Recenzje spełnia wymagania formalne.

Gdańsk, 31.12.2025

Prof. dr hab. inż. Waldemar Świdziński,
Instytut Budownictwa Wodnego PAN
80–328 Gdańsk–Oliwa
Kościerska 7
Email:waldek@ibwpan.gda.pl

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ
mgr inż. Iwony Duszyńskiej pt.:

„Ograniczenie awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych z flotacji rudy miedzi w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A."

Promotor: Prof. dr hab. inż. Joanna Bzówka

1. Uwagi wstępne wraz z krótką charakterystyką pracy

Niniejszą recenzję wykonałem na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Piotra Folęgi, na podstawie uchwały Rady Dyscypliny z dnia 23 października 2025 roku.

Rozprawa doktorska mgr inż. Iwony Duszyńskiej dotyczy wybitnie praktycznego zagadnienia jakim jest analiza przyczyn awarii oraz procesu degradacji rurociągów przesyłowych wody i odpadów poflotacyjnych powstających podczas przeróbki rudy miedzi w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A., z punktu widzenia możliwości ich ograniczenia.

Zasadnicza część pracy liczy ogółem 180 stron, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz trzy załączniki. Rozprawa zawiera 32 rysunki, 23 fotografie, 37 tabel, 51 pozycji literatury, listę 6 Ustaw, 5 Dyrektyw Parlamentu Europejskiego oraz 40 norm. Pracę podzielono na 7 rozdziałów, z których każdy ma kilka podrozdziałów.

Pierwsze 2 rozdziały stanowią wprowadzenie do tematu rozprawy, trzeci zawiera listę awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych, jakie wystąpiły w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. w latach 2018-2023, a kolejne 3 to analizy i badania wykonane przez Autorkę, związane z przyczynami występowania awarii. Ostatni rozdział to podsumowanie pracy oraz wnioski końcowe.

W pierwszym rozdziale Autorka charakteryzuje podjęty przez nią problem badawczy. Przedstawia genezę pracy podając ogólne podstawy gospodarki odpadami wydobywczymi w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A, ze szczególnym uwzględnieniem ich transportu z Zakładów Wzbogacania Rudy do Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most, gdzie są deponowane. Transport ten odbywa się rozległą siecią rurociągów, w postaci mieszaniny wodno-gruntowej, tzw. hydrotransportu. Pomimo stosunkowo wysokiego okruszcowania metalu w wydobywanej w Polsce rudzie, ilość powstałego w czasie procesu przeróbczego odpadu dochodzi do 94% na każdą tonę rudy miedzi. Przy rocznej produkcji czystego metalu w ramach całego KGHM pozostaje do zagospodarowania do 30 mln ton odpadu w postaci masy suchej lub około 190 mln ton w formie mieszaniny wodno-gruntowej. Te olbrzymie masy są transportowane rozległą siecią rurociągów i deponowane w Obiekcie Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most będącym jedynym miejscem składowania tych odpadów dla całego KGHM. Z uwagi na ciągły charakter wydobycia, transport odpadów i ich utylizacja odbywają się bez

Wpłynęło dnia 12.01.2026 r.

przerwy, w systemie dobowym, stąd stan infrastruktury przesyłowej, której całkowita długość wynosi 250 km, jest bardzo istotnym elementem niezakłóconej produkcji miedzi.

To legło u podstaw podjęcia się przez doktorantkę analizy przyczyn częstych awarii tych rurociągów oraz stopniowego zużywania się rur i armatury technologicznej, jak też wynikających z niej działań, aby liczbę awarii maksymalnie ograniczyć, a żywotność infrastruktury przesyłowej, przedłużyć. Taki też zostaje przez Doktorantkę sformułowany cel pracy.

Rozdział drugi jest stosunkowo obszerny, poświęcony przeglądowi literatury związanej z tematyką hydrotransportu oraz jego awariami, przytaczając podstawowe definicje oraz całą listę szczegółowych regulacji prawnych, zarówno krajowych jak i europejskich, związanych z hydrotransportem. Kolejno, Autorka podaje wybrane przykłady znaczących, światowych instalacji hydrotransportu oraz szereg przykładów awarii instalacji technicznych. Na koniec omawiane są szczegółowo metody wykrywania awarii rurociągów oraz metody analizy ich pracy.

