

**Dr hab. inż. Izabela Zimoch, prof. PŚ**

Politechnika Śląska w Gliwicach  
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki  
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków  
ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice  
Tel. +48 32 2372884, Faks: +48 32 2371047  
e:mail izabela.zimoch@polsl.pl

---

---

## **Recenzja**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Olejnik  
pt. „Ocena jakości wody produkowanej  
w Zakładzie Centralnym SUW Filtry w Warszawie.  
Czy możliwa jest rezygnacja z dezynfekcji chemicznej?”  
Promotor: prof. dr hab. Jacek Nawrocki**

### **1. Podstawa opracowania recenzji rozprawy**

Podstawę formalną przygotowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Olejnik pt.: „*Ocena jakości wody produkowanej w Zakładzie Centralnym SUW Filtry w Warszawie. Czy możliwa jest rezygnacja z dezynfekcji chemicznej?*” stanowi uchwała Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z dnia 23 maja 2018 r. oraz pismo (nr: L.dz. WCH/118/JT/2018) Prodziekana ds. naukowych, prof. zw. dr hab. Marcina Hoffmana z dnia 23 maja br.

### **2. Celowość podjęcia tematu**

Współczesny system zaopatrzenia w wodę (SZW), jako krytyczna infrastruktura komunalna zapewniająca odpowiedni standard życia, powinien mieć takie rozwiązania techniczne i technologiczne, które w codziennych warunkach jego funkcjonowania gwarantują dostarczenie do konsumenta wody bezpiecznej dla jego zdrowia. Zatem woda ta powinna być wolna od wszelkich zanieczyszczeń zarówno chemicznych jak i biologicznych, w stężeniach lub ilościach mogących mieć wpływ na zdrowie konsumentów. Wszelkie zakłócenia warunków pracy tego systemu, mogą przyjąć efekt domina, wpływając na wzrost potencjalnego ryzyka dla zdrowia oraz eskalując odczucie potencjalnego zagrożenia u użytkowników. Podjęcie odpowiednich działań minimalizujących to ryzyko nie tylko przyczynia się do lepszej ochrony zdrowia publicznego, ale także do ograniczenia niepotrzebnych kosztów finansowych i wizerunkowych. Zatem nadrzędnym elementem zarządzania systemem zaopatrzenia w wodę jest konieczność utrzymania wymaganej efektywności technologicznej eksploatacji stacji uzdatniania wody. Zapewni to uzyskanie wody stabilnej chemicznie i biologicznie, a co za tym idzie zagwarantuje jej odpowiednią jakość u odbiorców. Zakres funkcjonowania układów technologicznych uzdatniania wody kształtowany jest z jednej strony jakością i ilością wody w źródle zasilania oraz zmiennym poborem wody w systemie, z drugiej zaś strony uwarunkowany jest bezpieczeństwem zdrowotnym i akceptacją przez konsumentów jakości dostarczanej wody.

Eksploatacja sieci wodociągowych jest źródłem poważnych problemów zarówno natury technicznej (awarie, utrzymanie optymalnych parametrów hydraulicznych pracy podsystemu dystrybucji wody), jak również związanych z jakością transportowanej wody. Jakość wody zasilającej podsystem dystrybucji oraz zachodzące w sieci wodociągowej zjawiska mogą powodować jej wtórne zanieczyszczenie. Jedną z głównych przyczyn wtórnego zanieczyszczenia jest brak stabilności biologicznej wody zasilającej sieć wodociągową,

spowodowany obecnością organicznych i nieorganicznych substancji pokarmowych, warunkujących wtórny rozwój drobnoustrojów w sieci wodociągowej. Obecność w wodzie środka dezynfekcyjnego likwiduje mikroorganizmy jednak zwiększa prawdopodobieństwo powstawania ubocznych produktów dezynfekcji (UPD). Stąd wszelkie badania mające na celu ustalenie potrzeb w zakresie dezynfekcji wody (czy jest konieczna, a jeśli tak, to jaką metodą i z jaką dawką dezynfektanta) przyczyniają się do poprawy bezpieczeństwa dostaw wody i ochrony zdrowia publicznego.

WHO oraz Komisja Europejska rekomendują pozyskiwanie wody z zasobów naturalnych o jak najlepszej jakości, co pozwala na zmniejszenie użycia środków chemicznych w procesie jej uzdatniania. Aby racjonalnie zminimalizować skutki wtórnego skażenia wody należy tak zarządzać procesem technologicznym, aby intensyfikować poziom usuwania związków organicznych, gwarantujący biostabilność wody, a tym samym ograniczać ilość użytych środków do jej dezynfekcji, lub całkowicie je wyeliminować.

Sledząc aktualne opracowania naukowe, można zauważyć wzrost zainteresowania świata nauki nad określeniem wartości granicznych PWO i BRWO, zapewniających bezpieczeństwo mikrobiologiczne wody transportowanej do konsumenta, z jednoczesną eliminacją dezynfekcji uzdatnionej wody. Kluczowymi w tym zakresie są rezultaty prac prowadzonych w Holandii, Szwajcarii czy Belgii, gdzie określono graficzną wartość PWO, która nie powoduje wzrostu HPC (Heterotrphic Plate Count) powyżej 500 jtk/ml. Rezultaty badań w tym zakresie wpisują się w cele zawarte w rewizji DWD (Drinking Water Directive) z 2018 roku, podkreślającej znaczenie zarządzania ryzykiem w zapewnieniu bezpieczeństwa wody i wprowadzającej ocenę ryzyka zaopatrzeniu w wodę jako obowiązkową.

