

Rzeszów, 20. 11. 2024 r.

prof. dr hab. Barbara Tchórzewska-Cieślak
Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury
Politechnika Rzeszowska
al. Powstańców Warszawy 6
35-959 Rzeszów

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgra Łukasza Czopika

pt. „Zarządzanie ryzykiem w podnoszeniu efektywności operacyjnej

funkcjonowania systemu zaopatrzenia w wodę Górnośląskiego

Przedsiębiorstwa Wodociągowego S.A.”

1. Przedmiot recenzji oraz podstawa formalna jej opracowania

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. Łukasza Czopika. Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Izabela Zimoch.

Formalną podstawą przygotowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej Pana prof. dr hab. Krzysztofa Labusa z dnia 25.10.2024 oraz umowa o dzieło nr UMC/4171/2024.

2. Charakterystyka rozprawy

2.1 Problem naukowy rozprawy, cel oraz uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy

Głównym celem ocenianej rozprawy doktorskiej było opracowanie modelu zarządzania ryzykiem dla firmy wodociągowej w aspekcie zapewnienia dostaw bezpiecznej wody wodociągowej z wykorzystaniem narzędzi informatycznych. Opracowanie może stanowić element wsparcia w podejmowaniu decyzji strategicznych odnośnie optymalizacji funkcjonowania przedsiębiorstwa wodociągowego.

Podjęty przez Doktoranta problem badawczy stanowi obecnie jeden z najważniejszych aspektów analizy funkcjonowania systemów wodociągowych. Zagadnienie naukowe obejmujące szeroko pojęte analizy bezpieczeństwa w gospodarce wodnej nie są nowe, ale ciągle aktualne. Istnieją również obszary, które wymagają dogłębnej analizy badawczej. Problem bezpieczeństwa konsumentów wody przeznaczonej do spożycia jest ogólnosiwiatowy, o czym świadczą raporty organizacji międzynarodowych takich jak ONZ czy WHO. Nowe regulacje prawne, w tym wytyczne WHO oraz nowelizacja unijnej Dyrektywy Wodnej, jasno wskazują na konieczność wdrażania procedur zapewniających jak najwyższą jakość usług wodociągowych, a priorytetem jest bezpieczeństwo zdrowotne konsumentów. W obliczu nowych zagrożeń dla funkcjonowania systemów wodociągowych, w tym wynikających ze zmian klimatycznych (powodzie, susze), problemów energetycznych, zagrożeń terrorystycznych oraz cyberterrorystycznych, a także nowych wyzwań w aspekcie zapewnienia odpowiedniej jakości wody wodociągowych (np. mikrozanieczyszczeń takich jak mikroplastik czy farmaceutyki), konieczne jest wdrażanie nowych procedur zapewniających bezpieczeństwo funkcjonowania tych systemów. Miarą utraty bezpieczeństwa systemów technicznych jest funkcja ryzyka, a jej wykorzystanie w ocenie bezpieczeństwa systemów stało się paradygmatem. Zarządzanie ryzykiem powinno być obecnie podstawą eksploatacji systemów wodociągowych od ujęcia do kranu konsumenta. Proces ten powinien zawierać analizę ryzyka wraz z analizą ekonomiczną i techniczną, która pozwoli na optymalizację kosztów wdrażania procedur zarządzania ryzykiem. Takie podejście wychodzi naprzeciw standardom wynikającym z nowelizacji Dyrektywy Wodnej oraz wdrażania dla przedsiębiorstw tzw. Planów Bezpieczeństwa Wody (WSP) (konieczność wdrożenia dla państw członkowskich to 2009 rok). Systemy wodociągowe, które zgodnie z ustawą o zarządzaniu kryzysowym należą do infrastruktury krytycznej podlegają specjalnej ochronie prawnej oraz technicznej. Eksploatacja tych systemów odbywa się w reżimie pracy ciągłej z jednoczesnym obciążeniem zmiennymi warunkami wewnętrznymi (np. zmienność warunków hydraulicznych), jak i zewnętrznymi (np. zmiana temperatury gruntu). Liczba oraz dynamika czynników mających wpływ na charakter zagrożeń i ich potencjalnych skutków, wymusza konieczność zastosowania narzędzi informatycznych wspomagających przeprowadzenie analizy ryzyka. Zarządzanie ryzykiem umożliwia optymalizację kosztów produkcji wody z jednoczesnym zapewnieniem wymaganego poziomu bezpieczeństwa zdrowotnego.