Rozdział trzeci to szczegółowe zestawienie w formie tabelarycznej 299 awarii, jakie miały miejsce w infrastrukturze przesyłowej odpadów poflotacyjnych w KGHM w latach 2018-2023, z wyszczególnieniem lokalizacji awarii, jej rodzajem oraz podjętymi czynnościami naprawczymi.

Z kolei, w rozdziale czwartym Autorka analizuje ryzyka związane z awariami systemów przesyłowych i skutkami wystąpienia tych awarii, skupiając się na głównych przyczynach występowania tak dużej liczby awarii rurociągów przesyłowych odpady poflotacyjne w przedsiębiorstwie KGHM.

Zasadniczą część pracy stanowią rozdziały piąty oraz szósty. W rozdziale piątym Autorka omawia wykonane przez nią badania terenowe infrastruktury technicznej oraz uzupełniające badania laboratoryjne na próbkach stali wyciętych z rurociągów odpadowych Zakładu Wzbogacani Rud ZWR Rudna. Badania terenowe dotyczyły głównie połączeń spawanych, natomiast badania laboratoryjne wytrzymałości pobranych próbek rurociągu stalowego na rozciąganie wyznaczając szereg parametrów wytrzymałościowych zarówno w zakresie pracy sprężystej jak i plastycznej.

Rozdział szósty zawiera analizę wrażliwości rurociągu R1 ZWR Polkowice opartą na badaniu wpływu zmienności trzech parametrów: prędkości ubytku ścianki rury, ciśnienia wewnątrz rurociągu oraz gęstości transportowanej mieszaniny na „długość życia" rurociągu zdefiniowanego warunkiem uplastycznienia jego ścianki, z zastosowaniem algorytmu przedziałowego.

Rozdział siódmy to podsumowanie wyników oraz wynikające z tej analizy wnioski z propozycją konkretnych rozwiązań technicznych nazwanych wdrożeniami, mających na celu znacząco ograniczyć ilość stanów awaryjnych infrastruktury technicznej w KGHM.

2. Ogólna ocena pracy

2.1 Ocena aktualności tematyki

Ocena stanu technicznego sieci przesyłowej hydrotransportu pod kątem analizy przyczyn częstych awarii rurociągów transportujących nie zawiera w sobie zbyt istotnego charakteru badawczego. W przypadku standardowych instalacji takich jak np. sieci kanalizacyjne jest to bardziej problem techniczny i inżynierski, niż zagadnienie wymagające głębokiego podejścia badawczego z zaprzęgnięciem skomplikowanych narzędzi matematycznych, czy zaawansowanych modeli materiałowych. Występujące

w takim przypadku awarie, choć uciążliwe, nie mają skutków, które mogłyby w znaczącym stopniu ograniczyć działanie całego układu lub wręcz doprowadzić do jego tymczasowego wyłączenia.

Nieco inaczej wygląda sprawa, gdy mamy do czynienia z unikalną strukturą jaką jest sieć przesyłowa odpadów, wykorzystująca metodę hydrotransportu, w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A, jednego z największych producentów metali nieżelaznych na świecie oraz zarządcy Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most, jedynego miejsca składowania tych odpadów dla całego przedsiębiorstwa. Jakakolwiek przerwa w możliwości odbioru i transportu produkowanych przez KGHM odpadów prowadziłaby do olbrzymich deficytów finansowych, a konsekwencji dłuższego czasu przestoju, utraty pracy przez kilkadziesiąt tysięcy osób i trudnych do oszacowania strat.

Dlatego też należy stwierdzić, że podjęta przez Doktorantkę tematyka pracy jest aktualna i ważna, głównie z utylitarnego punktu widzenia, w szczególności dla KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.

2.2 Ocena pracy

Autorka w swojej pracy podjęła się zadania analizy przyczyn awarii oraz procesu degradacji rurociągów przesyłowych wody i odpadów poflotacyjnych powstających podczas przeróbki rudy miedzi w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. Na podstawie doświadczenia zawodowego Autorka diagnozuje całą listę przyczyn awarii analizując ich wpływ na awaryjność systemu przesyłowego.