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Olejnik, której głównym celem była dogłębna analiza parametrów jakości wody charakteryzujących zmienność ilościową i jakościową materii organicznej w wodzie, w całym łańcuchu dostaw, od ujęcia do kranu u konsumenta, odpowiada aktualnym wyzwaniom zrównoważonego rozwoju SZW. Analiza ta stanowiła podstawę oceny biologicznej stabilności wody transportowanej rozległym podsystemem dystrybucji do mieszkańców Warszawy i ościennych gmin. Istotną kwestią poruszoną przez Doktorantkę była ocena wpływu stagnacji wody na zmianę zawartości PWO i jakość mikrobiologiczną wody. Badania te trafnie wpisują się w nurt współczesnych badań nad stabilnością biologiczną wody. Ponadto odpowiadają aktualnej tematyce naukowo-badawczej z zakresu katalogu dobrych praktyk eksploatacji systemów zaopatrzenia, gwarantujących wysoki poziom bezpieczeństwa dostaw wody oraz wdrażania w gospodarce innowacyjnych rozwiązań mających na celu poprawę bezpieczeństwa zdrowotnego mieszkańców.

### 3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Anny Olejnik liczy 183 strony. Część przeglądowa pracy stanowi około 21%, a część eksperymentalna wraz z dyskusją otrzymanych wyników 66%, pozostałą część rozprawy stanowią wnioski oraz bibliografia. Praca zawiera opracowania graficzne stanowiące łącznie 97 rysunków i 34 tabel, które w logiczny sposób powiązane są z prezentowanymi treściami. W obszernej bibliografii obejmującej 141 pozycji literatury, 109 pozycji (78%) stanowią opracowania w języku angielskim i 1 w języku francuskim. 134 pozycji przedmiotowej bibliografii to oryginalne i przeglądowe publikacje, a pozostałe 7 pozycji to akty prawne, normy i wytyczne. Ponad 28% przytoczonej literatury (39 pozycji) to opracowania z ostatnich 10 lat.

Praca posiada tradycyjny układ, obejmujący 6 rozdziałów, który można podzielić na dwie zasadnicze części. Część pierwsza mająca charakter rozważań teoretycznych obejmuje strony od 7 do 38 i zawiera 3 rozdziały: rozdział 1 – *Wstęp*, rozdział 2 stanowiący *Przegląd literatury*, rozdział 3 mieszczący *Cel pracy*. Część drugą - analityczną, zawierającą strony od 39 do 163, stanowi treści rozdziałów 4 pt. *Część praktyczna i doświadczalna*, 5 pt. *Wyniki i*

dyskusja oraz rozdziału 6 *Podsumowanie i wnioski*. Część ta poświęcona jest między innymi prezentacji zakresu badanych parametrów w ocenie jakości wody, produkowanej w Zakładzie Centralnym SUW Filtry wraz z interpretacją uzyskanych wyników badań i analiz. Integralnymi elementami rozprawy są: *Spis tabel*, *Spis rysunków* i *Literatura*, zawierający bibliografię w zakresie tematyki dysertacji.

#### 4. Zakres i ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

##### 4.1 Treść rozprawy

Uważam, że problem biologicznej stabilności wody prezentowany w ocenianej pracy jest ważny i aktualny. Praca napisana jest starannie, jasno i poprawnym językiem. Została podzielona na logicznie ułożone rozdziały wzajemnie ze sobą korespondujące.

Na wstępie (rozdział 1), Autorka przedstawiła znaczenie bezpieczeństwa mikrobiologicznego dostaw wody do konsumenta. Wykazała, iż zjawisko wtórnego rozwoju mikroorganizmów w podsystemie dystrybucji wody jest związane z obecnością biodegradowalnych substancji organicznych, przede wszystkim w formie przyswajalnego węgla organicznego.

W kolejnym rozdziale 2 (*Przegląd literatury*), Autorka zwięźle zaprezentowała krajowe uwarunkowania legislacyjne jakości wody dostarczanej konsumentom (podrozdział 2.1. *Wymagania dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożyci przez ludzi*) oraz bardzo krótką charakterystykę wód podziemnych i powierzchniowych jako zasobów przeznaczonych na cele konsumpcyjne (podrozdział 2.2. *Rodzaje wód ujmowanych na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę do picia* w tym 2.2.1 *Wody podziemne* oraz 2.2.2. *Wody powierzchniowe*). Na podstawie wnikliwej bibliografii krajowej i zagranicznej Doktorantka w kolejnym podrozdziale 2.3 *Pierwiastki biogenne zawarte w wodzie poddawanej uzdatnianiu* przedstawia źródła pochodzenia i formy występowania azotu, fosforu i węgla w zasobach wód naturalnych, szczególnie ich form przyswajalnych warunkujących rozwój mikroorganizmów. Podkreśliła również fakt, iż rozwój biofilmu w sieci wodociągowej może być ograniczany niedoborem mikrobiologicznie przyswajalnego fosforu. Uzupełnieniem tych treści są rozważania poparte licznymi przykładami badań naukowych, które pozwoliły Autorce wyjaśnić pojęcie stabilności biologicznej (podrozdział 2.4 *Stabilność biologiczna wody*). Ponadto przedstawiając sposób oceny zawartości naturalnej materii organicznej (NMO) w wodzie ujmowanej jak i uzdatnionej (podrozdział 2.4.1. *Rola materii organicznej w wodzie*) sformułowała kryteria zachowania stabilności biologicznej bazujące na zawartości przyswajalnego węgla organicznego (PWO) i biodegradowalnego rozpuszczonego węgla organicznego (BRWO) oraz pozostałych biogenów (podrozdział 2.4.2. *Frakcja Ogólnego Węgla Organicznego*). Dodatkowo w swojej dysertacji podjęła rozważania na temat zależności intensywności rozwoju mikroorganizmów w transportowanej do konsumenta wodzie od dostępności składników odżywczych (podrozdział 2.4.3 *Mikroorganizmy w wodzie uzdatnionej*). Uzupełnieniem powyższego przeglądu literatury w ujęciu tematyki przedmiotowej pracy doktorskiej jest podrozdział 2.5. *Procesy jednostkowe uzdatniania wód powierzchniowych*, obejmujący cztery integralne podrozdziały (2.5.1. *Proces infiltracji*, 2.5.2. *Proces koagulacji*, 2.5.3. *Utlenianie i sorpcja na GWA*, 2.5.4. *Dezynfekcja wody*). Ten obszar przeglądu literaturowego pozwolił na jednoznaczną klasyfikację powszechnie stosowanych technologii usuwania zanieczyszczeń z wód, pod względem zapewnienia stabilności biologicznej wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dokonana przez Doktorantkę ocena stanu światowych i krajowych badań w istocie rozważanych zagadnień usuwania NMO i zmiany jej form w procesach uzdatniania, w tym chemicznej dezynfekcji, wskazała potencjalne możliwości wykorzystania PWO jako wiodącego kryterium oceny biostabilności wody. Takie spojrzenie na zagadnienie wtórnego mikrobiologicznego zanieczyszczenia wody