W swojej dysertacji Pan mgr Łukasz Czopik, na podstawie obszernego przeglądu literatury w badanym obszarze, zdefiniował aktualny i bardzo istotny problem badawczy. Cele szczegółowe zdefiniowane przez Doktoranta wskazują na zakres prowadzonych badań.

Uważam, że Doktorant podjął się ważnego tematu badawczego, wykonał przegląd stanu wiedzy i na tej podstawie określił zakres prowadzonych badań, które uważam za istotne z punktu widzenia naukowego oraz inżynierskiego.

2.3 Układ pracy i omówienie poszczególnych rozdziałów

Przedstawiona do recenzji praca liczy 170 stron, wraz z wykazem literatury, spisem tabel, rysunków, streszczeniem pracy w języku polskim i angielskim oraz spisem ważniejszych oznaczeń i skrótów. Bibliografię stanowią 205 pozycje.

Oceniana rozprawa posiada klasyczny układ. W pracy można wyróżnić trzy główne części tj.: część teoretyczną zawierającą przegląd stanu wiedzy w badanym obszarze, część badawczą, w której zawarto metodykę badań, w tym podstawy opracowanego modelu analizy ryzyka oraz aplikacje modelu dla Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągowego. Część trzecia rozprawy zawiera dyskusję wyników, podsumowanie, wnioski oraz kierunki dalszych badań.

Praca składa się 10 podstawowych rozdziałów, spisu tabel, rycin oraz streszczeń. Układ pracy, następstwo i kompletność rozdziałów uważam za prawidłowy.

Praca rozpoczyna się od wstępu, w którym Doktorant wskazuje na problemy związane z dostępnością oraz jakością wody wodociągowej w kontekście zrównoważonego rozwoju gospodarki wodnej, w tym na konieczność ochrony zasobów wód. Na tle tych problemów wskazuje na wprowadzane nowe regulacje prawne dla państw członkowskich UE, w tym wyzwania jakie stawia konieczność wdrożenia do polskiego prawodawstwa i praktyki eksploatacyjnej nowej Dyrektywy Wodnej. W tym aspekcie odnosi się do konieczności analizy ryzyka w całym łańcuchu dostaw tj. od źródła do punktów odbioru u konsumenta. Uważam, że wstęp do recenzowanej dysertacji dobrze wprowadza czytelnika w omawiane zagadnienie.

W rozdziale drugim Autor zawarł szczegółowy przegląd literatury. Rozdział składa się z trzech głównych podrozdziałów zawierających podstawy teoretyczne związane z budową i eksploatacją systemów zaopatrzenia w wodę, zarządzaniem ryzykiem oraz stanem prawnym odnośnie zapewnienia bezpieczeństwa dostawy wody. Uważam, że w rozdziale tym można było pominąć podstawy teoretyczne budowy i projektowania systemów wodociągowych, a skupić się przede wszystkim na analizie stanu wiedzy w badanym obszarze rozważań. Autor bardzo szczegółowo omówił różne narzędzia informatyczne stosowane do projektowania i eksploatacji systemów wodociągowych oraz główne problemy eksploatacyjne wynikające z jego funkcjonowania, w tym wtórne zanieczyszczenie wody w sieci wodociągowej oraz awaryjność sieci. Następnie przedstawił metody analizy i oceny ryzyka w systemach wodociągowych oraz podstawy zarządzania ryzykiem. Szczególną uwagę poświęcono metodom matrycowym, co uważam za zasadne ze względu na powszechność stosowania właśnie tych metod oraz ich wykorzystanie w dalszej części opracowania. W tym rozdziale Autor opisała szczegółowo moduły WSP zgodnie z wytycznymi poradnika WHO. Na koniec przeglądu literatury omówiono akty prawne zarówno w aspekcie międzynarodowym jak i krajowym, w tym planowane zmiany w ustawie o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i odprowadzaniu ścieków, w kontekście wdrażania regulacji nowej Dyrektywy Wodnej. Rozdział ten oceniam pozytywnie, uważam że jest na wystarczającym stopniu szczegółowości.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stanu wiedzy w rozdziale 3 Doktorant zdefiniowała tezę pracy oraz przedstawił cele szczegółowe, na podstawie których można

wnioskować o zakresie pracy. W rozdziale tym brakuje jasno zdefiniowanego celu głównego (do którego odnosi się Doktorant) oraz zakresu pracy. Uważam, że rozdział ten jest napisany nieprecyzyjnie. Przyjęta w rozprawie teza jest zasadna. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły Doktorantowi na weryfikację postawionej tezy.