Cel jaki postawiła sobie Doktorantka to propozycja technicznych rozwiązań, zmierzających do maksymalnego ograniczenia liczby tych awarii. Cel ten realizuje początkowo poprzez zestawienie awarii rurociągów przesyłowych, magistralnych i armatury technologicznej, które wydarzyły się w latach 2018÷2023 na Obiekcie Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych OUOW Żelazny Most analizując szczegółowo przypuszczalną przyczynę awarii, typując te podstawowe.

Przyczyny awarii były kolejno analizowane na podstawie wyników, wykonanych przez Autorkę prac eksperymentalnych, zarówno polowych jak i laboratoryjnych rurociągów przesyłowych odpady poflotacyjne, które uległy awariom oraz tych, które zostały przeznaczone do wymiany na sieci technologicznej.

Kolejno, Autorka wykonała analizy wrażliwości wybranego rurociągu transportującego odpady w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. na zmiany trzech podstawowych parametrów tj. prędkości ubytku ścianki rury, ciśnienia w rurociągu oraz gęstości transportowanej mieszaniny starając się zdiagnozować, zmienność którego z tych parametrów ma decydujący wpływ na wystąpienie awarii badanego rurociągu.

Na tej podstawie Doktorantka typuje najbardziej skuteczne rozwiązania techniczne mające na celu zapobieżenie potencjalnym awariom, aby istotnie ograniczyć ich liczbę. Rozwiązania te są przedstawione przez Doktorantkę w postaci ośmiu wdrożeń opisanych szczegółowo na końcu pracy.

W związku z powyższym analiza recenzowanej pracy doktorskiej skłania do generalnego wniosku, że praca doktorska mgr inż. Iwony Duszyńskiej spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

Rozdziały od 1 do 4

W początkowych 4 rozdziałach pracy Autorka przedstawia proces gospodarki odpadami poflotacyjnymi pochodzącymi z produkcji miedzi elektrolitycznej w KGHM

POLSKA MIEDŹ S.A. i sposobie ich deponowania w jedynym odbiorniku tj. nadpoziomowym Obiekcie Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most od początku jego eksploatacji tj. od roku 1977. Obiekt ten należy przy tym do jednego z największych tego typu obiektów na świecie. Problematyka ta jest bardzo dobrze znana recenzentowi pracy z uwagi na ponad 40-letnie zaangażowanie, jako eksperta zewnętrznego, w bezpieczną eksploatacje i rozbudowę obiektu.

W początkowych rozdziałach Doktorantka skupia się przede wszystkim na tematyce pracy tj. istotności zagwarantowania ciągłości transportu odpadów poflotacyjnych do OUOW Żelazny Most, co jest związane z występowaniem dużej liczby awarii rurociągów transportujących.

W rozdziale 2 pracy Autorka dokonuje obszernego przeglądu literatury związanej, jak pisze, z hydrotransportem odpadów, a w szczególności z zagadnieniami awarii infrastruktury technicznej, przytaczając podstawowe definicje oraz akty prawne dotyczące odpadów, jak też opisując metody wykrywania awarii sieci przesyłowych. Osobne, krótkie podrozdziały poświęcone są wykorzystaniu metody elementów skończonych oraz sztucznej inteligencji do zapobiegania przyczynom awarii, choć sama Doktorantka tych metod w swoich badaniach nie zastosowała, a przynajmniej nie zawarła ich wykorzystania w recenzowanej pracy.

W ramach przeglądu literatury Autorka podaje wybrane przykłady 4 dużych instalacji hydrotransportu (w tym instalacji funkcjonującej w KGHM) oraz wybrane przykłady awarii takich instalacji z opisem przyczyn oraz skutków tych awarii. W przestawionych 21 przykładach część z nich nie jest związana z tematyką pracy (np. katastrofa tamy i elektrowni wodnej w Banquaio – Chiny, 1975; katastrofa przemysłowa w Bhopal – Indie, 1984; katastrofa elektrowni jądrowej w Czarnobylu – Ukraina, 1986; przerwanie zapór składowiska w Merriespruit – RPA, 1994, czy katastrofa w elektrowni jądrowej Fukushima II w Japonii w 2011r.). Uzupełnieniem wybranych przykładów awarii instalacji transportu materiałów stałych, płynnych i gazowych jest Załącznik nr 1 zawierający wykaz zarejestrowanych zdarzeń o znamionach awarii i/lub poważnej awarii, które wystąpiły w Polsce w latach 2019÷2023.