pozwoili Pani mgr inż. Annie Olejnik podkreślić istotę podjętego problemu badawczego, którego cel w sposób zwięzły sformułował w rozdziale trzecim (3. *Cel pracy*).

Treść rozdziałów części teoretycznej konsekwentnie i wyczerpująco wprowadza czytelnika w problematykę, która stanowi zasadniczy przedmiot badań Doktorantki, prezentowany w części analitycznej dysertacji. Rozdział 4 obejmujący 7 wydzielonych części (podrozdziały: 4.1.1. *Zakład Centralny - SUW Filtry*, 4.1.2. *Układ dystrybucji wody aglomeracji warszawskiej*, 4.1.3. *Odcinek pilotowy*, 4.1.4. *Zakres badanych parametrów*, 4.1.5. *Analiza wyników badań z poszczególnych etapów uzdatniania wody SUW Filtry*, 4.1.6. *Monitoring jakości wody w sieci*, 4.1.7. *Odcinek badawczy*) stanowi opis przedmiotu prac doświadczalnych, zawierający zwięzłą charakterystykę trzech obiektów badawczych i przyjętych parametrów analizy jakości wody pod względem oceny dynamiki zmian jej biostabilności. Doktorantka, w pierwszym etapie prac doświadczalnych analizowała efektywność usuwania NMO w poszczególnych jednostkowych procesach uzdatniania wody w SUW Filtry. W harmonogramie prowadzonych czteroletnich badań (okres 2013-2016) uwzględniła takie parametry jak: mętność, rozpuszczony węgiel organiczny, absorbancję UV<sub>254</sub>, barwę, indeks nadmanganianowy, azotany, tlen, temperaturę oraz ogólną liczbę bakterii w 22°C. Natomiast do oceny mikrobiologicznego wtórnego zanieczyszczenia wody w wybranych 4 punktach monitoringu na sieci wodociągowej dodatkowo uwzględniła: pH, jon amonowy, azotyny oraz stężenie pozostałego dwutlenku chloru. Ważnym elementem prowadzonych badań był etap realizowany na odcinku pilotowym, mający na celu ocenę wpływu stagnacji wody na zmianę jej parametrów. Pozwoliło to Doktorantce na dogłębną ocenę dynamiki zmian czynników determinujących bezpieczeństwo mikrobiologiczne dostaw wody do konsumenta. Ten zakres badań obejmował znacznie rozszerzony zbiór parametrów jakości wody obejmujący dodatkowo pomiary: zapachu, żelaza ogólnego i na drugim stopniu utlenienia, manganu, zasadowości, chlorków, siarczanów oraz w zakresie parametrów mikrobiologicznych: ogólną liczbę bakterii w 22°C, bakterie grupy coli, *Escherichia coli*, *Enterococchi* i *Clostridium perfringens*. W okresie od stycznia 2013 r. do czerwca 2015 r. w ramach prac badawczych Doktorantka przeprowadziła również analizę kwasów karboksylowych zarówno w wodzi przed dezynfekcją, jak i po dezynfekcji oraz w wodzie pobieranej z odcinka pilotowego. Ten etap prac stanowił serię badań, która pozwoliła na ocenę zmiany zawartości PWO w wodzie z uwzględnieniem różnych warunków eksploatacji systemu wodociągowego. Komplementarnym elementem przeprowadzonych prac badawczych opisanych w rozdziale 4 jest rozdział 5 (*Wyniki i dyskusja*), stanowiący zasadniczy element części analitycznej, poświęcony prezentacji uzyskanych wyników, która stanowi treść podrozdziałów 5.1. pt. *Usuwanie materii organicznej w procesie infiltracji*, 5.2. pt. *Usuwanie materii organicznej w procesie koagulacji*, 5.3. pt. *Usuwanie materii organicznej w procesie ozon-węgiel*, 5.4. *Usuwanie materii organicznej w procesie filtracji powolnej*, 5.5. *Porównanie efektywności poszczególnych etapów uzdatniania wody w SUW Filtry w zakresie usuwania materii organicznej*, 5.6. *Jakość wody w sieci*, 5.7. *Odcinek badawczy* oraz 5.8. *Analiza kwasów karboksylowych jako jednego z przedstawicieli PWO*. W tej części dysertacji, Autorka przedstawił dyskusję uzyskanych wyników w zakresie zmian form występowania w wodzie NMO w celu oceny stabilności biologicznej wody. Przedmiotowa szeroka analiza miała dać podstawy Doktorantce do odpowiedzi w kwestii potencjalnych możliwości rezygnacji z dezynfekcji chemicznej wody produkowanej w Zakładzie Centralnym SUW Filtry warszawskiego SZW. Z uwagi na złożoność zjawiska wtórnego, mikrobiologicznego zanieczyszczenia wody, badania zostały przeprowadzone w trzech wydzielonych obiektach: SUW Filtry, sieć wodociągowa i odcinek pilotowy, w dwóch wiodących płaszczyznach badawczych. Pierwsza część badań pozwoliła na dokładną analizę dynamiki zmian jakości wody zarówno na poszczególnych etapach uzdatniania wody, w różnych okresach roku hydrologicznego jak i w wyznaczonych,

