

Wrocław, 29.12.2025 r.

dr hab. inż. Adrian RÓŻAŃSKI, prof. uczelni
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechnika Wrocławska

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Iwony DUSZYŃSKIEJ
„Ograniczenie awarii infrastruktury technicznej odpadów
poflotacyjnych z flotacji rudy miedzi w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.”**

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawę opracowania niniejszej recenzji stanowi uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej w Gliwicach, z dnia 23.10.2025 roku oraz pismo o nr. RDILGT.512.39.2025, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej, prof. dr. hab. inż. Piotra Folęgi.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt.: „Ograniczenie awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych z flotacji rudy miedzi w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.”, autorstwa mgr. inż. Iwony Duszyńskiej. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Joanna Bzówka.

Praca wraz ze spisem treści, streszczeniami w języku polskim i angielskim, spisem literatury (51 prac naukowych, 6 ustaw i rozporządzeń, 5 dyrektyw, 40 norm, 3 dokumentacje wewn. KGHM PM S.A., 12 adresów stron internetowych) liczy łącznie 184 strony. Dysertacja podzielona jest na 7 głównych rozdziałów: (1) Wprowadzenie, (2) Studium literatury, (3) Przegląd awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych w latach 2018-2023, (4) Analiza i podsumowanie przyczyn awarii, (5) Badania terenowe i laboratoryjne infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych, (6) Analizy numeryczne, (7) Podsumowanie i wnioski końcowe. Dodatkowo do rozprawy dołączono 3 załączniki: nr 1 – wykaz zarejestrowanych zdarzeń o znamionach awarii i/lub poważnej awarii w latach 2019-2023; nr 2 – mapa z lokalizacjami miejsc, w których wystąpiły awarie infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych i rurociągów technologicznych wody przemysłowej; nr 3 – zestawienie tablic opracowanych dla wdrożenia rozwiązań

technicznych w celu ograniczenia awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych z flotacji rudy miedzi w KGHM Polska Miedź S.A.

Recenzowana rozprawa dotyczy weryfikacji możliwości ograniczenia awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych z flotacji rudy miedzi w KGHM Polska Miedź S.A. Analizowany w dysertacji problem jest interesujący, ważny i aktualny. Po pierwsze wynika to z faktu, iż analizowane zagadnienie dotyczy infrastruktury największego tego typu obiektu w Europie i jednego z największych w świecie. Dodatkowo OUOW Żelazny Most jest obecnie jedynym składowiskiem odpadów dla wszystkich kopalni KGHM PM S.A. stąd też jego bezawaryjna praca jest niezwykle istotna do zapewnienia ciągłości pracy zakładów górniczych. Odpad z Zakładów Wzbogacania Rud (ZWR) transportowany jest do OUOW Żelazny Most techniką hydrotransportu, który przebiega ciśnieniowo rurociągami przesyłowymi magistralnymi o średnicach od 800 do 1000 mm na łącznej długości niemal 250 kilometrów. Instalacje narażone są na liczne awarie, głównie spowodowane ścieralnością rurociągów i armatury technicznej, w tym zasuw czy elementów zamiennych pomp. Biorąc pod uwagę skalę analizowanego obiektu oraz rozległość i złożoność infrastruktury przesyłowej, a także fakt, iż awarie tego typu instalacji występują relatywnie często i mogą prowadzić do poważnych konsekwencji technicznych, środowiskowych i organizacyjnych, problem badawczy podjęty w niniejszej rozprawie doktorskiej należy uznać za wyjątkowo istotny zarówno z punktu widzenia praktyki przemysłowej, jak i rozwoju wiedzy inżynierskiej.