Istotnym elementem tego rozdziału jest podrozdział poświęcony omówieniu metod wykrywania awarii rurociągów, których część wykorzystała Doktorantka w swoich badaniach prowadzonych w warunkach polowych.

W rozdziale 3 pracy Autorka zestawiła tabelarycznie awarie infrastruktury technicznej tłoczącej odpady poflotacyjne na Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most oraz tłoczącej oczyszczoną wodę technologiczną pochodzącą z sedymentacji odpadów poflotacyjnych do Zakładów Wzbogacania Rud, które wystąpiły w latach 2018÷2023, z podziałem na rurociągi magistralne (odpadowe) i wodne. W poszczególnych kolumnach zestawiono datę awarii, jej lokalizację oraz rodzaj, wykonane czynności naprawcze oraz, co cenne, zaproponowane przez Doktorantkę rozwiązania techniczne zmierzające do przyszłościowego uniknięcia takiej awarii. Ogółem wyszczególniono 311 awarii. Z punktu widzenia układu pracy takie zestawienie powinno się znaleźć w załączniku, chociażby z faktu, że tabele zajmują ponad 25 stron głównej części pracy.

Analiza i podsumowanie przyczyn awarii zostały opisane w rozdziale 4 pracy z opisem ryzyka związanego z awariami rurociągów przesyłowych z zagrożeniami ludzkimi i środowiskowymi z tym związanymi. W przypadku awarii, które wystąpiły w KGHM w latach 2018-2023, zestawionych w rozdziale 3, Autorka konkluduje, że w przeważającej liczbie awarii (80%) są to awarie na rurociągach stalowych, które powstały w wyniku pękniętych na szwach połączeń spawanych, w wyniku korozji

tych połączeń, z uwagi na powstałe wżery na źle wykonanych połączeniach, tj. bez pełnego przetopu, bądź z powodu znacząco wytartej ścianki rury w związku z wieloletnią jej eksploatacją i zużyciem. Postuluje również wniosek mówiący o tym, że aby zminimalizować sytuacje awaryjne, które występują na sieciach infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych, potwierdza się skuteczne zastosowanie materiałów odporniejszych na dużą ścieralność płynącego medium, w tym na korozję, do doboru produkcji rur, służących do hydrotransportu odpadów poflotacyjnych.

Rozdziały od 5 do 7

Rozdziały 5 i 6 poświęcone są badaniom własnym Doktorantki wykonanym w ramach realizowanej pracy doktorskiej. Rozdział 5 zawiera omówienie badań terenowych i laboratoryjnych przeprowadzonych na rurociągach stalowych transportujących odpady poflotacyjne w KGHM oraz analizę otrzymanych wyników. W ramach badań terenowych Doktorantka przeprowadziła analizy stanu technicznego stali użytej do budowy rurociągu, wybierając odcinki, które uległy awariom oraz odcinki przeznaczone do remontów lub wymiany. Analiza ta polegała na poborze próbek stali z tych odcinków, ich dokładnym zwymiarowaniu oraz opisie stanu technicznego. Próbki do badań wycinano z części rurociągu obejmującego połączenia spawane. Wyniki oględzin oraz pomiarów zestawiono w formie tabelarycznej, zgodnie z przygotowanym przez Doktorantkę „Protokołem badań wizualnych" bazującym na procedurach normowych.

Uzupełniająco do tych badań Doktorantka wykonała również pomiary połączeń spawanych metodą ultradźwiękową defektoskopem ultradźwiękowym stosując defektoskopy ultradźwiękowe DIO 1000 oraz DIO 562 firmy STARMANS Electronics s.r.o., na rurociągach magistralnych odpadów poflotacyjnych o średnicy DN 1000 mm i DN 800 mm, na odcinkach, które uległy awariom oraz na odcinkach przeznaczonych do remontów i wymian. Badania metodą ultradźwiękową przeprowadzono również w oparciu o odpowiednie normy. Wyniki tych badań także zestawiono w formie tabelarycznej.

