wodzie infiltrującej w danym reaktorze i spadku stężenia tlenu rozpuszczonego na tym samym odcinku infiltracji. Wartości w tabeli jednak nie odpowiadają tej definicji. Brakuje odnośnika do literatury, w której przedstawiono ten test jako podstawę do klasyfikacji procesów.

W części dotyczącej opisu wpływu metod eksploatacji stawów infiltracyjnych na czynniki procesowe niedostatecznie wyjaśniono metody eksploatacji.

Na zakończenie autoreferatu sformułowano dziewięć wniosków poznawczych (dwa wnioski – w odniesieniu do tezy 1, siedem – do tezy drugiej) oraz osiem wniosków – użytkowych (w odniesieniu do tezy 3).

Do najważniejszych osiągnięć wynikających z przeprowadzonych badań można zaliczyć:

- określenie efektywności usuwania związków organicznych i drobnoustrojów z wody podczas infiltracji w warunkach rzeczywistych
- określenie zmian stężenia frakcji związków organicznych w infiltrującej wodzie

- określenie prawdopodobnych przyczyn spadku wartości oznaczanych wskaźników z wykorzystaniem testu EMS oraz wskaźnika efektywności usuwania związków organicznych wyrażonych wskaźnikiem OWO i czasu migracji wody w gruncie
- przeanalizowanie zmian stężeń surfaktantów i wybranych farmaceutyków w wodzie podczas infiltracji.

Autoreferat zakończony jest spisem literatury zawierającym 20 pozycji, z czego 14 – to artykuły angielskojęzyczne. W formie załączników zamieszczono kserokopie artykułów, będących podstawą o ubieganie się o uzyskanie stopnia doktora. Zamieszczony w poszczególnych artykułach przegląd piśmiennictwa związany z tematyką badań został wykonany i przedstawiony z dużą starannością. Świadczy to o dobrych predyspozycjach Autorki do zgłębiania tematu, który odpowiada tematyce podjętych badań.

Analizując treść autoreferatu oraz załączonych artykułów należy stwierdzić, że tezy zostały udowodnione, a cele osiągnięte i podsumowane. Dokonano wnikliwego przeglądu aktualnej literatury, określono problem badawczy, zaplanowano i przeprowadzono badania własne. W ramach badań dokonywano poboru rzeczywistych próbek, przeanalizowano je, wykonując odpowiednie badania analityczne. W autoreferacie i zamieszczonych artykułach znajdują się wyniki badań analitycznych w formie tabel oraz przedstawione graficznie w formie rysunków. Wyniki badań autorskich porównano z wynikami innych badaczy w postaci dyskusji w każdym opublikowanym artykule. Tematyka podjęta w rozprawie wpisuje się w zagadnienia będące w obszarze inżynierii środowiska. Jest aktualna i ważna w aspekcie zapewnienia odpowiedniej ilości i jakości wody przeznaczonej do spożycia. W ramach doktoratu podjęto badania w warunkach rzeczywistych, które są znacznie trudniejsze niż testy laboratoryjne. Uwzględniono w nich mikrozanieczyszczenia takie jak związki powierzchniowo czynne oraz farmaceutyki, które, wobec zmieniających się przepisów prawnych, mogą stanowić problem dla stacji uzdatniania wody oraz dla oczyszczalni ścieków.

#### **4. Uwagi edycyjne**

W autoreferacie znalazły się niedociągnięcia edycyjne, które nie mają wpływu na ocenę strony merytorycznej rozprawy. Uwagi te są następujące:

- Nieprawidłowe sformułowania w autoreferacie: „wszelki nieorganiczny węgiel” (str.21), „większość drobnoustrojów ginęła” (str.30), „efekty usuwania” (str.35, 43, 45), „usuwanie OWO” (str. 44)
- Niejednolite oznaczenia, np. studnia, S- 48, studnia S-48 (str. 17), staw – Staw Nr 9/10, staw (str. 17),

- W tekście wymieniono 8 punktów pomiarowych, a na rys. 1 – jest ich 7 (str. 17), w tekście jest „pięciu grup-frakcji związków organicznych” - wymienione są cztery” (str. 22),
- Opisy rysunków 5,6, 8-12, 14,15 – po angielsku
- Brakuje dowodu na stwierdzenia takie jak: „ dochodzi do pogorszenia jakości na skutek desorpcji”, „następuje dalsza biodegradacja i adsorpcja”, „sprzyja dalszej biodegradacji” (str.43), „ w otwartym zbiorniku zachodzi rozkład fotochemiczny WWA” (str. 45),

## 5. Zagadnienia do wyjaśnienia w ramach obrony pracy

- Czy podczas poboru próbek wody ze stawu oraz z piezometrów uwzględniono czas przepływu/infiltracji wody, czy pobierano próbki jako chwilowe?
- Uzasadnić wybór farmaceutyków do analizy – porównanie ze wskazanymi w przepisach prawnych polskich i międzynarodowych
- Wyjaśnić zmiany w liczebności mikroorganizmów w stawie, czy zidentyfikowano źródło zanieczyszczenia wody bakteriami grupy coli, *Escherichia coli* i enterokoków (str. 30)
- Wyjaśnić zdanie dotyczące ścieków zaczynające się od „Nie nastąpił wzrost anionowych ... m.in. podczas oczyszczania ścieków” (str. 36)
- Wyjaśnić prawdopodobne przyczyny wahania stężenia farmaceutyków podczas infiltracji
- Wskazać które czynniki/parametry realnie mogą mieć wpływ na intensyfikację oczyszczania wody podczas infiltracji
- Wyjaśnić jakie metody eksploatacji stawów infiltracyjnych uwzględniono w opisie wpływu metod eksploatacji stawów infiltracyjnych na poszczególne czynniki procesowe
- Zaproponować sposób utrzymania odpowiedniego poziomu natlenienia wody w odniesieniu do Wniosku 5 - „Monitoring i utrzymanie poziomu natlenienia wody powierzchniowej umożliwia intensyfikację procesów tlenowej biodegradacji odgrywającej kluczową rolę w procesach usuwania makro i mikrozanieczyszczeń”
- Wniosek 6: przeanalizować zapisy: na str. 44 przedostatnie zdanie i str. 49 pierwsze zdanie.

## 6. Wniosek końcowy

Rozpoznanie literaturowe tematu, zaplanowanie badań własnych, ich przeprowadzenie a także szczegółowy opis wyników i ich interpretacja potwierdzają teoretyczną wiedzę Doktorantki z zakresu podjętego tematu oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia

badzeń naukowych. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, którym była ocena efektywności procesu sztucznej infiltracji w zakresie usuwania makro- i mikrozanieczyszczeń.

Dlatego stwierdzam, że opracowanie otrzymane do recenzji spełnia aktualne warunki prawne określone dla rozpraw doktorskich (*art., 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – Dz. U. z 2024r. poz. 1571*). Wobec powyższego, wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Makały do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze do uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

*Aleksandra Makała*