reprezentatywnych punktach na sieci wodociągowej. Druga część badań, prowadzona na odcinku pilotowym umożliwiła Doktorantce symulowanie różnych stanów eksploatacyjnych funkcjonowania sieci wodociągowej uwzględniających układ dynamiczny pracy sieci (zachowanie przepływu) oraz układ statyczny obejmujący stany stagnacji o zmiennym czasie przetrzymania wody. Uzupełnieniem zaplanowanego warsztatu badawczego był ostatni etap prac obejmujący analizę kwasów karboksylowych, jako jednego z przedstawicieli PWO, na dopływie i odpływie z odcinka pilotowego w różnych zakresach temperatur. Pozwoliło to na ocenę wpływu stagnacji na dynamikę zmian zawartości PWO w wodzie, która przekłada się na wtórny wzrost flory bakteryjnej. Prowadząc jednocześnie pomiary tlenu rozpuszczonego, barwy, RWO i UV<sub>254</sub> Doktorantka podjęła próbę szerszej interpretacji wpływu stagnacji wody na pogorszenie jakości wody wywołanej pojawieniem się w wodzie rozpuszczonych produktów pozakomórkowych.

W końcowej, trzeciej części rozprawy, rozdział 6 zatytułowany *Podsumowanie i wnioski*, Pani mgr inż. Anna Olejnik zawarł krótkie zestawienie uzyskanych rezultatów przeprowadzonych prac badawczych, wyróżniając w nim konkluzje technologiczne dla zwiększenia efektywności eksploatacji ciągu uzdatniania wody SUW Filtry w celu zapewnienia biologicznej stabilności wody (podrozdział 6.1. *Wnioski i znaczeniu technologicznym dla SUW Filtry*).

Podsumowując merytoryczną ocenę rozprawy pragnę podkreślić, iż w mojej opinii do głównych osiągnięć naukowych i aplikacyjnych Pani mgr inż. Anny Olejnik należą:

- wskazanie, w oparciu o analizę wskaźnika SUVA w wodzie powierzchniowej i po procesie infiltracji, na przewagę w wodzie infiltracyjnej substancji hydrofilowych o małych ciężarach cząsteczkowych, charakteryzujących się dużą ilością biodegradowalnej materii organicznej, która musi być usunięta w procesach jednostkowych uzdatniania wody, by zapewnić biologiczną stabilność w warszawskim podsystemie dystrybucji,
- wykazanie, iż zaobserwowany wzrost stężenia azotynów po procesie filtracji powolnej w okresach podwyższonych temperatur (lato), będący skutkiem pogorszenia warunków tlenowych, pociąga za sobą konieczność intensyfikacji natleniania wody po procesie filtracji na złożach GWA, gdy stężenie tlenu w wodzie dopływającej na układ filtrów powolnych spada poniżej 6 mg/dm<sup>3</sup>,
- interpretacja uzyskanych wyników prowadzonych badań w ramach realizacji zdefiniowanego celu doktoratu, która w odniesieniu do uzyskanych efektów poznawczych przez Terry i Summers, pozwoliły na wyciągnięcie wniosku o znaczeniu operacyjnym dla SUW Filtry – Doktorantka wykazała możliwość zwiększenia efektywności eksploatacji układu GWA poprzez skrócenie długości filtrycykli oraz zmniejszenia intensywności płukania złóż węgla aktywnego,
- wykazanie, iż obecnie nie jest możliwą rezygnacja z dezynfekcji wody w SUW Filtry, co wynika z faktu wysokiej zawartości PWO w wodzie zasilającej podsystem dystrybucji, dużej sezonowej zmienności temperatury wody, długiego czasu transportu wody do konsumenta oraz korozji warszawskiej infrastruktury wodociągowej.

#### 4.3. Ważniejsze uwagi dyskusyjne

Zakres merytoryczny wynikający z prezentowanych w rozprawie prac badawczych i dyskusji uzyskanych wyników, został podzielona na logicznie ułożone rozdziały wzajemnie ze sobą korespondujące. Uzyskane wyniki badań i przeprowadzona ich dyskusja, pozwoliła Doktorantce na uzyskanie założonego celu badawczego. W pracy pojawiły się drobne niedociągnięcia niemające wpływu na końcową ocenę rozprawy doktorskiej. Ważniejsze z nich, o charakterze dyskusyjnym, przedstawiam poniżej.

1. Doktorantka w rozdziale 4. *Część praktyczna i doświadczalna* wydzieliła podrozdziały 4.1.5., 4.1.6. oraz 4.1.7., które w mojej opinii nie wnoszą istotnych treści, a stanowią jedynie powtarzanie wcześniej podanych informacji. Natomiast proszę o wyjaśnienie jaki był cel zamieszczenia podrozdziału 4.1.7. *Odcinek badawczy*, w którym Doktorantka opisuje badania procesu korozji, ale w zupełnie innym eksperymencie prowadzonym na wodzie w Zakładzie Północnym, nie będącym przedmiotem badań w ramach przeprowadzonych prac badawczych? Jaki ma on związek z tą częścią dysertacji?
2. W rozdziale 4. *Część praktyczna i doświadczalna* Doktorantka przedstawia zakres analiz laboratoryjnych jakości wody w logicznie wydzielonych 3 wariantach prac badawczych obejmujących przedmioty badań:
  - SUW Filtry str. 48-49, zakres parametrów tabela 2;
  - sieć wodociągowa 4 punkty badawcze str. 49-50, zakres parametrów tabela 3;
  - odcinek pilotowy str. 50-52, zakres parametrów tabela 6.

Dlaczego dla tych obiektów badań przyjęto różny zakres parametrów jakości wody, podczas gdy ich wybór miał przedstawić dynamikę zmian zawartości NMO w wodzie w różnych punktach łańcucha dostaw wody do konsumenta, przekładającą się na biologiczną stabilność wody? Dlaczego dla obiektu badań SUW Filtry nie badano OWO w wodzie powierzchniowej? Dlaczego wymieniony zakres parametrów badań w podrozdziale 4.1.4. nie w pełni stał się przedmiotem dyskusji w rozdziale 5, np. dla odcinka pilotowego chlorki, siarczany, mangan nie zostały zaprezentowane w części poświęconej dyskusji wyników (podrozdział 5.7. *Odcinek badawczy*)?