Należy zauważyć, że badania te wykonane zostały przez Doktorantkę bardzo starannie, załączając szczegółowe opisy wraz z odpowiednią interpretacją graficzną układu spoin i prowadzonych pomiarów, niemniej jednak nie zawierają zbyt dużego ładunku naukowego mieszcząc się w ramach normatywnych procedur obowiązujących w przypadku badań jakości połączeń spawanych rurociągów stalowych i nie wychodzą zbyt daleko poza standardowe kontrole inżynierskie jakości wykonanych prac.

Kolejnym etapem badań jakości materiału tworzącego rurociągi do przesyłu odpadów poflotacyjnych w KGHM były wykonane przez Doktorantkę badania wytrzymałościowe w warunkach laboratoryjnych. Badania takie wykonano na odcinku materiału wyciętym w kierunku podłużnym rury, z rurociągu stalowego DN 1000 mm, o pierwotnej grubości 16 mm, który uległ awarii. Do badania wybrano miejsca z równomiernie osadzoną korozją powierzchniową. Badania wytrzymałościowe wykonano w Laboratorium Budownictwa Politechniki Śląskiej na 5 próbkach wyciętych do odpowiednich rozmiarów dedykowanych zastosowanemu aparatowi wytrzymałościowemu.

Próbę rozciągania przeprowadzono na zmodernizowanej maszynie ZD-100 Labor-Tech o zakresie pomiarowym 1000 kN, przy prędkości rozciągania zmieniającej się od 10 do 140 MPa/s, aż do zniszczenia materiału (zerwanie materiału lub znaczące uplastycznienie wyrażone dużą prędkością deformacji). Wydłużenie materiału mierzono z wykorzystanie ekstensometru optycznego oraz uzupełniająco systemem

Aramis z wykorzystaniem kamerownia prowadzonego w trakcie badania. Wyniki uzyskane z badań wytrzymałości umożliwiły Doktorantce wyznaczenie wartości podstawowych parametrów wytrzymałościowych w zakresie pracy sprężystej oraz plastycznej badanego materiału wraz z podstawowymi parametrami statystycznymi tych wartości (średnich, charakterystycznych i obliczeniowych). Oprócz parametrów normatywnych, przyjmowanych do celów projektowych Doktorantka wyznaczyła również rzeczywiste wartości wytrzymałości na rozciąganie, granicy plastyczności oraz naprężenia zrywającego, odniesione do zmieniającego się w trakcie badania przekroju próbki.

Oceniając ten rozdział, na podkreślenie zasługuje duża staranność również w przypadku interpretacji wyników badań laboratoryjnych przeprowadzonych przez Doktorantkę, aczkolwiek nie ma w nim informacji, w jakim celu te badania były wykonywane w odniesieniu do potencjalnych przyczyn awarii, co jest podstawowym celem pracy.

Rozdział 6, który Autorka zatytułowała „Analizy numeryczne" jest poświęcony ocenie czasu, w którym rura stalowa rurociągu przesyłowego R1 transportującego odpady z ZWR Polkowice, ulegnie uszkodzeniu utożsamianemu z osiągnięciem granicy plastyczności ścianki. Czas wystąpienia uszkodzenia Doktorantka analizowała zakładając zmienność trzech parametrów procesu transportu tj.: prędkości ubytku ścianki rury, ciśnienia tłocznego panującego w rurociągu oraz gęstości transportowanej mieszaniny wodno-gruntowej. Analizę przeprowadziła wykorzystując dość oryginalną metodę opartą na algorytmie przedziałowym definiującym zakres zmienności wybranych parametrów. Obliczenia przeprowadzono przy założeniu, że wielkością przedziałową jest tylko jeden z analizowanych parametrów, podczas gdy pozostałe pozostają niezmienione w odniesieniu do wartości średniej. Wyniki obliczeń zostały przedstawione na wykresach w funkcji czasu oraz zreasumowane w formie tabelarycznej.

Metoda ta nie była wcześniej znana recenzentowi, niemniej jednak sposób jej przedstawienia w recenzowanej pracy doktorskiej pozostawia wiele do życzenia, zmuszając do sięgnięcia do współautorskiego artykułu, opublikowanego przez Doktorantkę i współautorów w Archives of Civil Engineering, na który to artykuł się Autorka powołuje. Należy jednak żałować, że dla czytelności pracy, podane w nim wzory nie zostały przytoczone w tekście rozprawy.