3. Układ pracy

Jak wspomniano wcześniej, Doktorantka w swojej pracy doktorskiej podjęła się zadania opracowania rozwiązań technologicznych i organizacyjnych, które powinny przyczynić się do ograniczenia awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych z flotacji rudy miedzi w KGHM PM S.A. W szczególności, po rozdziale 1 będącym swoistym wprowadzeniem do rozprawy, Doktorantka w rozdziale 2 przeprowadziła szerokie studia literaturowe w zakresie charakterystyki hydrotransportu, hydrotransportu odpadów i regulacji prawnych z nim związanych oraz metod wykrywania awarii. Opisano także wybrane przykłady dużych instalacji hydrotransportu i przykłady zdarzeń awaryjnych infrastruktury technicznej. Rozdział 3 stanowi obszerny przegląd awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych KGHM PM S.A. w latach 2018 – 2023. Podsumowanie i analizę przyczyn tychże awarii przedstawiono w rozdziale 4. Badania terenowe i laboratoryjne infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych opisano w rozdziale 5. Fundamentalne analizy dotyczące obliczeń numerycznych w zakresie oceny wpływu trzech parametrów na czas osiągnięcia granicznej wartości

wytrzymałości stalowego rurociągu zawarto w rozdziale 6. Analizowane parametry to: prędkość ubytku ścianek, ciśnienie mieszaniny i jej gęstość. W rozdziale 7 sformułowano wnioski i przedstawiono podsumowanie pracy.

Układ rozprawy jest logiczny i przejrzysty. Poszczególne rozdziały zostały uporządkowane w sposób spójny, a ich zawartość odpowiada założonym celom pracy. W dalszej części recenzji omówię krytycznie treść dysertacji odnosząc się do treści zawartych w poszczególnych rozdziałach.

4. Cel pracy

Zgodnie z informacją zawartą na stronie 11, w rozdziale 1, celem rozprawy doktorskiej jest **ograniczenie awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych z flotacji rudy miedzi w KGHM Polska Miedź S.A.** Należy podkreślić, że cel ten został sformułowany w sposób jasny i zrozumiały jednak w opinii recenzenta ma on charakter zbyt daleko idący w odniesieniu do zakresu i możliwości oddziaływania samej rozprawy doktorskiej. Ograniczenie awarii stanowi bowiem efekt wdrożeniowy, osiągalny dopiero na etapie praktycznego zastosowania wyników badań w warunkach przemysłowych. W kontekście pracy doktorskiej właściwsze wydaje się sformułowanie celu jako opracowanie, weryfikację lub ocenę metod, rozwiązań bądź rekomendacji technicznych, których implementacja może w dalszej perspektywie przyczynić się do ograniczenia awaryjności analizowanej infrastruktury. Zwraca również uwagę brak wyodrębnionego rozdziału poświęconego celowi i tezom (hipotezom) pracy, w którym cel ten zostałby szerzej uzasadniony i doprecyzowany. Cel rozprawy został wskazany jedynie zdawkowo we wprowadzeniu, co nieco utrudnia jednoznaczne określenie zakresu zamierzonych badań oraz relacji pomiędzy celem, zakresem pracy i uzyskanymi wynikami.

5. Treść pracy – uwagi krytyczne i dyskusyjne

Rozdział 1

Rozdział pierwszy, zatytułowany *Wprowadzenie*, ma charakter wprowadzający i liczy 7 stron. Autorka zapoznaje w nim czytelnika z problematyką hydrotransportu stosowanego w KGHM Polska Miedź S.A. oraz w sposób ogólny uzasadnia celowość podjęcia tematyki rozprawy. W rozdziale tym przedstawiono również podstawowe informacje dotyczące infrastruktury transportowej oraz wskazano główne przyczyny awarii rurociągów instalacji technologicznej.

Jednocześnie należy zauważyć, że rozdział ten w ograniczonym stopniu posiada wyraźną myśl przewodnią, a niektóre informacje pojawiają się w nim kilkakrotnie, co wydaje się zbędne z punktu widzenia spójności narracji. W końcowym fragmencie

rozdziału sformułowano cel pracy, jednak – jak wskazano wcześniej (pkt. 4 niniejszej recenzji) – zagadnienie to potraktowano dość skrótowo.