3. W rozdziale 4. *Część praktyczna i doświadczalna*, Doktorantka nie przedstawiła metodyki analitycznej wykorzystanej w rozdziale 5. *Wyniki i dyskusja*. W mojej opinii powinna właśnie w tym miejscu jednoznacznie przedstawić jakie będzie stosować narzędzie analityczne w celu wykazania zależności między zmiennymi losowymi np. model regresji prostej wraz z założeniami modelu. Nasuwa się pytanie dlaczego w części dyskusyjnej dysertacji analizując związki między poszczególnymi parametrami jakości wody Doktorantka wykorzystwała jedynie model regresji liniowej, a nie bardziej zaawansowane narzędzia analityczne np. regresja wieloraka? Zastosowanie złożonego statystycznego narzędzia analitycznego jest w tym przypadku bardziej uzasadnione, gdyż obserwowana złożoność zjawiska wtórnego, mikrobiologicznego zanieczyszczenia wody determinowana jest nie jedną, a kilkoma cechami oddziałyującymi na zmienną zależną (objaśnianą).
4. Doktorantka słusznie analizuje zmienność zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami jakości wody mogącymi mieć wpływ na biologiczną stabilność wody. Ten etap interpretacji uzyskanych wyników wymaga analizy statystycznej opartej przynajmniej na analizie podstawowych statystyk opisowych, obejmujących miary położenia i zróżnicowania. W mojej opinii analizowane zjawisko powinno również uwzględniać ocenę sezonowości zmian wody w okresie prowadzonych czteroletnich badań. Bardzo przydatnym w tym przypadku mogłoby być zastosowanie wykresu pudełkowego (wykres whisker-box), przedstawiającego zależności pomiędzy niektórymi statystykami pozycyjnymi. W mojej opinii, oparcie analizy głównie na wartości średniej (np. tab. 8 str. 62, , tab. 12 str. 71, tab. 13 str. 72, tab. 18 str. 87), czy też trzech statystykach (min, max i średnia – np. tab.11 str. 67, tab. 17 str. 86, tab. 21 str. 104, tab. 25 str.130 czy tab. 26 str. 139) ograniczyło Doktorantce szerszą interpretację uzyskanych wyników. Doktorantka przy analizie RWO po procesie filtracji powolnej (np. str.102) sama stwierdza, iż ... *wartości średnie nie oddają jednak stężeń RWO...*, co uzasadnia wykorzystanie wyżej wspomnianych narzędzi analitycznych. Proszę wyjaśnić co kierowało Panią podczas wyboru zastosowanego narzędzia analitycznego?

5. Kontynuując moje uwagi dotyczące narzędzia analitycznego, Doktorantka w rozdziale 4.1.5. definiuje formy prezentacji wyników w następujący sposób: *...Wyniki analizy zostały przedstawione w zestawieniach tabelarycznych oraz na wykresach obrazujących zmiany analizowanych parametrów w funkcji czasu oraz jako korelacje...* Podczas gdy w części dyskusyjnej prezentowane jest zmienności danego parametru wody w okresie czteroletnich badań (2013-2016- np. rysunki: 11, 16, 19, 23, 26 czy rys 77), a nie jak błędnie określa Autorka „wykresy w funkcji czasu”. Takie stwierdzenie sugeruje (np. str. 133 ... *dlatego wyniki zostały przedstawione na wykresach w funkcji czasu...*), iż będzie przeprowadzona analiza zmiennej zależnej od czasu ( $y=f(t)$ ).
6. Doktorantka w pracy na określenie związku zależności między zmiennymi używa różnych określeń np. str. 97 ...*Korelacja pomiędzy zawartością materii organicznej oznaczanej jako absorbancja UV w wodzie dopływającej do układu ozon-węgiel i po układzie, jest bardzo wyraźna, - i dalej str. 98 ...Na wykresie widoczna jest silna korelacja...*, str. 112 ... *Wykres zależności ubytku indeksu nadmanganianowego od ubytku tlenu wskazuje na bardzo słabą korelację...* Opierając dyskusje wyników na analizie korelacji między zmiennymi Doktorantka winna w części opisu metodyki badawczej (rozdział 4) zamieścić klasyfikację, według której będzie ten związek oceniany. Pozwoliłoby to na zachowanie jednoznaczności interpretacji związku między zmiennymi, czy na uniknięcie błędu. Na str. 103....*Widoczna na wykresie (rysunek 51) bardzo silna korelacja  $r=0,839$ ...* - wg klasyfikacji Guilford'a dla współczynnika korelacji z przedziału  $0,7 < r \leq 0,9$  występuje korelacja bardzo wysoka, czy wg innej klasyfikacji – korelacja silna. Zatem jaką klasyfikację przyjęła Doktorantka w prezentowanej dyskusji wyników? Dla jakiego poziomu istotności wyznaczone współczynniki korelacji są istotne statystycznie?
7. Jednym z elementów dyskusji uzyskanych wyników badań jest analiza efektywności poszczególnych jednostkowych procesów uzdatniania wody. W tabelach: 8 str. 62, 9 str. 63, 12 str. 71, 15 str. 76, 18 str. 87 w ostatniej kolumnie prezentowany jest stopień redukcji. W jaki sposób był on liczony? Czy był on wyznaczany dla zbioru zmiennych w całym cyklu badań? Analiza efektywności odniesiona jedynie do wartości średnich nie daje pełnej możliwości oceny stopnia redukcji, w odniesieniu do poszczególnych parametrów jakości wody. Czy Doktorantka analizowała rozkład zmienności efektywności tych procesów w poszczególnych porach roku?
8. W rozdziale 4.1.3. *Odcinek pilotowy* zostało opisane stanowisko badawcze. W mojej opinii uzasadnionym jest zamieszczenie schematu stanowiska badawczego, uwzględniającego lokalizację kraników I i II, miejsc poboru prób wody, sposobu połączenia z wewnętrzną siecią. Ułatwiłoby to odniesienie się czytelnika do prezentowanej metodyki badawczej, jak i wyników badań. W metodyce badawczej (podrozdział 4.1.4.1.3. *Zakres analizowanych parametrów z odcinka pilotowego*) nie w pełni jednoznaczny jest opis jak stanowisko badawcze pracowało w okresie październik 2012 - grudzień 2015. Na początku rozdziału Autorka napisała *Przepływ wody (...) utrzymywany był przez cały okres prowadzonych badań, z podziałem na 2 etapy różniące się prędkością przepływu (0,05 i 0,1 m/s)*. W dalszej części wyjaśnia, że sesje badawcze (tygodniowe) odbywały się raz w miesiącu. Tymczasem z tabeli 4 i 5 wynika, że w trakcie trwania sesji badawczych na stanowisku przez kilka dni nie było przepływu a wodę utrzymywano w stagnacji (z danych wynika że do 72 godzin, a co było dalej? Czy ponownie przywracano przepływ?) Czy przepływ utrzymywany był w układzie zamkniętym? Jak mierzono przepływ na odcinku pilotowym? Czy badano wpływ zmian ciśnienia na zakres zmian jakości wody? Odcinek pilotowy charakteryzuje się niejednorodnością materiałową (PE, żeliwo szare, stal i żeliwo sferoidalne), czy zatem pobierano próby wody w różnych miejscach odcinka pilotowego, by ocenić wpływ