W rozdziale 4 została przedstawiona metodyka prowadzonych badań, w tym szczegółowy algorytm zarządzania ryzykiem, sposób wykorzystania danych przestrzennych oraz podstawy teoretyczne poszczególnych modułów opracowanego modelu oraz sposób oceny końcowej wartości ryzyka na podstawie tzw. ranking ryzyka. W poszczególnych punktach przedstawiono metody wyznaczenia wartości ryzyka dla różnych czynników mających wpływ na bezpieczeństwo dostawy wody. Uwzględniono takie czynniki jak rodzaj sieci wodociągowej, sposób ułożenia przewodów, stan techniczny przewodów, jakość wody wodociągowej oraz czynnik zewnętrzny związany z możliwością ingerencji osób trzecich. W metodzie wykorzystano zmodyfikowane metody matrycowe oraz analizę drzewa zdarzeń (ETA). Opracowany algorytm wraz ze szczegółowymi modułami modelu zaaplikowano dla rzeczywistych danych eksploatacyjnych dotyczących podsystemu dystrybucji wody, który jest zarządzany przez Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągowe S.A. (GPW). Przedmiot badań został szczegółowo omówiony w rozdziale 5. Rozdział 6 to aplikacja opracowanego modelu z wykorzystaniem danych eksploatacyjnych, w tym zaimplementowanych z systemu GIS. W rozdziale 7 przedstawiono dyskusję uzyskanych wyników, która jest na wystarczającym stopniu szczegółowości. Pracę kończy krótkie podsumowanie oraz kierunki dalszych badań.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Podjęta tematyka badań mieści się w obszarze badań naukowych dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* szczególnie w zakresie eksploatacji systemów wodociągowych, analizy niezawodności oraz bezpieczeństwa systemów wodociągowych. Uważam, że dysertacja spełnia wymagania merytoryczne stawiane pracom naukowym na poziomie doktoratu.

Szczegółowe wnioski wynikające z oceny merytorycznej:

- Tytuł rozprawy odzwierciedla autorskie zamierzenia i treść pracy. Układ rozprawy uważam za logiczny i czytelny. Zawiera ona wszystkie niezbędne elementy rozprawy doktorskiej. Stwierdzam zatem kompletność rozprawy doktorskiej.
- Podjęty problem badawczy jest ważny z punktu widzenia badań naukowych oraz praktyki inżynierskiej w obszarze zarządzania dostawą wody do odbiorców. Pojawiające się ciągle nowe zagrożenia zdrowotne ale również nowe regulacje prawne, stanowią istotny problem eksploatacyjny dla przedsiębiorstw wodociągowych.
- Przyjęta metodyka badań jest poprawna.
- Wykorzystanie narzędzi informatycznych w tym danych przestrzennych w przedsiębiorstwach wodociągowych uważam za właściwe.
- Analiza statystyczna danych jest wykonana na wystarczającym stopniu szczegółowości.

- Opracowany autorski wieloparametryczny model analizy ryzyka wraz z algorytmem zarządzania ryzykiem stanowi wkład Doktoranta w rozwój badań w tym zakresie.
- Dyskusja otrzymanych wyników świadczy o umiejętności w zakresie analizy i oceny badań naukowych.
- Podsumowanie i wnioski rozprawy doktorskiej odnoszą się do wyników przeprowadzonych analiz i wskazują na oryginalność przeprowadzonych badań.

Uwagi krytyczne dyskusyjne:

- Na stronie 80, wzór 4.3 został wykorzystany do podstawowej dwuparametrycznej macierzy ryzyka, dla której w tabeli 4.1 przedstawiono sposób kategoryzacji prawdopodobieństwa wartości ryzyka. W tabeli zarówno dla kategorii średnie jak i wysokie w opisie jest: „zdarzenie na pewno występuje”. Funkcja prawdopodobieństwa ma w sobie niepewność, samo ryzyko utożsamiane jest z niepewnością. Zdarzenie pewne w tym kontekście jest bardzo dyskusyjne, szczególnie dla kategorii średnie.
- W tabeli 4.3 przedstawiono dwuparametryczną macierz ryzyka 3×3 , a następnie w tabeli 4.4 dla poszczególnych wartości ryzyka $\{1,2,3,4,6,9\}$ zaproponowano kategoryzację dla poszczególnych wartości ryzyka. Czy uwzględniono fakt, że niektóre wartości ryzyka pojawiają się w macierzy dwa razy, a ich interpretacja powinna być inna, np. dla wartości ryzyka 3 mamy:
 - a) $1 \cdot 3 = 3$, dla $C=1$ i $P=3$, czyli mamy zdarzenie, które występuje często, bo $P=3$ ale straty są małe bo $C=1$,
 - b) $3 \cdot 1 = 3$, dla $C=3$ i $P=1$, czyli mamy zdarzenie, które jest mało prawdopodobne bo $P=1$ ale straty są bardzo duże bo $C=3$,