Brakuje w szczególności jednoznacznego sformułowania problemu badawczego oraz wskazania sposobu jego rozwiązania, w tym opisu przyjętej metodyki badawczej i zastosowanych metod badawczych. Zdaniem recenzenta elementy te, kluczowe dla właściwego zrozumienia zakresu i charakteru rozprawy, powinny zostać zaprezentowane w sposób bardziej uporządkowany. Zasadne wydawałoby się zatem wyodrębnienie w pracy osobnego rozdziału poświęconego celowi rozprawy, sformułowaniu problemu naukowego (bądź problemów badawczych) oraz omówieniu sposobu ich rozwiązania, co przyczyniłoby się do zwiększenia przejrzystości struktury pracy.

Rozdział 2

Rozdział drugi poświęcony został szerokim studiom literaturowym obejmującym zagadnienia ogólnej charakterystyki hydrotransportu, hydrotransportu odpadów poflotacyjnych, obowiązujących regulacji prawnych, a także metod wykrywania awarii w instalacjach technicznych. Doktorantka przytacza ponadto wybrane przykłady dużych instalacji hydrotransportu oraz przykłady awarii infrastruktury technicznej. Zasygnalizowano również możliwość wykorzystania metody elementów skończonych oraz narzędzi sztucznej inteligencji w analizie awarii. Całość rozdziału napisana jest w sposób przejrzysty i klarowny, a zakres przywołanej literatury świadczy o dużym nakładzie pracy włożonym w jego przygotowanie.

Jednocześnie, pomimo niewątpliwej wartości merytorycznej zgromadzonego materiału, w rozdziale tym odczuwalny jest pewien niedosyt związany z układem treści oraz brakiem wyraźnej myśli przewodniej. W szczególności w części dotyczącej regulacji prawnych przytoczono liczne opracowania, dyrektywy, normy oraz definicje, jednak nie wskazano jednoznacznie, w jaki sposób oraz w jakim zakresie proces hydrotransportu realizowany w KGHM Polska Miedź S.A. wpisuje się w przedstawione ramy prawne.

Podobne uwagi dotyczą fragmentów poświęconych charakterystyce hydrotransportu, w których przeplatają się informacje o charakterze ogólnym z opisami odnoszącymi się bezpośrednio do instalacji funkcjonujących na OUOW Żelazny Most. Z punktu widzenia przejrzystości wyводу bardziej zasadny wydawałby się układ polegający na wyraźnym oddzieleniu części ogólnej od charakterystyki systemu będącego przedmiotem dalszych analiz.

W podrozdziale 2.4, dotyczącym wybranych przykładów awarii instalacji technicznych, stosunkowo dużo miejsca poświęcono instalacjom innego typu niż te analizowane w rozprawie. Tymczasem zasadniczym przedmiotem dysertacji są instalacje służące do transportu odpadów poflotacyjnych, co uzasadniałoby silniejsze

skoncentrowanie studiów literaturowych właśnie na tej grupie obiektów. Analogicznie, przegląd literatury w większym stopniu mógłby odnosić się bezpośrednio do zagadnień związanych z możliwościami ograniczenia awaryjności infrastruktury technicznej, stanowiących główny obszar badawczy pracy.

Zastrzeżenia budzi również fragment dotyczący metod wykrywania awarii z wykorzystaniem technik NDT, który w znacznej mierze opiera się na informacjach pochodzących ze strony internetowej firmy Ultrarent. Po pierwsze, treści te zostały w dużej części przytoczone niemal wprost, a po drugie, w pracy o charakterze naukowym należałoby oczekiwać szerszego i bardziej zróżnicowanego przeglądu literatury przedmiotu, opartego na publikacjach naukowych i specjalistycznych opracowaniach.

