

dr hab. Sławomir Ligęza, prof. uczelni
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii
i Kształtowania Środowiska
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: slawomir.ligeza@up.lublin.pl

Lublin, 10 stycznia 2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Izabeli Kielb-Sotkiewicz

pt.: „*Możliwości poprawy jakości mikrobiologicznej ścieków oczyszczonych*”, dysertacji przygotowanej pod kierunkiem naukowym dr hab. Justyny Zamorskiej, prof. PRz, w Szkole Doktorskiej Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza, na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury.

Niniejsza recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady dyscypliny **inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka** Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza, Pana prof. dra hab. inż. Daniela Słysia.

1. Wprowadzenie

Problem ścieków bytowych towarzyszył człowiekowi od czasów starożytnych wraz z powstawaniem dużych ośrodków miejskich wszystkich starożytnych cywilizacji. Podstawowym problemem ówczesnych społeczeństw była możliwość i konieczność pozbycia się ścieków z obszarów municypalnych, w celu ograniczenia ich uciążliwości i poprawy jakości życia mieszkańców. Najstarsze znane systemy drenażu kanalizacyjnego i rowów ściekowych, które finalnie znajdowały swoje ujście w rzekach, jeziorach i strefach brzegowych mórz są datowane na ponad 4 tys. lat, czyli etap rozwoju ludzkości nazywany „okresem nieznaczących przekształceń i walki z przyrodą”. Głównym celem tych systemów sanitarnych było odprowadzenie ścieków z terenów miejskich, natomiast nikt nie zwracał uwagi na fakt konieczności ich oczyszczania z ekskrementów i zanieczyszczeń organicznych.

Poziom wiedzy na temat funkcjonowania liniowych i obszarowych obiektów wód powierzchniowych, przebiegu procesów samooczyszczania wody, biologii patogenów występujących w ściekach nie był znany lub był niski, dlatego często dochodziło do chorób przenoszonych drogą wodną, na przykład epidemii cholery. Inne groźne choroby wynikające z picia wody będącej odbieralnikiem niedostatecznie oczyszczonych lub nieoczyszczonych ścieków to szigelozą, leptospirozą, dur brzuszny, wirusowe zapalenie wątroby typu A, balantydiozą, polio, inne.

Ochrona ujęć wody, powszechne oczyszczanie ścieków miejskich, wiedza z zakresu mikrobiologii, biochemii i biologii molekularnej, to podstawy bezpieczeństwa epidemiologicznego, które pomagają inżynierii sanitarnej zmniejszyć ryzyko degradacji wody. Ochrona jakości wód powierzchniowych nie jest to działaniem łatwym, bo nawet ścieki oczyszczone mogą być przyczyną złego stanu i potencjału ekologicznego rzek i zbiorników. Pokazują to dane Państwowego Monitoringu Środowiska. Według GIOŚ (GUS 2024, Ochrona środowiska), dla dwóch największych dorzeczy Polski, w **ogólnej ocenie**, tylko 17 na 2661 (0,63%) monitorowanych jednolitych części wód powierzchniowych dorzecza Wisły wykazuje stan dobry, a dla dorzecza Odry 3 z 1736 (0,17%). Warto również przypomnieć, że dopiero 8 lat temu (2015 r.) Komisja Helsińska – Komisja Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku (HELCOM), usunęła lubelską oczyszczalnię ścieków komunalnych „Hajdów”, z listy obiektów stanowiących zagrożenia dla wód morza Bałtyckiego i nadało jej status „*deleted HELCOM hotspots*”. Było to możliwe dzięki modernizacji biologicznego procesu oczyszczania ścieków.