Bazując na przeprowadzonej analizie wrażliwości rur stalowych rurociągu polkowickiego Doktorantka wykazała, że najbardziej istotnym parametrem wpływającym na trwałość rurociągu jest prędkość ubytku ścianek rur. Dla zmienności prędkości ubytku ścianek w przedziałach wyznawczych wartościami 5, 10, 15 i 20% prędkości ubytku ścinaki, odchylenie czasu od wartości średniej zmieniało się w granicach od 6,3% do 22,9% (Tablica 6.4). W przypadku ciśnienia panującego w rurociągu maksymalne odchylenia czasu osiągnięcia granicy plastyczności wynosiło 2.1%, natomiast w przypadku gęstości około 6,8%.

W rozdziale 7 Doktorantka podsumowała wyniki przeprowadzonych badań i sformułowała wnioski końcowe. Jako główną przyczyną awarii rurociągów transportujących odpady poflotacyjne Doktorantka identyfikuje selektywną korozję spawów, zarówno na połączeniach rur, jak również przy szwach wzdłużnych poszczególnych sztang oraz bardzo dużą ścieralność ścianek rurociągów stalowych jak też niewłaściwy, zmieniany układ statyczny, który jest wynikiem braku podpór bądź wzrostu ciśnień.

Kolejno, na tej podstawie listy najważniejszych przyczyn awarii Doktorantka formułuje listę propozycji 8 wdrożeń do graniczenia liczby awarii w infrastrukturze

technicznej odpadów poflotacyjnych w KGHM Polska Miedź S.A. Uzupełnieniem tej listy jest zestawienie Tablic opracowanych dla wdrożenia rozwiązań technicznych w celu ograniczenia awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych, które są zawarte w Załączniku nr 3 rozprawy. Propozycja wdrożeń obejmuje takie elementy jak:

- monitorowanie stanu systemów infrastruktury technicznej do transportu odpadów poflotacyjnych, a także określenie dopuszczalnego czasu eksploatacji odcinków rur,
- mapowanie korozji rurociągów i armatury na sieci technologicznej poprzez wykonanie badań ultradźwiękowych oraz wykorzystanie robotów, kamer i sond,
- zwiększenie częstotliwości zmiany położenia (obracania) rurociągów stalowych i wymian rurociągów,
- ustalanie dokładnej lokalizacji wycieków, przesiąków na rurociągach przesyłowych i magistralnych poprzez zastosowanie dokładnego opomiarowania rurociągu i pozostałej instalacji,
- zastosowanie nowych materiałów bardziej odpornych na dużą ścieralność ścianek rur oraz na korozję,
- wprowadzenie bardziej restrykcyjnych wymogów odbiorowych prac remontowych, naprawczych, inwestycyjnych,
- stosowanie nowoczesnych rozwiązań technicznych dla instalacji technologicznej sieci hydrotransportu.

Na zakończenie rozdziału podsumowującego wyniki pracy Doktorantki, każda z propozycji tych wdrożeń jest szczegółowo omawiana.

Podsumowując należy stwierdzić, że postawione przez Doktorantkę zadanie związane ze wskazaniem możliwości ograniczenia awarii rurociągów sieci przesyłowej odpadów poflotacyjnych w KGHM POLSKA MOIEDŹ S.A. zostało formalnie zrealizowane, choć pozostaje niedosyt co do poziomu naukowego pracy. Wątek ten rozwinę szerzej w kolejnym rozdziale poświęconym krytycznym elementom pracy.

3. Uwagi krytyczne

Z definicji praca doktorska powinna dotyczyć rozwiązania oryginalnego problemu naukowego w oparciu o jasno postawiony cel, którego osiągnięcie poprzez przeprowadzone stosowne badania i analizy powinno prowadzić do udowodnienia sprecyzowanej na wstępie tezy pracy. Musi przy tym wnieść nową wiedzę, czy to poprzez zastosowanie nowoczesnych metod badawczych, czy narzędzi numerycznych, bądź przedstawić odkrycie (rzadko), czy uszczegółowienie istniejących związków przyczynowo-skutkowych w interpretacji jakiegoś zjawiska fizycznego (odnoszę się tutaj do dziedzin nauk technicznych).