Podsumowując, należy ponownie podkreślić znaczny nakład pracy włożony w przygotowanie rozdziału drugiego oraz obszerność zgromadzonego materiału literaturowego. Jednocześnie wskazane uwagi powodują pewien niedosyt związany z kompozycją treści oraz stopniem ukierunkowania studiów literaturowych na zasadniczy problem badawczy rozprawy.

Rozdział 3

Rozdział trzeci poświęcony został analizie awarii infrastruktury technicznej służącej do transportu odpadów poflotacyjnych na OUOW Żelazny Most oraz instalacji tłoczących oczyszczoną wodę technologiczną, uzyskaną w procesie sedymentacji odpadów, do Zakładów Wzbogacania Rud. Autorka zestawiała dane dotyczące awarii z okresu 2018–2023, dokonując ich podziału na poszczególne rurociągi poflotacyjne oraz wodne. Uwzględniono również awarie instalacji technologicznych zabudowanych w

Pompowniach	Opadów	Poflotacyjnych
-------------	--------	----------------

 w rejonach ZWR Rudna, Lubin oraz Polkowice.

Dla każdego z analizowanych rurociągów opracowano szczegółowe zestawienia tabelaryczne, zawierające informacje dotyczące daty wystąpienia awarii, jej rodzaju i lokalizacji, wykonanych czynności naprawczych oraz zastosowanych metod naprawczych. Zakres i szczegółowość zgromadzonych danych świadczą o bardzo dużym nakładzie pracy włożonym w przygotowanie tego rozdziału oraz o dobrej znajomości analizowanej infrastruktury i procesów eksploatacyjnych.

Jednocześnie rozdział ten rodzi u czytelnika kilka wątpliwości o charakterze metodycznym:

- Nie uzasadniono wyboru analizowanego okresu awarii, tj. lata 2018–2023. Czy przyjęty przedział czasowy można uznać za reprezentatywny z punktu widzenia formułowania wniosków o charakterze ogólnym, w szczególności w odniesieniu do rodzajów awarii o cykliczności dłuższej niż pięć lat, które mogły nie zostać ujęte w analizowanym zbiorze danych?

- Pomimo obszernego i szczegółowego zestawienia danych źródłowych, w rozdziale brakuje syntetycznego podsumowania obejmującego najczęściej występujące przyczyny awarii, dominujące sposoby ich usuwania oraz ewentualne prawidłowości wynikające z przeprowadzonej analizy. Tego rodzaju podsumowanie ułatwiłoby czytelnikowi interpretację zgromadzonego materiału i stanowiłoby naturalne przejście do dalszych rozważań.

- Uwagi natury redakcyjnej budzi mapa zamieszczona w Załączniku 2, która nie zawiera legendy. Brak informacji o znaczeniu zastosowanych oznaczeń i kolorów uniemożliwia jednoznaczną korelację przedstawionych danych graficznych z informacjami zawartymi w tabelach.

Podsumowując, należy jednoznacznie podkreślić bardzo duży nakład pracy włożony w opracowanie rozdziału trzeciego oraz wartość zgromadzonego materiału empirycznego. Zasygnalizowane uwagi nie podważają zasadności przeprowadzonej analizy, jednak wskazują na elementy, których doprecyzowanie mogłoby istotnie zwiększyć walory poznawcze i czytelność tego fragmentu rozprawy.

Rozdział 4

Rozdział czwarty poświęcony został analizie oraz podsumowaniu przyczyn awarii infrastruktury technicznej. Rozpoczyna się on przedstawieniem ogólnej charakterystyki ryzyka występowania awarii rurociągów infrastruktury technicznej. Informacje zawarte w podrozdziale 4.1 mają jednak charakter ogólny i nie odnoszą się w sposób bezpośredni do analizowanego w rozprawie przypadku, tj. awaryjności infrastruktury technicznej funkcjonującej w KGHM Polska Miedź S.A..