Zacytuję ważny dla mnie fragment tekstu: „**Najistotniejszym zadaniem służącym poprawie jakości wód, jest udoskonalenie procesów zbierania i oczyszczania ścieków. Działalność ta ma na celu usuwanie zanieczyszczeń ze ścieków w stopniu umożliwiającym dalsze wykorzystanie wody i zmniejszającym obciążenie środowiska naturalnego.**” (GUS 2024, Ochrona środowiska)

2. Wybór tematu i jego uzasadnienie

Dane dotyczące jakości wód powierzchniowych w Polsce nie są optymistyczne, mimo że procentowy udział ścieków nieoczyszczonych zmniejsza się w naszym kraju na przestrzeni lat. W 2023 r. około 6,6% wytworzonych ścieków nie poddano w Polsce żadnej metodzie oczyszczania. Bardzo pozytywnym trendem jest natomiast wzrost udziału metody biologicznego oczyszczania ścieków z podwyższonym usuwaniem biogenów. Redukcja związków azotu, a przede wszystkim fosforu, wpływa istotnie na polepszenie stanu i potencjału ekologicznego wód powierzchniowych, jednak zanieczyszczenia mikrobiologiczne wciąż stanowią duży problem. Dla przykładu podam, że niemal wszystkie przykorytowe źródła w dolinie rz. Bystrzycy (woj. lubelskie) są skażone mikrobiologicznie przez przydomowe, gruntowo-roślinne oczyszczalnie ścieków, natomiast skład chemiczny charakteryzuje wody zadowalającej jakości.

Globalizacja gospodarki światowej, migracje grup ludzkich powodowane czynnikiem ekonomicznym i wywoływane przez zagrożenia społeczne i konflikty wojenne są

czynnikiem, który powoduje, że mikroflora jelitowa „obca” dla danego regionu geograficznego pojawia się w ściekach.

Każde działanie zmierzające do eliminacji nawet śladowej liczby organizmów chorobotwórczych i potencjalnie chorobotwórczych w ściekach oczyszczonych jest pozytywne. Głównym problemem pozostaje wciąż fakt, **na jaką skalę** działania higienizacyjne mogą być stosowane. Znam dwa obiekty, gdzie sanitacja promieniami UV jest realizowana w przydomowych oczyszczalniach ścieków (hybrydowe, hydrofitowe) o zamkniętym obiegu ścieków oczyszczonych i jest ona skuteczna. Woda „pościekowa” zasila spluczki toalet, służy nawadnianiu ogrodów i trawników, używana jest do mycia samochodów. Trudniej wykonać działania polepszające jakość mikrobiologiczną ścieków oczyszczonych w dużych obiektach komunalnych.

Pani **mgr inż. Izabela Kielb-Sotkiewicz** podaje, że głównym celem pracy doktorskiej było wykazanie, że metody dezynfekcji i higienizacji ścieków oczyszczonych, takie jak ozonowanie i naświetlanie promieniami UV, w połączeniu z użyciem różnych biopreparatów, mogą stanowić bezpieczną i skuteczną metodę poprawy jakości mikrobiologicznej ścieków oczyszczonych, odprowadzanych do wód powierzchniowych, co jest niezwykle istotne z punktu bezpieczeństwa sanitarnego.

Ozon, tritlen, jest jednym z najskuteczniejszych i ekologicznym dezynfektorem o właściwościach aseptycznych i toksycznych, który po rozpadzie nie pozostawia po sobie trujących produktów ubocznych. Jego silne właściwości utleniające niszczą bakterie, wirusy, grzyby i ich zarodniki, a dodatkowo neutralizują związki fenolowe oraz ich pochodne, jak również powstające podczas chlorowania trihalometany.

Promieniowanie UV, a szczególnie z zakresu o długości fali około 260 nm skutecznie niszczy wiązania między nukleotydami, składnikami budującymi DNA i RNA, mimo wewnątrzkomórkowych enzymatycznych mechanizmów naprawczych. W monochromatycznych promiennikach niskociśnieniowych emitowanie jest promieniowanie o długości $\lambda = 254$ nm, natomiast producenci urządzeń podają, że najefektywniejsze są te, które emitują fale o długości 265 nm. Promieniowanie UV, podobnie jak O₃, nie jest źródłem zanieczyszczeń.