Przedstawiona mi do recenzji praca większość z tych założeń formalnie spełnia. Został postawiony cel pracy tj. ograniczenie awarii infrastruktury technicznej odpadów poflotacyjnych w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A., dokonano przeglądu literatury, wykonano badania terenowe i laboratoryjne, przeprowadzono analizy numeryczne w celu wyznaczenia przedziałów długości życia rurociągów i zaproponowano listę propozycji wdrożeń, zmierzających do osiągniecia celu pracy tj. ograniczenia ilości awarii.

Niemniej jednak, po wnikliwym przeczytaniu i przestudiowaniu przedstawionej mi do recenzji pracy rodzi się podstawowa wątpliwość, czy to temat pracy jest

rzeczywistym problemem naukowym, czy też czymś więcej niż standardowym zagadnieniem inżynierskim. Należy tutaj nadmienić, że znana jest mi bardzo obszerna ekspertyza zespołu z Pol. Wrocławskiej z roku 2019 zakontraktowana przez Oddział Zakład Hydrotechniczny KGHM POLSKA MIEDŹ S.A., której cel był dokładnie taki sam, jak w przypadku recenzowanej pracy doktorskiej. Szkoda, że Doktorantka pracująca w tej samej instytucji, która tą ekspertyzę zamówiła, nie zapoznała się z nią, wykorzystując część wyników, czy też inspirując się metodami badawczymi, które ten zespół zastosował, aby postawiony cel osiągnąć.

W związku z powyższym recenzowana przeze mnie praca rodzi pewne wątpliwości, czy do końca wyczerpuje znamiona pracy doktorskiej.

Przechodząc do konkretnych uwag krytycznych sporo zastrzeżeń budzi układ redakcyjny pracy i sposób przedstawienia wyników. Jeśli chodzi o pierwszy aspekt są to rozbudowane tabele z zestawieniami zaistniałych awarii rurociągów w latach 2018-2023 w sieci przesyłowej odpady poflotacyjne w KGHM (rozdział 3.1 pracy), czy protokoły z badań wizualnych oraz ultradźwiękowych, zajmujące łącznie prawie jedną czwartą objętości podstawowej części pracy. Jak napisałem wyżej, powinny się one znaleźć na końcu pracy w formie załączników.

Z tym wiąże się również uwaga dotycząca wniosku Doktorantki odnośnie do sposobów unikania stanów awaryjnych rurociągów (str. 118), z których jednym z nich jest stosowanie odpowiednich norm (wymieniona lista 16 aktów normatywnych). Są to stwierdzenia dość trywialne, które nie wynikają bezpośrednio z jakiejkolwiek pracy badawczej.

Drugi aspekt dotyczy opisów zasadniczych badań polowych i laboratoryjnych oraz analiz numerycznych wykonanych w ramach realizacji przed Doktorantkę doktoratu, zawartych w dwóch rozdziałach: 5 i 6 pracy. Opisy te, jak i sposób prezentacji wyników jest jednak mało czytelny. Doktorantka nie wyjaśniła w jakim celu przeprowadziła badania wytrzymałościowe próbek stali pobranych z rurociągów i jak uzyskane wyniki dla sprężystej i plastycznej fazy pracy testowanego materiału zostały przez nią spożytkowane. Która z wyznaczonych wartości granicy plastyczności została wykorzystana do analiz numerycznych i dlaczego ta?

Jeśli chodzi o rozdział 6, w którym Doktorantka przedstawiła wyniki przeprowadzonych przez nią analiz numerycznych (choć miałem wątpliwości, czy tak powinno się nazwać analizy obliczeniowe, które nie wymagają zbyt zaawansowanych narzędzi numerycznych), to miałem olbrzymie kłopoty ze zrozumieniem postaci równania 6.5 i ciągle uważam, że z matematycznego punktu widzenia jest ono niepoprawne. Wg mnie prędkość ubytku powinna być definiowana zmianą grubości ścianki rurociągu w czasie. Będę oczekiwał wyjaśnienia tej kwestii w czasie publicznej obrony.