Dopiero w podrozdziale 4.2 Doktorantka omawia przyczyny awarii infrastruktury technicznej transportu odpadów poflotacyjnych w KGHM Polska Miedź S.A. w latach 2018–2023, opierając się na danych zestawionych i przeanalizowanych w poprzednim rozdziale. Przeprowadzona analiza prowadzi do wniosku, że dominującą grupę awarii stanowią uszkodzenia rurociągów stalowych, powstające w wyniku pęknięć na szwach połączeń spawanych, korozji tych połączeń oraz tworzenia się wżerów w miejscach wadliwie wykonanych złączy. Zwrócono również uwagę na istotne znaczenie jakości materiałów, z których wykonane są rurociągi, w kontekście ich odporności na ścieranie i trwałość eksploatacyjną.

W dalszej części rozdziału sformułowano wstępne rekomendacje i zalecenia mające na celu minimalizację ryzyka występowania awarii. Wśród nich wskazano m.in. możliwość stosowania rur wykonanych z innych materiałów, takich jak rury z tworzyw sztucznych (PEHD), rury stalowe o podwyższonej odporności na ścieranie, rury ze stali nierdzewnej, rury stalowe bezszwowe, rury stalowe z wewnętrznymi wykładzinami trudnościeralnymi, a także zmianę warunków obracania rury stalowej

wokół własnej osi oraz rozszerzenie zakresu opomiarowania i monitoringu parametrów technicznych transportowanego medium.

Ogólnie rzecz biorąc, rozdział czwarty nie zawiera istotnych zastrzeżeń merytorycznych. Pewna wątpliwość dotyczy jednak sposobu sformułowania części rekomendacji, w szczególności tych, które nie zostały jednoznacznie powiązane z wynikami przeprowadzonych analiz lub przytoczonymi badaniami. W pracy naukowej zalecenia i wnioski formułowane są zazwyczaj na podstawie przedstawionych wyników badań lub analiz literaturowych, natomiast w tym miejscu rozprawy nie wskazano, z jakich przesłanek wynika np. postulat zmiany warunków obracania rury stalowej wokół własnej osi poprzez wdrożenie obracania z większą częstotliwością ale o mniejszej wartości kąta? Doprecyzowanie źródeł i podstaw formułowanych zaleceń zwiększyłoby spójność wyводу oraz ułatwiłoby ocenę ich zasadności w kontekście przeprowadzonych analiz.

Rozdział 5

Rozdział ten poświęcony został prezentacji wyników badań terenowych i laboratoryjnych infrastruktury technicznej transportu odpadów poflotacyjnych. Analizie poddano rurociągi, które uległy awariom, jak również elementy infrastruktury przeznaczone do wymiany w ramach eksploatowanej sieci technologicznej. Doktorantka wskazała przyczyny powstałych uszkodzeń infrastruktury technicznej, a dla próbek wyciętych z rurociągów magistralnych przeprowadzono szczegółowe oględziny wizualne, w tym badania wizualne złączy spawanych, dokumentując ich wyniki w formie stosownych protokołów.

W dalszej części rozdziału omówiono badania nieniszczące przeprowadzone z wykorzystaniem defektoskopii ultradźwiękowej. Na podstawie analizy wyników badań terenowych i laboratoryjnych sformułowano wnioski, że jednym z kluczowych czynników ograniczających występowanie stanów awaryjnych oraz konieczność częstych napraw jest prawidłowo przeprowadzona kontrola jakości oraz odbiór robót spawalniczych.

W podrozdziale 5.3 przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych, w ramach których dla uprzednio przygotowanych próbek wyznaczono charakterystyki naprężenie–odkształcenie. Na ich podstawie obliczono wybrane parametry mechaniczne i odkształceniowe, takie jak moduł Younga, wytrzymałość na jednoosiowe rozciąganie czy granica plastyczności.