różnych materiałów na jakość wody? Jak ta różnorodność materiałowa wpływała na zakres zmian jakości wody?

9. Doktorantka jeden z etapów badań prowadziła na odcinku pilotowym w celu oceny wpływu zmian prędkości przepływu (0,1 i 0,05 m/s) oraz występowanie stanów stagnacji na dynamikę zmian jakości wody w sieci wodociągowej. W części dyskusyjnej nie zostały przedstawione wyniki badań zakresu zmian jakości wody dla przyjętych zmiennych prędkości. W mojej opinii Doktorantka powinna udokumentować swoje wnioski, że zmiana prędkości w prowadzonym eksperymencie nie wpłynęła na zmianę jakości wody, tym bardziej iż to stwierdzenie nie znajduje potwierdzenia w eksploatacji sieci wodociągowej (np. str. 139. ...*Analiza zmian mętności wody dopływającej oraz odpływającej z odcinka badawczego wskazuje, że czas kiedy był utrzymywany minimalny przepływ wody, mętność nie wzrastała powyżej wartości dopuszczalnej 1 NTU...*, i dalej str. 141 ....*W czasie przepływu wody przez odcinek pilotowy nie stwierdzano ubytków tlenu, dopiero w czasie stagnacji następowała redukcja tlenu...*). Nasuwa się więc pytanie na podstawie jakiej analizy Doktorantka przyjęła te dwie prędkości w cyklu badawczym? Czy podejmowała próby szerszych badań by jednak wykazać, jak zmienność przepływu wpływa na wtórne zanieczyszczenie wody, w tym mikrobiologiczne?
10. Dlaczego w części dyskusyjnej rozdział 5.7. *Odcinek badawczy* Doktorantka nie przedstawiła uzyskanych wyników badań dla wszystkich parametrów wskazanych w tabeli 6. *Zakres badanych parametrów wody z odcinka pilotowego?*
11. W części dyskusyjnej (rozdział 5.1.1. *RWO w wodzie powierzchniowej i w wodzie infiltracyjnej*) str. 57 mamy ....*najwyższe stężenie RWO, zarówno w wodzie powierzchniowej jak i infiltracyjnej, zostało oznaczone w czerwcu 2013 roku przy poziomie wody 413 cm. W tym okresie temperatura wody w rzece przekraczała 21°C, co może być potwierdzeniem wpływu temperatury na ilość materii organicznej w wodzie. Wpływ temperatury na rozpuszczony węgiel organiczny jest opisany w literaturze [17,26,31,37-49].* Natomiast na str. 60 mamy ... *Zależność RWO w wodzie powierzchniowej oraz infiltracyjnej od temperatury nie została przedstawiona graficznie, ponieważ nie stwierdzono żadnej zależności. To może oznaczać, że temperatura jako taka nie jest limitująca. Jednak ma znaczenie jako dodatkowy czynnik wpływający na przebieg procesów biochemicznych....* Z tych sprzecznych zapisów, jak i braku przedstawienia uzyskanych wyników badań ostatecznie nie wiadomo jaki jest wpływ temperatury na poziom RWO w wodzie. Brak stwierdzenia statystycznej zależności jest również jednym z rezultatów prowadzonych badań. Zatem, co było podstawą wyciągnięcia tych wniosków, i jaka jest prawdziwa konkluzja?
12. W dalszej części dysertacji Doktorantka analizowała zależność wielkości  $UV_{254}$  w wodzie powierzchniowej od poziomu zwierciadła wody w Wiśle (rys. 18 str. 65), dla przyjętych 4 zakresów wysokości wody w rzece. Na podstawie jakiej analizy przyjęto te zakresy? Jakie były funkcje regresji dla przyjętych przedziałów wysokości wody w Wiśle? Czy Doktorantka analizowała tę zależność w poszczególnych latach, sezonach, czy dla całego zbioru danych?
13. Doktorantka na str. 80 pisze, że w okresie badań układ koagulacji poddany był modernizacji (wrzesień 2014 – luty 2015), w czasie której zmieniono koagulant z  $Al_2(SO_4)_3$  na PAX 19XL. Po modernizacji wrócono do siarczanu glinu stosowanego w znacznie mniejszych dawkach. Czy ten fakt został uwzględniony w analizie zależności dawki koagulantu od RWO, prezentowanej m. in. na rys. 32, czy jest ona przeprowadzona dla całego cyklu badań? Czy w analizie zależności redukcji pozostałych parametrów od redukcji RWO ten fakt był brany pod uwagę? Jak zmiana zasad



prowadzenia procesu koagulacji (obniżenie dawki koagulantu) wpłynęła na efektywność procesu? Podobna sytuacja dotyczy układu filtracji na GWA, dla którego w cyklu badań przeprowadzono regenerację węgla aktywnego.