Kolejna rzecz, która bardzo utrudniała interpretację wyników analiz obliczeniowych, to rysunki zaprezentowane w rozdziale 6. Jak pisałem wcześniej musiałem przestudiować artykuł, opublikowany przez Doktorantkę i współautorów w Archives of Civil Engineering, w którym znajdują się te same rysunki, ale z dodatkowymi opisami, choćby wartości kresu górnego zredukowanego naprężenia (235 kPa), jak też wzory, na bazie których wyznaczona została ta wartość. Szkoda, że te wzory nie zostały przytoczone w tekście rozprawy, co znacznie poprawiłoby zrozumienie prowadzonych przez Doktorantkę analiz i weryfikację ich poprawności. Będę prosił o szczegółowe ustosunkowanie się do tego problemu, jak też dokładną interpretację wyników zaprezentowanych w tym rozdziale.

Wydaje się, że praca zostałaby mocno wzbogacona, co podniosłoby jej wartość naukową, pozwalając na uniknięcie uwag krytycznych tego dotyczących, gdyby

Doktorantka dokonała analizy stanu naprężeń elementu rurowego obciążonego ciśnieniem tłocznym z wykorzystaniem metody elementów skończonych oraz stosując wartości rzeczywistych parametrów sprężysto-plastycznych wyznaczonych przez nią w laboratorium. O możliwości wykorzystania tej metody oraz sztucznej inteligencji do zapobiegania przyczynom awarii Doktorantka pisze bardzo krótko i ogólnikowo w podrozdziałach 2.6 i 2.7. Niezależnie, w spisie literatury znajduje się praca Doktorantki i współautorów pt.: „Zastosowanie MES do oceny degradacji rur stalowych". Niestety nie miałem możliwości dotarcia do tej pracy i będę oczekiwał rozwinięcia tego tematu w trakcie publicznej obrony.

I w końcu analizując listę propozycji wdrożeń wynikających z przeprowadzonej przez Doktorantkę przyczyn awarii rurociągów w systemie przesyłowym odpadu w KGHM, wydaje się, że przynajmniej część z nich jest raczej zaleceniami pokontrolnymi, niż rzeczywistymi wdrożeniami technicznymi powstałymi na bazie wyników prowadzonej pracy badawczej. Doktorantka nie wspomina, czy wdrożenia te zostały wcielone w praktyce, czy pozostają jedynie propozycją. Będę prosił o ustosunkowanie się również do tej sprawy.

4. Uwagi natury redakcyjnej, drobne uchybienia

Jeśli chodzi o zasadnicze uwagi redakcyjne, to zostały one już sformułowane w poprzednim rozdziale. Jeśli chodzi o stronę edytorską, to trzeba zauważyć, że praca została napisana dość niestarannie. Znalazłem wiele miejsc z niewłaściwą justyfikacją (np. koniec strony 27 i początek 28). Generalnie język użyty przez Doktorantkę do wyrażania myśli jest dość poprawny z niewielką liczbą błędów, głównie gramatycznych. Zdarzają się natomiast stwierdzenia trywialne, powtarzające się, niewiele wnoszące do tematu rozprawy.

Artykuły podane w spisie literatury są cytowane poprawnie, choć nie mogłem znaleźć w spisie pracy Van Geen i in. (1998) oraz Duszyńska i in. (2024).

5. Wniosek końcowy

Mgr inż. Iwona Duszyńska przedstawiła jako rozprawę doktorską pracę zawierającą wyniki przeprowadzonych badań własnych oraz propozycję listy wdrożeń, których skutkiem ma być ograniczenie liczby awarii występujących w sieciach przesyłowych odpady poflotacyjne będące produktem ubocznym produkcji miedzi w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A.

Pomimo wątpliwości, które wyraziłem w treści recenzji stwierdzam, że **recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Iwony Duszyńskiej w znaczącej części spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim** w myśl Art. 190 Ust. 2 Ustawy 2.0 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668, z dnia 20 lipca 2018 roku z późniejszymi zmianami). Stwierdzam, że praca została wykonana w ramach dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport. Tym samym wnoszę o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów postępowania.

Waldemar Świdziński

* wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz. U. z 2026 r. poz. 1764)

Marzena Gaura