Ogólnie rzecz biorąc, rozdział piąty należy ocenić jako poprawny pod względem merytorycznym. Pewne wątpliwości dotyczą jednak zasadności oraz roli badań wytrzymałościowych w kontekście celu rozprawy. W obecnym kształcie pracy nie jest jednoznaczne, w jaki sposób wyniki badań przedstawionych w punkcie 5.3 przyczyniają się do realizacji celu pracy, ani czy i w jakim zakresie zostały one

wykorzystane przy formułowaniu rekomendacji i zaleceń dotyczących ograniczenia awaryjności infrastruktury technicznej.

Dodatkowo, w odniesieniu do Rys. 5.8 (część prawa), recenzentowi nie udało się odnaleźć w treści rozprawy wyjaśnienia pochodzenia wierzchołka krzywej łamanej odpowiadającego wartości odkształcenia 0,156%. Na stronie 128 wskazano wierzchołki odpowiadające odkształceniom 3%, 6% oraz 8,52%, jednak brak jest odniesienia do punktu o wartości 0,156%, przedstawionego na analizowanym wykresie.

Zdaniem recenzenta w rozdziale brakuje wprowadzenia, w którym określono by cel przeprowadzonych badań, przyjęty plan badawczy, sposób doboru i liczbę próbek, ich pochodzenie oraz uzasadnienie wyboru zastosowanych metod badawczych. Takie informacje ułatwiłyby ocenę zasadności wykonania poszczególnych badań oraz ich znaczenia w kontekście dalszych rozważań i wniosków pracy. Powyższe dotyczy w szczególności badań wytrzymałościowych.

Rozdział 6

W rozdziale szóstym zaprezentowano wyniki analiz numerycznych, w których w sposób ilościowy oceniano wpływ trzech parametrów na trwałość systemu orurowania. Analizie poddano następujące czynniki: (i) prędkość ubytku ścianki rury, (ii) wartość ciśnienia oddziałującego na ścianki rury oraz (iii) gęstość transportowanej mieszaniny. Przyjęto, że każdy z tych parametrów charakteryzuje się losową zmiennością w uprzednio określonym przedziale wartości minimalnych i maksymalnych.

W analizach założono, że zmienność każdego z parametrów, a tym samym jego wpływ na trwałość rurociągu, rozpatrywana jest niezależnie od pozostałych dwóch parametrów. Oznacza to, że w przypadku uzmienniania jednego z parametrów dwa pozostałe przyjmowały wartości średnie. Dla tak zdefiniowanych wartości średnich określono również tzw. średni czas uszkodzenia elementu, który oszacowano na poziomie 4,8 roku. Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazano, że parametrem mającym największy wpływ na trwałość rurociągu jest prędkość ubytku ścianki rury, natomiast najmniejszy wpływ wykazuje zmienność ciśnienia oddziałującego na ścianki rury.

Generalnie wyniki przeprowadzonych analiz zostały omówione w sposób rzetelny i przejrzysty, a wnioski sformułowano poprawnie. Niemniej jednak czytelnik może mieć istotne trudności w śledzeniu toku rozumowania oraz interpretacji uzyskanych wyników, co wynika z faktu, iż w rozdziale tym nie przedstawiono opisu zastosowanej metody obliczeniowej. Czytelnik odsyłany jest do dwóch pozycji literaturowych, w których Doktorantka, wraz ze współautorami, opublikowała wyniki omawianych analiz. W konsekwencji wiele kluczowych informacji pozostaje niedopowiedzianych. W

szczegółności, w pracy doktorskiej nie powinno się prezentować wyników obliczeń, w których decydującym parametrem jest np. wartość naprężenia zredukowanego, bez podania definicji tej wielkości oraz sposobu jej wyznaczania. Analogicznie, stwierdzenie, że „(...) analizy były wspomagane zastosowaniem metody Monte Carlo (...)”, ma charakter zbyt ogólny i w obecnej postaci nie wnosi istotnych informacji na temat sposobu prowadzenia obliczeń. Zdaniem recenzenta opis zastosowanej metody, przyjętych założeń oraz wykorzystanych technik obliczeniowych powinien znaleźć się bezpośrednio w treści rozdziału 6. Brak takiego opisu należy uznać za istotne uchybienie w rozprawie doktorskiej.