14. W ramach przeprowadzonych badań Doktorantka prezentuje histogramy dla temperatury (str. 94 rys.43 oraz str. 122 rys. 69). Na osi pionowej prezentowana jest liczebność próby, a nie częstość. Zatem co to jest częstość zmiennej losowej?
15. Jednym z elementów przeprowadzonej analizy, była ocena zmian jakości w rzeczywistej sieci wodociągowej, w 4 reprezentatywnych punktach monitoringowych. W rozdziale 5.6.1. *Analiza zmian poszczególnych parametrów w punktach monitoringu* Doktorantka podkreśla fakt znacznego pogorszenia jakości wody w punktach 3 i 4, gdzie stężenie dezynfektanta było na granicy oznaczalności, a stężenie żelaza ogólnego incydentalnie przekraczało wartości dopuszczalne  $0,2 \text{ mg/dm}^3$ . Doktorantka w tej części rozprawy zaprezentowała rezultaty analizy zmienności jakości wody jedynie w wybranych punktach monitoringu. Nasuwa się pytanie: jaka jest zależność pomiędzy jakością wody zasilającej sieć wodociągową (wyjście z SUW Filtry), a jakością w wytypowanych punktach monitoringu, np. zależność liczby bakterii na sieci od zawartości NMO, stężenia dezynfektanta, stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie na wyjściu z SUW Filtry? W tej części Doktorantka wskazała, iż awarie mogą być przyczyną pogorszenia jakości wody, zatem jak awarie, ewentualnie współczynnik intensywności awarii wpływa na jakość mikrobiologiczną w badanych 4 punktach?
16. Badając zależność wpływu stanów przepływu i stagnacji na zakres zmian jakości wody na odcinku pilotowym, Doktorantka prezentuje na rys. 83 wyniki zależności między redukcją tlenu a temperaturą. Czym kierowała się Doktorantka wyznaczając funkcje regresji dla procentu redukcji tlenu od temperatury dla całego zbioru danych, skoro w dyskusji wyników podkreśla, iż stan stagnacji istotnie kształtuje poziom zmian jakości wody na odpływie z odcinka pilotowego?

#### 4.4. Uwagi szczegółowe i redakcyjne

Na podstawie lektury i analizy recenzowanej rozprawy można sformułować kilka zastrzeżeń natury redakcyjnej, które przedstawiam poniżej.

1. Używanie w dysertacji różnych skrótów dla tych samych form OWO (raz w języku angielskim, innym razem w polskim - PWO/AOC, BRWO, TOC, AOC i BDOC) utrudnia czytelnikowi odbiór prezentowanych treści.
2. W pracy w rozdziale 4. *Część praktyczna i doświadczalna* Autorka wydzieliła podrozdział 4.1. (*Opis systemu zaopatrzenia w wodę aglomeracji warszawskiej*) i jego dalszy podział 4.1.1.-4.1.5. Struktura pracy sugeruje logiczne wydzielenie w tej części dysertacji podrozdziału 4.2 itd., natomiast Autorka zastosowała wielopoziomą strukturę wydzielenia podrozdziałów (od 4.1.4.1.1. do 4.1.4.1.4.). Na podstawie prezentowanych treści rozdziału 4 i jego istoty w całej dysertacji, w mojej opinii bardziej uzasadnionym podziałem tej części byłoby wydzielenie podrozdziałów 4.1. Opis przedmiotu badań z dalszym podziałem na 3 podrozdziały, wynikającym z faktu prowadzenia przez Doktorantkę prac eksperymentalnych na 2 obiektach rzeczywistych - SUW Filtry (podrozdział 4.1.1) oraz na odcinku pilotowym (podrozdział 4.1.2). Natomiast podrozdział 4.2. (*Zakres badanych parametrów*) podzielony powinien być na 4 integralne części poświęcone metodyce badawczej obejmującej m.in. prezentację parametrów jakości wody w poszczególnych obiektach badawczych.
3. Na str. 113 w ostatnim zdaniu rozdziału 5.4.4. Doktorantka stwierdza...*To może potwierdzić jednakowy poziom redukcji indeksu nadmanganianowego, przy różnej tej*

redukcji RWO (wykres 61)... Podczas gdy na wykresie prezentowana jest zależność ubytku indeksu nadmanganowego od ubytku tlenu – przejęzyczenie.

4. Na str. 62 na rys. 15 w części a prezentowana jest zmienność zawartości RWO w wodzie infiltracyjnej, w części b w wodzie powierzchniowej. Podpis pod rysunkiem jest błędny – przejęzyczenie.
5. Ponieważ Doktorantka prezentuje wyniki zakończonych prac badawczych, w mojej opinii, w redakcji całej dysertacji powinna używać czasu przeszłego. W niektórych miejscach pracy Autorka nie zachowuje spójności stylu w całej pracy, używając czasu przyszłego np. str. 7...*w niniejszej pracy przeprowadzona zostanie analiza*, dalej str. 8... *Celem tej analizy będzie ocena możliwości rezygnacji...*, czy str. 53. ... *Dodatkowo przeanalizowane zostaną...*
6. Zamieszczony w pracy rys. 7 str. 35 jest nieczytelny.
7. Autorka w swojej dysertacji nie ustrzegła się pewnych błędów logicznych, literowych, interpunkcyjnych, czy stylistycznych np.:

str. 32, 1 akapit od góry jest *halogeoocowy*, powinno być *halogenoocowy*,

str. 130... *Jest to związane z problemami eksploatacyjnymi związanymi z...*,

str. 150 1 akapit od dołu jest ... *podczas przepływywody nie stwierdzono zmian...*  
powinno być ...*podczas przepływu wody nie stwierdzono zmian*,

str. 159 ... *W czasie stagnacji powyżej 24 godzin następował intensywny rozwój bakterii oznaczanych w temperaturze 22°C nawet powyżej 30 000 jtk/ml, to biorąc powyższe pod uwagę można uznać, że zależność sformułowana przez [51,79,133] została potwierdzona w SUW Filtry...* powinno być...*W czasie stagnacji powyżej 24 godzin następował intensywny rozwój bakterii oznaczanych w temperaturze 22°C, nawet powyżej 30 000 jtk/ml. Biorąc powyższe pod uwagę można uznać, że zależność sformułowana przez [51,79,133] została potwierdzona w SUW Filtry.*

Tabele: 23, 25, 26, 28 i 30 - brak jednostek przy parametrach jakości wody.