Opinie na temat biopreparatów są różne, często krytyczne ze strony mikrobiologów z powodu na ich zmienny skład gatunkowy, nie zawsze ujawniony przez producentów, ze względu na tajemnicę handlową i ochronę patentową. Są to jednak produkty atestowane, certyfikowane i dopuszczone do użycia.

Podjęcie badań służących rozpoznaniu problematyki pracy doktorskiej Pani **mgr inż. Izabeli Kielb-Sotkiewicz** uważam za **celowe z poznawczego, naukowego i praktycznego** punktu widzenia, a tematyka rozprawy mieści się w dyscyplinie **inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**. Przeprowadzone prace i eksperymenty przyczyniają się do lepszego poznania i pogłębienia wiedzy bazującej na dotychczas zrealizowanych eksperymentach. **Wybór tematu dysertacji uważam za bardzo trafny oraz wnoszący nowe elementy wiedzy ściśle związane z wyżej wymienioną dyscypliną naukową.**

3. Ocena formalna

Niniejsza rozprawa doktorska jest bardzo obszerna, liczy 293 (295) numerowanych stron i została przygotowana w formie maszynopisu, co jest zgodne z ustawą z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – Dz. U. z 2018 r., poz. 1669, która w Art. 187, punkcie 3 mówi: „**Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna**, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej”.

Manuskrypt został podzielony na część teoretyczną i doświadczalną.

W **części teoretycznej** odnajdujemy odpowiednik wstępu (Wprowadzenie i uzasadnienie podjęcia tematu), celu pracy (Teza, cel i zakres pracy) i szereg rozdziałów stanowiących tradycyjny przegląd literatury, które odnoszą się do regulacji prawnych, metod dezynfekcji ścieków, opisu metod ich oczyszczania, charakterystyki mikroorganizmów występujących w ściekach, biologicznych, fizycznych oraz chemicznych metod higienizacji i dezynfekcji ścieków, sposobów oznaczania mikroorganizmów.

Część doświadczalna składa się z 10 rozdziałów, z których 5 stanowi zasadniczą część opracowania na temat przeprowadzonych badań. **Autorka** dokonała charakterystyki dwóch miejskich oczyszczalni ścieków, w szczegółowy sposób opisała pobieranie próbek i zastosowane metody badawcze, omówiła uzyskane wyniki oraz dokonała trzykrotnej dyskusji dla: oceny działania użytych biopreparatów, wykorzystania promieniowania ultrafioletowego, a także ozonowania ścieków oczyszczonych. Część doświadczalną finalizuje ważny rozdział – **Podsumowanie, wnioski i kierunki dalszych badań.**

Uzupełnieniem części badawczej są 3 rozdziały zawierające spis wykresów, rycin i tabel umieszczonych w maszynopisie. Istotnym fragmentem doktoratu są załączniki z danymi źródłowymi. Ponadto, praca opatrzona została streszczeniami w języku polskim i angielskim.

Rozdział dotyczący piśmiennictwa odnosi się do całości pracy. Spis wykorzystanej literatury obejmuje aż 461 pozycji. Niektóre z nich (np. 212, 216, 231) są już historyczne, jednak w użytych przez **Autorkę** kontekście, uważam za dopuszczalne.

Chciałbym zaznaczyć, że rozprawa jest bardzo dobrze przygotowana edycyjnie, graficznie i tabelarycznie. Tekst nie budzi zastrzeżeń pod względem stylistycznym, gramatycznym i ortograficznym.

4. Merytoryczna ocena rozprawy

Przedstawiona mi do oceny rozprawa przygotowana w formie obszernego maszynopisu, **jest opracowaniem spójnym, prezentującym bardzo wysoki poziom merytoryczny**. Jej koncepcja i konstrukcja są poprawne, logiczne i przejrzyste. Nie dostrzegłem w realizacji badań przypadkowych działań, co świadczy o szczegółowym zaplanowaniu toku analitycznego.