Niezależnie od powyższych uwag, po analizie wyników zaprezentowanych w rozdziale szóstym recenzent formułuje następujące wątpliwości i pytania:

i) Na jakiej podstawie przyjęto minimalne i maksymalne wartości analizowanych parametrów (X^- i X^+), zestawione w tab. 6.1? W świetle przedstawionego opisu wartości te – ostatecznie – nie są bezpośrednio wykorzystywane w obliczeniach, w których operuje się wyłącznie wartościami średnimi.

ii) Na stronie 141 stwierdzono, że „rozpatrywane zmienne są zmiennymi losowymi o rozkładzie liniowym”. Sformułowanie to jest niepoprawne z punktu widzenia teorii prawdopodobieństwa i wymaga doprecyzowania. Prawdopodobnie chodzi o rozkład jednostajny.

iii) Na tej samej stronie napisano, że „analizy obliczeniowe były wspomagane zastosowaniem metody Monte Carlo”. Jest to informacja bardzo lakoniczna; wskazane byłoby szersze omówienie sposobu zastosowania metody Monte Carlo w prowadzonych analizach.

iv) Na wszystkich wykresach prezentujących wyniki analiz na osi poziomej zastosowano opis „Czas [rok], Ubytek przekroju [mm]”. Nie jest jasne, w jaki sposób te dwie wielkości mogą być traktowane jako równoważne na jednej osi. Jeżeli oś pozioma przedstawia także ubytek grubości ścianki w [mm], to opis ten wydaje się nie być spójnym z oznaczeniem osi pionowej, odnoszącym się do grubości ścianki rury.

v) Na wykresach nie podano informacji wyjaśniających znaczenie zielonych linii przerywanych, co utrudnia ich interpretację.

vi) Nie uzasadniono dlaczego wpływ analizowanych parametrów rozpatrywano wyłącznie niezależnie, bez przeprowadzenia analizy wielowymiarowej, przynajmniej w odniesieniu do gęstości mieszaniny i ciśnienia oddziałującego na ścianki rury. Wydaje się bowiem, że wielkości te są ze sobą silnie skorelowane – zmiana gęstości mieszaniny może prowadzić do zmian ciśnienia w rurociągu.

vii) W kilku miejscach rozdziału pojawia się stwierdzenie, że „naprężenie graniczne było uzyskiwane dla grubości ścianki rury $h(t) = 4$ mm”. Informacja ta ma charakter bardzo lakoniczny i nie została wystarczająco wyjaśniona. Brakuje opisu przesłanek oraz znaczenia tego wyniku w kontekście prowadzonych analiz.

Rozdział 7

Rozdział ten stanowi podsumowanie rozprawy doktorskiej, w którym Doktorantka przedstawiła wnioski końcowe wynikające z przeprowadzonych analiz. W sposób szczegółowy i uporządkowany omówiono najczęstsze skutki awarii infrastruktury technicznej, a na podstawie analizy przyczyn ich występowania w sieci przesyłowej OUOW Żelazny Most zaproponowano możliwe do zastosowania rozwiązania.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że w celu ograniczenia awaryjności infrastruktury technicznej transportu odpadów poflotacyjnych w KGHM Polska Miedź S.A. zaproponowano osiem wdrożeń do Strategii Utrzymania Ruchu (SUR) oraz Strategii Utrzymania Eksploatacji i Nadzoru (SUEiN). Proponowane wdrożenia zostały w sposób syntetyczny zestawione w tabeli 7.1, natomiast w dalszej części rozdziału szczegółowo omówiono rekomendacje i zalecenia związane z każdym z nich.

Ogólnie rzecz biorąc, rozdział 7 nie budzi zastrzeżeń. Został on opracowany w sposób rzetelny i świadczy o znacznym nakładzie pracy włożonym w jego przygotowanie.