#### **4.5. Szczegółowe uzasadnienie spełnienia warunków § 6.4 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19.10.2018 r. (Dz. U. 2018, poz. 261) uwzględnionych w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytułach naukowym oraz stopniach i tytułach w zakresie sztuki (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789)**

##### **4.5.1. Oryginalność rozwiązania problemu naukowego**

Kandydatka w swojej dysertacji doktorskiej poprzez głęboką analizę usuwania NMO i zmiany jej form w procesach uzdatniania i dystrybucji, wskazała potencjalne możliwości wykorzystania PWO jako wiodącego kryterium oceny biostabilności wody. Ponadto na podstawie przeprowadzonych badań uwzględniających dwa stany eksploatacyjne, była w stanie dokonać oceny wpływu stagnacji wody na zmianę zawartości PWO i jakość mikrobiologiczną wody. Tak zaplanowany warsztat badawczy pozwolił udzielić jednoznacznej odpowiedzi na postawione w celu pracy pytanie: *czy możliwa jest rezygnacja z dezynfekcji chemicznej wody w SUW Filtry?* Podkreślenia wymaga fakt, iż zaprezentowane rezultaty badań mają nie tylko walory poznawcze, ale również wartości praktyczne dla weryfikacji zasad eksploatacji SUW Filtry, w celu podniesienia efektywności usuwania PWO, dla zapewnienia biologicznej stabilności wody w warszawskiej sieci wodociągowej. Stwierdzam, że omówione rozwiązanie jest oryginalne i spełnia wymogi badań naukowych, stosowanych zdefiniowanych w art. 2. pkt 3 lit. b. Ustawy z dnia 30 kwietnia 2010 r. o zasadach finansowania nauki (t.j. Dz. U. z 2018 r. poz. 87).

##### **4.5.2. Wykazanie ogólnej wiedzy Kandydatki**

Rozdział 4 zawiera omówienie zastosowanych metod badawczych, a w dalszej analitycznej części pracy (rozdział 5) Doktorantka przedstawił dyskusję uzyskanych

wyników, co pozwoliło Jej na sformułowanie wniosków o znaczeniu technologicznym dla SUW Filtry. Z przywołanych 141 pozycji, 39 (28%) pochodzi z ostatnich 10 lat, co świadczy, że kandydatka śledzi osiągnięcia w tej dziedzinie.

Stwierdzam, że Kandydatka wykazała się ogólną wiedzą na temat przyczyn wtórnego, mikrobiologicznego zanieczyszczenia wody, co stanowi istotne zagadnienie badawcze nie tylko w dziedzinie nauk chemicznych, ale również nauk technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska (Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 8 sierpnia 2011 r. w sprawie obszarów wiedzy, dziedzin nauki i sztuki oraz dyscyplin naukowych i artystycznych, Dz. U. 2011, nr 179, poz. 1065).

#### **4.5.3. Wykazanie umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Kandydatkę**

Pani mgr inż. Anna Olejnik wykazała, że posiada umiejętność wyszukiwania właściwej literatury naukowej wspierającej jej warsztat badawczy i analityczny, zbierania i analizowania danych mogących mieć także zastosowanie w działaniach operacyjnych.

Uważam, że Kandydatka swoją rozprawą dowiodła umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

### **5. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Podsumowując recenzję rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Olejnik, oceniam pozytywnie zarówno przeprowadzony przegląd aktualnego stanu wiedzy w zakresie poruszanej w doktoracie tematyki, jak i część analityczną odniesioną do szerokiego zakresu badań biologicznej stabilności wody i jej wpływu na wtórne, mikrobiologiczne zanieczyszczenie wody w sieci wodociągowej. Przytaczając w tym miejscu słowa Antoine de Saint-Exupéry, które trafnie charakteryzują dążenia poznawcze:

*... Tylko nieznanne przeraża człowieka.  
Ale dla tego, kto mu stawia czoło,  
ono już nie jest nieznanne ....*

mogę stwierdzić, że Autorka przedmiotowej rozprawy doktorskiej poradziła sobie z trudnymi badaniami, osiągając satysfakcjonujące rezultaty. Ponadto podjęcie prac naukowo-badawczych przez Panią mgr inż. Annę Olejnik wpisuje się w nurt działań Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego wspierających prace naukowo-badawcze doktorantów w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy”, których celem jest tworzenie warunków do rozwoju współpracy między środowiskiem naukowym, a środowiskiem społeczno-gospodarczym.

Opinie zawarte w recenzji pozwalają mi pozytywnie ocenić rozprawę doktorską. W moim przekonaniu, przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Olejnik pt.: „Ocena jakości wody produkowanej w Zakładzie Centralnym SUW Filtry w Warszawie. Czy możliwa jest rezygnacja z dezynfekcji chemicznej?”, wykonana pod opieką naukową promotora – prof. dr hab. Jacka Nawrockiego, spełnia ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich zawarte w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytułach naukowych oraz stopniach i tytułach w zakresie sztuki (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789). Stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę Doktorantki, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W związku z powyższym wnioskuję o przyjęcie recenzowanej rozprawy przez Radę Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.

Gliwice, lipiec 2018 r.