Relacje między rozdziałami pracy zachowują właściwe relacje, gdzie część badawcza w połączeniu z dyskusją wyników stanowią najobszerniejszą, zasadniczą część dysertacji.

Celem tej rozprawy doktorskiej była analiza możliwości wykorzystania różnych biopreparatów, promieniowania UV oraz ozonowania, jako sposobu poprawy jakości mikrobiologicznej ścieków oczyszczonych. Poszukiwanie nowych zintegrowanych metod oczyszczania ścieków w celu zmniejszenia ich uciążliwości lub bezpośredniego wykorzystania w gospodarstwach domowych i różnych gałęziach gospodarki jest zagadnieniem bardzo ważnym w czasach, kiedy coraz częściej odczuwane są w skali globalnej deficyty wody użytecznej, niedobory wynikające z niekorzystnego rozkładu sumy rocznych opadów, braku wezbrań rzek na tarasy zalewowe, chronicznych, niskich stanów wód płynących (tzw. niżówek).

Pani **mgr inż. Izabela Kielb-Sotkiewicz** sformułowała ogólne (główne) i szczegółowe cele oraz tezy badawcze, co pozwala w dokładny sposób zapoznać się z przedstawionym problemem pracy, a także jej zakresem.

Postawione hipotezy zostały zweryfikowane przez wykonanie analiz i poprawny naukowo opis uzyskanych wyników, poddanych dyskusji z artykułami innych autorów, opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych.

Podstawą przeprowadzonych badań opisanych w rozprawie był **bardzo rozbudowany** system doświadczeń i eksperymentów.

W ramach prac stanowiących podstawę doktoratu, wykonano bardzo dużą liczbę oznaczeń odnoszących się do weryfikowanych zagadnień, co podnosi wiarygodność uzyskanych wniosków i stwierdzeń. Wyklucza to jednocześnie ich przypadkowość.

W preparatyce i analizach próbek użyto odpowiednio dobrane, **znormalizowane, nowoczesne metody analityczne, a uzyskane wyniki mają certyfikację akredytowanych laboratoriów.**

Zabrakło mi jednak analiz statystycznych wyników, choćby tych najprostszych, jak statystyka opisowa, współczynniki zmienności, czy inne testy statystyczne.

Zakończenie dysertacji jest obszerne i zawiera podsumowanie informacji dotyczących przeprowadzonych w doktoracie badań, wnioski wynikające z zastosowania biopreparatów oraz promieniowania ultrafioletowego i ozonowania w procesie dezynfekcji ścieków oczyszczonych.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy zaliczam:

- Podjęcie bardzo **aktualnej, nowatorskiej, trudnej, uniwersalnej i przyszłościowej tematyki**, której realizacja ma szansę być kontynuowana długoterminowo, przy uwzględnieniu zmieniającego się prawodawstwa dotyczącego gospodarki ściekowej oraz postępu nauki i rozwoju metod analitycznych.
- Szeroki zakres analiz nadający dysertacji **duży stopień interdyscyplinarności naukowej**, a wieloaspektowe podejście pozwoliło uniknąć jednostronnego, subiektywnego spojrzenia na realizowaną tematykę.
- Wskazanie **ważnej roli dodatkowych działań dezynfekcyjnych** w celu poprawy jakości mikrobiologicznej ścieków oczyszczonych, co pozwala na tworzenie w przyszłości zamkniętych obiegów wody.
- **Utylitarne aspekty dysertacji**, które podparte są udokumentowanymi naukowo stwierdzeniami, możliwymi do praktycznego wprowadzenia w dyscyplinie **inżynieria środowiska**, górnictwo i energetyka.
- **Umiejętność przedstawienia i opisanie** dużej liczby zależności między analizowanymi cechami i parametrami jakościowymi ścieków w sposób jasny i czytelny nawet dla czytelnika nie związanego bezpośrednio z (mikro)biologiczną metodą oczyszczania ścieków. Wskazuje to na dojrzałość naukową i wysoki profesjonalizm Pani **mgr inż. Izabeli Kielb-Sotkiewicz.**

- Obszerność materiału badawczego i duża liczba wykonanych analiz pozwoliły **Doktorantce** na określenie kierunków dalszych badań, które umożliwią uzupełnienie uzyskanej na obecnym etapie wiedzy o charakterze przyczynkowym.