Z punktu widzenia analizy bezpieczeństwa taka interpretacja wartości ryzyka ma kluczowe znaczenie. Zdarzenia, które pojawiają się często ale potencjalne straty są małe, np. dla sieci wodociągowej są związane najczęściej z występującymi codziennie awariami, które nie mają skutków dla konsumentów wody, są one istotne dla analizy niezawodności sieci np. pod kątem starzeniowym czy oceny stanu technicznego, ale dla analizy bezpieczeństwa zdrowotnego w kontekście jakości wody już nie. Istnieją metody, w których aspekt ten można uwzględnić. Proszę odnieść się do tej kwestii.
- W tabelach 4.4, 4.18, 4.29, 4.38, 4.45 dotyczących kategoryzacji poziomów ryzyka występują trzy poziomy ryzyka tj. akceptowalne, znowu akceptowalne (?), nieakceptowalne. W aplikacji modelu w analizie zagrożeń ocena ryzyka to tolerowane. Proszę o wyjaśnienie.
- Rysunek 4.3 dotyczący aplikacji metody ETA jest zupełnie nieczytelny.
- We wzorze 4.4 w objaśnieniach pojawia się oznaczenie „Pij”, we wzorze brak takiego symbolu, to samo dotyczy wzoru 4.5. Proszę o wyjaśnienie.
- Na jakiej podstawie przyjęto wartości kryterialne dla intensywności uszkodzeń w tab. 4.19 (M. Kwietniewski, J. Rak ?)- brak powołania. Proszę o wyjaśnienie.
- Tabela 2.9 brak powołania.

- We wzorze 4.10 brak jednostek.
- Wzór 4.17 występują błędy w indeksach.
- Wątpliwości budzi zgodność cytowań z wykazem literatury np. podany wzór 2.29 jest autorską formułą profesora J. Raka. Analogicznie w tabeli 2.6. występuje błąd w cytowaniu. Proszę o wyjaśnienie.
- W spisie literatury występują liczne strony internetowe, a podana ścieżka nie umożliwia dotarcie do pliku źródłowego, co znacznie utrudnia jego weryfikację. np. poz. 53.
- Na stronie 39 podrozdziału 2.2 wyróżniono treści: „*Inne metody analizy i oceny ryzyka...*”, tymczasem jest to opis metod podstawowych, a opisane wcześniej moduły WSP należą do procedur zarządzania ryzykiem. Uważam, że rozdział ten jest merytorycznie poprawny ale napisany chaotycznie.

Uwagi redakcyjne:

- W pracy występują liczne błędy edytorskie i językowe np. brak akapitów, różne wyrównania wzorów, błędy w indeksach wzorów (lub ich brak), błędy stylistyczne na stronach 7, 9, 13, 14, 25, 89, 115, 127, 153, błędy w formatowaniu pracy np. na stronach 85, 104, 108, 110.
- W pracy podpisy pod rysunkami raz są nazywane jako rycina np. 5.2 , a w innym przypadku rysunek np. 4.2. W spisie w rozdziale 12 jest spis rycin.
- Występują również błędy w numeracjach czy powołaniach wzorów np. na stronie 40 , wzór 2.27 (brak numeracji), dodatkowo w tekście błąd w powołaniu.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z art. 13. ust. 1 Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki”(tj. Dz. U. z 2017 roku poz. 1789).

W podsumowaniu stwierdzam, że recenzowana rozprawa jest poprawna merytorycznie, a jej wyniki mogą być wykorzystane w praktyce inżynierskiej. Przeprowadzone badania naukowe oraz analiza i interpretacja uzyskanych wyników wskazują, że Doktorant opanował wymagany warsztat naukowy, który pozwolił na rozwiązanie postawionego problemu badawczego. Badania prowadzone przez mgra Łukasza Czopika w pełni mieszczą się w zagadnieniach naukowych dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

Biorąc pod uwagę zakres przeprowadzonych badań, zaprezentowany warsztat naukowy, wkład własny w rozwój wiedzy oraz możliwości aplikacyjne, pozytywnie oceniam przedstawioną do recenzji dysertację oraz wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska i Energetyka, o dopuszczenie do publicznej obrony pracy doktorskiej Pana mgr. Łukasza Czopika.

Barbara Tchórzewska-Cieślak