6. Ocena pracy

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy zagadnienia ważnego, aktualnego i istotnego zarówno z punktu widzenia praktyki przemysłowej, jak i rozwoju wiedzy inżynierskiej w obszarze eksploatacji i utrzymania infrastruktury technicznej. Podjęta problematyka ograniczenia awaryjności infrastruktury technicznej transportu odpadów poflotacyjnych w KGHM Polska Miedź S.A. ma znaczenie strategiczne, co wynika ze skali analizowanego obiektu, jego kluczowej roli w systemie gospodarowania odpadami oraz potencjalnych konsekwencji technicznych, środowiskowych i organizacyjnych związanych z występowaniem awarii.

Doktorantka zrealizowała bardzo obszerny i pracowity program badawczy, obejmujący szerokie studia literaturowe, szczegółową analizę danych eksploatacyjnych dotyczących awarii infrastruktury technicznej, badania terenowe i laboratoryjne, a także analizy numeryczne. Na szczególne podkreślenie zasługuje zakres zgromadzonego materiału empirycznego, bardzo dobra znajomość analizowanej infrastruktury oraz umiejętność identyfikacji najczęściej występujących mechanizmów uszkodzeń rurociągów transportujących odpady poflotacyjne.

Istotnym walorem rozprawy jest jej wyraźny wymiar aplikacyjny oraz silne osadzenie w realiach eksploatacyjnych przedsiębiorstwa. Zaproponowanie ośmiu konkretnych wdrożeń do Strategii Utrzymania Ruchu (SUR) oraz Strategii Utrzymania Eksploatacji i Nadzoru (SUEiN) stanowi wymierny rezultat przeprowadzonych analiz i potwierdza

praktyczną przydatność uzyskanych wyników. W tym sensie dysertacja dobrze wpisuje się w nurt prac łączących podejście naukowe z potrzebami przemysłu, ukierunkowanych na formułowanie rozwiązań możliwych do zastosowania w warunkach rzeczywistych.

Prezentowane w rozprawie analizy, wyniki oraz sformułowane wnioski stanowią oryginalne rozwiązanie podjętego problemu naukowego w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnej identyfikacji problemów badawczych, właściwego doboru metod analizy oraz krytycznej interpretacji uzyskanych rezultatów. Zakres i charakter przeprowadzonych badań potwierdzają również dobrą orientację Doktorantki w aktualnym stanie wiedzy oraz jej ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Jednocześnie w rozprawie można wskazać pewne mankamenty i niedostatki, na które zwrócono uwagę w toku szczegółowej analizy jej treści. W szczególności dotyczą one sposobu sformułowania celu pracy, który ma charakter bardziej efektu wdrożeniowego niż celu badawczego, braku jednoznacznego uzasadnienia roli badań wytrzymałościowych przedstawionych w podrozdziale 5.3, a także braku opisu zastosowanej metody obliczeniowej w rozdziale 6. Uwagi te odnoszą się przede wszystkim do spójności metodologicznej oraz kompletności prezentacji zastosowanych narzędzi badawczych. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że wskazane uwagi krytyczne nie podważają zasadności podjętego tematu, wartości zgromadzonego materiału badawczego ani poprawności sformułowanych w rozprawie wniosków końcowych.

Reasumując, wyszczególnione przez recenzenta, przy omawianiu treści rozprawy, uwagi krytyczne czynią pewien „niedosyt” co do prezentacji, ale nie mają istotnego wpływu na jakość sformułowanych w dysertacji wniosków końcowych oraz na ostateczną pozytywną ocenę recenzowanej pracy.

7. Wniosek końcowy

Uważam, że oceniana rozprawa doktorska spełnia wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (w szczególności warunki określone w art. 187) i **wniosuję o dopuszczenie mgr inż. Iwony Duszyńskiej do publicznej obrony rozprawy doktorskiej pt. „Ograniczenie awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych z flotacji rudy miedzi w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.”**

Recenzję podpisał
Adrian Rózański