Uważam, że odpowiednie opracowanie uzyskanych wyników, z wykorzystaniem testów i analiz statystycznych, może być podstawą do opublikowania co najmniej kilku artykułów w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, wolnych od znamion autoplagiatu.

5. Uwagi, w tym dyskusyjne, odnoszące się do tekstu maszynopisu

W tekstach warto używać przecinków, które pozwalają wyeliminować nieścisłości i dwuznaczności stylistyczne. W kilku miejscach musiałem wczytać się dokładnie w treść, żeby w sposób właściwy zrozumieć intencje przekazu **Autorki**.

Zwyczajowo w naukach przyrodniczych dla pobieranego materiału środowiskowego używa się raczej określenia „próbka”. „Próba” jest najczęściej rozumiana w statystyce jako podzbiór elementów wybranych z populacji i poddanych obserwacji lub pomiarowi oraz ankiecie. Może być również rozumiana jako badanie, którego celem jest sprawdzenie czegoś. Dodam jednak, że słowo „próba” jest zgodnie ze Słownikiem języka polskiego, dopuszczalnym określeniem dla próbek środowiskowych.

Skrót roku (r.) piszemy z odstępem po ostatniej cyfrze. Warto także zwrócić uwagę na zasady pisania jednostek przy wartościach liczbowych (ze spacją, bez spacji).

Skrót nazwy naukowej organizmów z użyciem inicjału dla rodzaj (*Genus*) organizmu i gatunkowej (sp.) rozdzielamy spacją.

Inne uwagi

s. 7 (9), drugi akapit

jest: „60 mld m³ (**dla pory suchej [...]**)”

SL: Ponieważ przytaczany jest w tym zdaniu rok hydrologiczny Polski, wydaje mi się, że poprawniej jest używać określenia „rok suchy”. Pora sucha i deszczowa, odpowiedniki naszych pór roku, występują w innym klimacie.

s. 9 (11), pierwszy akapit

jest: „Rolnictwo odpowiada za zużycie największej ilości słodkiej wody.”

SL: W skali globalnej tak, zresztą woda słona nie nadaje się do nawodnień upraw rolniczych. Warto jednak zwrócić uwagę na fakt, że w krajach „rozwinętych”, najczęściej wody słodkiej zużywa przemysł, w Polsce, następną w kolejności jest zużycie na cele komunalne, a dopiero na trzeciej pozycji są nawodnienia w rolnictwie i leśnictwie oraz napełnianie stawów rybnych.

s. 9 (11), pierwszy akapit

jest: „do nawadniania w rolnictwie zużywa się około 4,5 mln ha ścieków oczyszczonych [16].”

SL: Czy chodziło o „4,5 mln hm³” ścieków oczyszczonych, czy o nawadnianie nimi 4,5 mln hektarów terenów rolniczych?

s. 14 (16), ostatni akapit

jest: „Głównym celem pracy było wykazanie, że stosowane metody dezynfekcji ścieków oczyszczonych w połączeniu z działaniem biopreparatów mogą stanowić **naturalną**, bezpieczną i przede wszystkim skuteczną metodę poprawy jakości mikrobiologicznej ścieków oczyszczonych.”

SL: Wydaje mi się, że używanie biopreparatów przygotowanych przez człowieka nie należy do działań naturalnych.

s. 17 (19), ostatni wers

jest: luminometria

SL: Powinno być luminometria.

s. 24 (26)

jest: „wartości graniczne wskaźników zanieczyszczeń wód naturalnych, przeznaczonych na cele rekreacyjne, powinny być 500 razy wyższe niż wskaźniki wody pitnej;” (prawdopodobnie na podstawie pozycji [45], Metcalf & Eddy, 2004, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. IV edition.)

SL: Nie znam tego opracowania, ale czy realna jest sytuacja, żeby woda powierzchniowa dla celów rekreacyjnych miała lepsze parametry fizyczno-chemiczne, niż woda dla celów wodociągowych - konsumpcyjnych?

s. 28 (30), przedostatni wers przed tabelą 2

jest: „Tabela 2 podsumowuje **liczbę** zanieczyszczeń odprowadzanych do Morza Bałtyckiego”

SL: Pozostałbym jednak przy ładunku zanieczyszczeń (jak w tytule tabeli), bo liczba „zanieczyszczeń” wynosi **TRZY**, o ile BZT₅ potraktujemy jako, jedno zanieczyszczenie o charakterze organicznym, rozkładane przez enzymy pozakomórkowe mikroorganizmów.

s. 28 (30), akapit pod tabelą, linie 1 i 2

jest: „Osiągnięcie oczekiwanego efektu oczyszczania ścieków, nazywanego także stopniem oczyszczania”

SL: Wydaje mi się, że nie można w tym przypadku traktować synonimicznie pojęcia **efekt** w rozumieniu **efektywności** (skuteczności, sprawności) oczyszczania ścieków. Nie zawsze są one tożsame. **Stopnie** oczyszczania ścieków (klasycznie 4, czasem w rozszerzonym ujęciu 5) – to kolejne działania następujące po sobie. Można im przypisywać określoną sprawność, wyrażoną np. procentowym usunięciem określonych rodzajów zanieczyszczeń ze ścieków.

Ta uwaga może być dyskusyjna.

s. 31

jest: $3,0 \cdot 10^4$, $9,3 \times 10^{18}$

SL: Warto ujednoczyć znaki mnożenia. Wykorzystywać konsekwentnie „·” lub „x”.

s. 195

W załączniku 24a zabrakło nagłówka tabeli, dlatego trudno określić, czego dotyczą wartości liczbowe ostatniej (prawej) kolumny.

Powyższe uwagi mają głównie charakter uzupełnień oraz uwag redakcyjnych i **nie wpływają na moją bardzo pozytywną ocenę merytoryczną całości rozprawy**. W tak obszernym opracowaniu o charakterze interdyscyplinarnym, niemożliwe jest uniknięcie błędów związanych z interpunkcją, stylistyką i literówką.

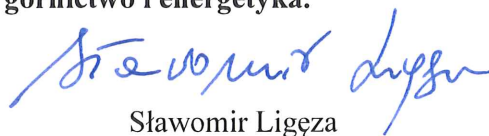
W mojej opinii praca doktorska mgr inż. Izabeli Kiełb-Sotkiewicz jest **oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, zawierającym elementy nowatorskie** i dostarcza wielu użytecznych informacji na temat roli dodatkowych działań dezynfekcyjnych w poprawie jakości mikrobiologicznych ścieków oczyszczonych, co pozwala zachować dobry stan i potencjał ekologicznych jednolitych części wód powierzchniowych. Zastosowane podejście metodyczne, rozbudowane doświadczenia laboratoryjne, szeroki zakres analiz i uzyskane wyniki można odnosić do innych obiektów, dlatego uważam, że **dysertacja stanowi opracowanie o charakterze praktycznym i uniwersalnym**.

6. Wniosek końcowy

Reasumując stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny **rozprawa doktorska mgr inż. Izabeli Kielb-Sotkiewicz pt. „Możliwości poprawy jakości mikrobiologicznej ścieków oczyszczonych”**, ma dużą wartość naukową, poznawczą i aplikacyjną. Rozprawa **spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim**, określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 ze zm.).

Na tej podstawie zwracam się do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, z **wnioskiem o dopuszczenie pracy doktorskiej mgr inż. Izabeli Kielb-Sotkiewicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Zakres merytoryczny rozprawy mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.



Sławomir Ligęza



PODPIS ZAUFANY

SŁAWOMIR
LIGĘZA

09.01.2025 13:11:39 [GMT+1]

Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym