
Poznań, dn. 28 lipca 2025 r.



dr hab. inż. Łukasz AMANOWICZ, prof. PP
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych
ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań
e-mail: lukasz.amanowicz@put.poznan.pl



RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Karoliny Szulc

pt. „Warunki panujące w budynku

w czasie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami”

1. Podstawa opracowania

Podstawą formalną do opracowania przedmiotowej recenzji jest pismo z dnia 28.05.2025 znak RIE-BD.512.26.2025 podpisane przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Pana prof. dr hab. inż. Krzysztofa Labusa, informujące recenzenta o Uchwale Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 15.05.2025 powołującej recenzentów przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

2. Podstawowe informacje o pracy

Temat rozprawy: Warunki panujące w budynku w czasie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami.

Autor: mgr inż. Karolina Szulc.

Promotor: dr hab. inż. Małgorzata Król, prof. PŚ.

Promotor pomocniczy: dr inż. Marcin Cisek.

Przedmiotowa rozprawa doktorska liczy 138 stron, zawiera 28 tabel i 87 rysunków. W pracy cytowane jest 149 pozycji bibliograficznych, w tym artykuły z krajowych i zagranicznych czasopism naukowych, akty prawne, raporty, poradniki/wytyczne, pochodzące również z odnośników do stron internetowych.

3. Tezy i cel rozprawy

Hipotezy recenzowanej rozprawy doktorskiej brzmią:

- Wykorzystując narzędzia numerycznej mechaniki płynów do analizy rozwoju pożaru można dokonać oceny stanu środowiska na drogach ewakuacyjnych.
- Istnieją różnice w narażeniu osób na niebezpieczne warunki w czasie ewakuacji, w zależności od pozycji w jakiej się poruszają.
- Istnieją urządzenia wspomagające proces ewakuacji, które pomagają zapewnić bezpieczną ewakuację osobom z niepełnosprawnościami.
- Istnieje możliwość wprowadzenia danych empirycznych do komercyjnego programu symulacyjnego w celu symulacji ewakuacji osób z niepełnosprawnościami oraz możliwość zmiany jego ustawień w celu uzyskania wyników na akceptowalnym poziomie zbieżności z wynikami rzeczywistych prób ewakuacji.

Celem pracy jest „sprawdzenie czy istnieje możliwość analizy warunków jakie mogą panować na drodze ewakuacji w czasie rozwoju pożaru w wybranym budynku, wykorzystując w tym celu komercyjne narzędzia komputerowe. Jednocześnie czy dostępny czas bezpiecznej ewakuacji (DCBE) jest wystarczający dla zapewnienia bezpiecznych warunków na drogach ewakuacyjnych w czasie ewakuacji osób mających trudności z poruszaniem się”.

„Cele pośrednie pracy:

- Obliczenie za pomocą narzędzi numerycznej mechaniki płynów, jakie warunki środowiska mogą wystąpić na drogach ewakuacyjnych podczas rozwoju pożaru w budynku.
- Przedstawienie stanu wiedzy na temat ewakuacji osób z niepełnosprawnościami oraz dostępnych rozwiązań wspomagających ten proces.
- Sprawdzenie w jaki sposób może przebiegać ewakuacja osób z udziałem osoby z niepełnosprawnością, czy jej obecność wpływa na proces ewakuacji.
- Sprawdzenie czy zastosowanie krzesła ewakuacyjnego usprawni proces ewakuacji osoby z niepełnosprawnością.
- Zmierzenie prędkości ewakuacji osób, z uwzględnieniem osób z niepełnosprawnościami oraz różnych sposobów przemieszczania się podczas rzeczywistych prób ewakuacyjnych. Implementacja otrzymanych prędkości do programu symulacyjnego.
- Prezentacja sposobów modelowania ewakuacji z budynków w tym ewakuacji osób z niepełnosprawnościami.
- Sprawdzenie czy komercyjne narzędzie symulacyjne daje możliwość wprowadzenia danych uwzględniających różne populacje użytkowników budynku w celu analizy

procesu ewakuacji z udziałem osoby z niepełnosprawnością oraz czy otrzymane wyniki są zbieżne z wynikami rzeczywistych prób ewakuacyjnych.

- Przetestowanie „kryteriów związanych z oceną bezpieczeństwa osób, również z niepełnosprawnościami, podczas rozwoju pożaru wykorzystując w tym celu narzędzia symulacyjne.”

4. Struktura pracy i zawartość rozdziałów

Praca składa się z następujących rozdziałów:

1. Wprowadzenie.
2. Przegląd literatury.
3. Badania ewakuacji z krzesłem ewakuacyjnym.
4. Modelowanie rozwoju pożaru.
5. Modelowanie ewakuacji.
6. Wnioski końcowe.

W rozdziale 1. **Wprowadzenie** wyszczególniono trzy podpunkty: 1.1. Cele pracy, 1.2. Zakres pracy i 1.3. Wkład własny. Rozdział rozpoczyna się od zwięzłego opisu tła pracy, z którego najpierw cytowane jest rozporządzenie (Dz.U. 2023 poz. 822, 'Obwieszczenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 marca 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów'), które nakazuje zapewnienie bezpiecznych warunków ewakuacji użytkowników budynków, a następnie rozporządzenie (Dz.U. 2019 poz. 1696, 'Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami'), które reguluje zapewnienie odpowiednich warunków w budynkach dla osób ze szczególnymi potrzebami, w tym osób niepełnosprawnych. Autorka zwraca uwagę na starzejące się społeczeństwo oraz potrzebę zapewnienia w kolejnych latach możliwości bezpiecznej ewakuacji również osobom starszym w różnej kondycji ruchowej. Powyższe informacje stały się motywacją do podjęcia tematu pracy i doskonalenia wiedzy w zakresie ewakuacji osób niepełnosprawnych. W tym rozdziale wyszczególniono cel główny pracy oraz osiem celów pośrednich, a także cztery hipotezy badawcze. W podrozdziale 1.2. **Zakres pracy** krótko omówiono strukturę niniejszej pracy. W podrozdziale 1.3. **Wkład własny** opisano dziewięć efektów pracy nad rozprawą doktorską, stanowiących oryginalny wkład w rozwój wiedzy w zakresie objętym tematyką rozprawy.

W rozdziale 2. **Przegląd literatury** przedstawiono podstawowe akty prawne – rozporządzenia, które wymuszają konieczność zapewnienia osobom ze szczególnymi potrzebami „możliwości ewakuacji lub uratowania” już na etapie projektowania budynku. Przytoczono również definicję osoby ze szczególnymi potrzebami: „osoba, która ze względu

na swoje cechy zewnętrzne lub wewnętrzne, albo ze względu na okoliczności, w których się znajduje, musi podjąć dodatkowe działania lub zastosować dodatkowe środki w celu przezwyciężenia bariery, aby uczestniczyć w różnych sferach życia na zasadzie równości z innymi osobami". W dalszej części przeglądu literatury cytowane są m.in. prace dokonujące przeglądu różnych aspektów i parametrów ewakuacji, jak również prób pożarowych, czy ćwiczeń ewakuacyjnych. Przytoczono również prace poświęcone zachowaniu osób biorących udział w ewakuacji i ich wpływowi na proces ewakuacji. Szczególną uwagę zwrócono na artykuły, które prezentują dane na temat szybkości poruszania się uczestników ewakuacji, a także wskazują na istnienie wielu czynników, które wpływają na jej wartość. Przykładowe wyniki zmierzonego czasu ewakuacji przedstawiono zarówno dla osób pełnosprawnych jak i niepełnosprawnych oraz z podziałem na odcinki poziome, pionowe i tzw. „wąskie gardła”, a także zacytowano wyniki pomiaru czasu ewakuacji prowadzonej przy wykorzystaniu różnego typu urządzeń transportowych (nosze, krzesło ewakuacyjne, krzesło transportowe, płachta ratownicza). W przeglądzie literatury znaleźć można wiele odniesień do prac, dotyczących ewakuacji osób z niepełnosprawnością, w tym przykład zastosowania specjalnych pomieszczeń lub „stref schronienia” dla osób niepełnosprawnych, które mają służyć za punkt do oczekiwania na pomoc ratowników lub miejsce odpoczynku, minimalizując zjawisko blokowania ciągów komunikacyjnych w obiektach o skomplikowanej geometrii. Od rębny podrozdział przeglądu literatury poświęcono modelowaniu procesu ewakuacji, wymieniając dostępne oprogramowanie komputerowe oraz cytując prace, w których prezentowana była walidacja tychże modeli i/lub ich praktyczne wykorzystanie. Podrozdział kończy tabela porównująca dostępne programy symulacyjne pod względem dostępności, metody modelowania, możliwości zastosowania dla danego typu budynku oraz możliwości współpracy z programami typu CAD. W podrozdziale 2.3. Warunki na drogach ewakuacyjnych skupiono się na przeglądzie prac, które dotyczą zadymienia budynków podczas pożaru, a także substancji szkodliwych, które są produktami spalania typowych materiałów wykorzystywanych w budownictwie. Autorka dochodzi do wniosku, że dla odpowiedniego zaprojektowania budynków „kluczowe znaczenie ma analiza i przewidywanie warunków, takich jak np. ruch dymu i rozkład temperatury w korytarzach i na schodach, które są głównymi drogami ewakuacyjnymi”. W dalszej części cytowane są prace, które podejmują temat toksyczności produktów spalania oraz wzory pozwalające na obliczenie wartości wskaźników stosowanych powszechnie jako kryterium oceny oddziaływania wybranych substancji na człowieka w kontekście warunków do ewakuacji. W konkluzji stwierdzono, że „osoby z niepełnosprawnościami nawet poruszając się samodzielnie, przemieszczają się wolniej, a co za tym idzie: potencjalny czas przebywania w niebezpiecznych warunkach jest dłuższy” – co w czytelny sposób podkreśla istotność podjętej tematyki. Rozdział kończy tabela podsumowująca działanie wybranych substancji (fenol, benzen, toluen, formaldehyd, aldehyd octowy, kwas benzoesowy) na człowieka w kontekście toksyczności, działania żrącego/drażniącego, NDS i skutków toksykologicznych.

W rozdziale 3. Badania ewakuacji z krzesłem ewakuacyjnym przedstawiono intencje prowadzenia badań polegających na pomiarze czasu ewakuacji z wykorzystaniem krzesła ewakuacyjnego w budynku edukacyjnym należącym do uczelni. Krótko scharakteryzowano budynek, prezentując zdjęcia otoczenia oraz rzut piętra z zaznaczonymi kierunkami ewakuacji. Szczegółowo przedstawiono (na zdjęciach oraz rzutach) oraz wymiarowane wszystkie klatki schodowe, które mogą zostać wybrane na drodze ewakuacji. Następnie krótko omówiono warunki prowadzenia badań, w tym scharakteryzowano grupę osób biorących udział w badaniach reprezentowaną przez „4 kobiety i 3 mężczyzn w przedziale wiekowym od 21 do 27 lat oraz BMI od 19,03 do 32,1 w prawie 85,7% subiektywnie oceniających swoją kondycję fizyczną jako dobrą”. Wyszczególniono 12 scenariuszy procesu ewakuacji od S1 do S12, uwzględniające możliwość ewakuacji klatką schodową K1 (6 scenariuszy) lub K2 (6 scenariuszy) rozpoczynającą się na piętrze II lub IV i przy udziale populacji osób w pełni sprawnych (P), ewakuowanych za pomocą krzesła ewakuacyjnego (KE) oraz poruszających się o kulach (K). Pomiar czasu ewakuacji wykonywany był na końcu korytarza, końcu schodów, przy wyjściu z budynku oraz w miejscu zbiorki. W wynikach zaznaczono czas przybycia pierwszej i ostatniej osoby, przyjmowane jako wartości skrajne. Wyniki badań pokazały, że „ewakuacja populacji, w której znajduje się osoba z niepełnosprawnością trwa dłużej, nawet przy zastosowaniu pomocy w postaci krzesła ewakuacyjnego”. „Wyznaczona na podstawie badań prędkość poruszania się poszczególnych populacji posłuży jako wartość modelowa do wykonania symulacji ewakuacji”. Zwrócono również uwagę, że „są to pierwsze tego typu badania przeprowadzone w Polsce z użyciem krzesła ewakuacyjnego w rzeczywistym budynku użyteczności publicznej”.

W rozdziale 4. Modelowanie rozwoju pożaru opisano informacje na temat modelowania rozwoju pożaru, którego wyniki będą wykorzystywane w głównej części badawczej pracy, dotyczącej symulacji przebiegu procesu ewakuacji uwzględniającej obecność osób niepełnosprawnych. W rozdziale omówiono podstawowe równania, które są wykorzystywane w popularnym programie FDS (Fire Dynamics Simulator) wersja 6.8.0, służącym do modelowania przebiegu pożaru pod kątem rozprzestrzeniania się dymu, zakresu widoczności czy rozkładu temperatury. Omówiono proces opracowania geometrii budynku, który ograniczono do wyłącznie tej jego części, przez którą będzie realizowana ewakuacja. Przyjęto siatkę obliczeniową o gęstości 0,15 m, składającą się z 1 014 300 komórek. W rozdziale przedstawione zostały założenia odnośnie rozwoju pożaru oraz materiały i ich parametry termofizyczne przyjęte w obliczeniach. W tabeli 4.4. przedstawiono również założenia odnośnie emisji benzenu, toluenu, formaldehydu, aldehydu octowego, fenolu i kwasu benzoesowego. W tabeli 4.5. zestawiono parametry modelu obliczeniowego, przyjmowane w programie FDS podczas obliczeń. Zaprezentowane wyniki symulacji obejmowały: zadymienie, stężenie wybranych substancji na różnych wysokościach i w różnych lokalizacjach drogi ewakuacyjnej, widzialności i rozkładu temperatury. Rozdział zakończono wnioskami, m.in.: „analiza warunków na dwóch wysokościach pozwoliła oszacować potencjalne narażenie

osoby w pełni sprawnej poruszającej się w pozycji pionowej, jak również osoby z niepełnosprawnością, której głowa podczas transportu w pozycji siedzącej za pomocą krzesła ewakuacyjnego znajduje się niżej. Jak zauważono, narażenie osoby transportowanej za pomocą krzesła ewakuacyjnego może być niższe niż osoby poruszającej się w pozycji pionowej”, „zestawienie wyników z badań eksperymentalnych oraz symulacyjnych pozwala wyciągnąć wniosek, że DCBE jest wystarczający, aby z danej strefy zagrożenia w bezpieczny sposób ewakuowały się wszystkie osoby”.

W rozdziale 5. Modelowanie ewakuacji zaprezentowano założenia oraz wyniki symulacji procesu ewakuacji osób przy wykorzystaniu popularnego narzędzia Pathfinder, które współpracuje z wcześniej wykorzystanym programem FDS w zakresie możliwości importu geometrii budynku oraz możliwości pobrania danych na temat warunków panujących podczas pożaru zasymulowanych przez FDS. Powszechność stosowania narzędzia Pathfinder została podkreślona poprzez zacytowanie we wstępie kilku artykułów naukowych, w których zostało ono wykorzystane do symulacji procesu ewakuacji w wieżowcu, budynku ewakuacyjnym i szpitalu. W rozdziale zaprezentowano program badań symulacyjnych, składający się z 11 przypadków, różniących się od siebie założoną prędkością poruszania uczestników ewakuacji na odcinkach poziomych oraz na schodach. Prędkość na odcinkach poziomych przyjmowano jako „Zakres wartości dla każdego profilu przyjęty zgodnie z badaniami eksperymentalnymi, rozkład normalny” lub „Minimalna/Średnia/Maksymalna średnia prędkość otrzymana w badaniach eksperymentalnych, stała”, natomiast prędkość na odcinkach pionowych jako „Minimalna/Średnia/Maksymalna średnia prędkość otrzymana w badaniach eksperymentalnych, stała” lub „Przyjęta zgodnie z wartościami SFPE, zależy od nachylenia”. W rozdziale opisano również charakterystykę uczestników oraz parametry geometryczne, które zostały użyte jako dane wejściowe do obliczeń. Uwzględniono np. czas zwłoki, który „odzwierciedla potrzebę udania się ekipy pomocniczej po krzesło ewakuacyjne zlokalizowane na klatce schodowej, rozłożenie go oraz przygotowanie użytkownika do transportu – posadzenie użytkownika oraz zapięcie pasów bezpieczeństwa”. Zaprezentowano również ustawienia dotyczące modelu obliczeniowego. Główną część rozdziału stanowią wykresy oraz tabele, w których prezentowane są wyniki symulacji. Analogicznie do badań eksperymentalnych, w symulacji ewakuacji brali udział uczestnicy pełni sprawni, niepełnosprawni poruszający się o kulach, niepełnosprawni transportowani na krzesło ewakuacyjne oraz ekipa pomocnicza. Pomimo ograniczeń narzędzia do symulacji, opisano założenia do obliczeń, które miały na celu jak najlepsze odzwierciedlenie procesu ewakuacji, w którym bierze udział osoba niepełnosprawna: „Program nie daje możliwości wprowadzenia tego przypadku wprost, dlatego należy przyjąć pewne założenia. Osobę z niepełnosprawnością można zdefiniować poprzez zadanie odpowiedniej prędkości poruszania się, rozmiaru użytkownika (również uwzględnić konieczność poruszania się na wózku) oraz zdefiniowanie pewnych zachowań (w tym potrzeby pomocy przy poruszaniu się)”.

Zaprezentowano obliczony wymagany czas bezpiecznej ewakuacji przy zastopowaniu różnych założeń odnośnie czasu opóźnienia: „Porównując wyniki symulacji dla przypadku, w którym założono rozkład jednostajny przyjmowanego czasu opóźnienia z rozkładem normalnym można zauważyć, że w większości przypadków dla różnych założeń prędkości oraz dla różnych profili użytkowników wyniki dla rozkładu normalnego są wyższe niż w którym założono rozkład jednostajny przyjmowanego czasu opóźnienia z rozkładem normalnym można zauważyć, że w większości przypadków dla różnych założeń prędkości oraz dla różnych profili użytkowników wyniki dla rozkładu normalnego są wyższe”. Wniosek dotyczy przypadku ewakuacji osób transportowanych na krzesła ewakuacyjne, natomiast w przypadku użytkowników poruszających się o kulach oraz pełnosprawnych, uzyskano w niektórych scenariuszach wyniki identyczne niezależnie od przyjętego rozkładu. Porównując wyniki własnych badań eksperymentalnych oraz wyniki symulacji wybrano te zestawy parametrów, opisujące ewakuację danej populacji osób, które najlepiej odzwierciedlały zmierzony czas ewakuacji. Następnie przeprowadzono symulację, która miała odzwierciedlić przebieg ewakuacji podczas badań eksperymentalnych, w której do obliczeń wykorzystano wnioski z poprzedniej analizy symulacyjnej (przyjęto parametry, które najlepiej odzwierciedlały czas ewakuacji każdej z populacji). Po kalibracji danych wprowadzanych do modelu, maksymalne rozbieżności pomiędzy wynikami pomiarów i symulacji wyniosły 11,5%, a najmniejsze 1,2%. Rozdział kończy zestawienie wniosków z przeprowadzonych symulacji.

W rozdziale 6. Wnioski końcowe podsumowano najważniejsze wyniki badań eksperymentalnych oraz symulacji numerycznych. Wyniki skomentowano odwołując się do wiedzy pochodzącej z przeglądu literatury wskazując na potencjalne przyczyny obserwowanych zależności.

5. Uwagi do pracy

5.1. Uwagi o charakterze merytorycznym – zasadnicze

1. Mam wątpliwości co do sformułowania głównego celu rozprawy: „*Głównym celem pracy jest sprawdzenie czy istnieje możliwość analizy warunków, jakie mogą panować na drodze ewakuacji w czasie rozwoju pożaru w wybranym budynku, wykorzystując w tym celu komercyjne narzędzia komputerowe*”. Stwierdzenie to wydaje się oczywiste, ponieważ od wielu lat dostępne są narzędzia symulacyjne, które, jak zresztą pisze Doktorantka w dalszej części rozprawy, są powszechnie wykorzystywane zarówno przez naukowców jak i inżynierów. W opisie modelu FDS możemy przeczytać nawet, jakie są wartości niedokładności wyznaczania poszczególnych parametrów, przytoczone w tabeli 4.7. Poza tym, do realizacji tak postawionego celu, niezbędne by były dodatkowe badania, aby w pełni go zrealizować. W moim odczuciu głównym celem rozprawy jest doskonalenie wiedzy z zakresu modelowania

procesu ewakuacji osób z niepełnosprawnością ruchową przy wykorzystaniu oprogramowania Pathfinder. Z kolei szczegółowym celem był moim zdaniem wybór zestawów parametrów ewakuacji w narzędziu Pathfinder, skutkujący najlepszym dopasowaniem symulowanego i wyznaczonego eksperymentalnie czasu ewakuacji osób z niepełnosprawnością ruchową – poruszających się o kulach lub ewakuowanych za pomocą krzesła ewakuacyjnego. Jeśli główny cel pracy w obecnej formie miałby się obronić, powinno się go doprecyzować (jest zbyt ogólny) – badania i symulacje zostały przeprowadzone dla jednego wybranego budynku, nawet nie dla wybranego typu budynków, co uniemożliwia uzyskanie uniwersalnego „sprawdzenia, czy istnieje możliwość analizy warunków jakie mogą panować na drodze ewakuacji”. Należałoby również doprecyzować warunki ewakuacji – czy chodzi o widzialność, rozkład temperatury, stężenia substancji drażniących, czy o zachowanie uczestników ewakuacji. W tym ostatnim należałoby podkreślić, że chodzi o jeden parametr – czas ewakuacji, bo przecież prowadzone badania nie wnikają w strukturę zachowania uczestników ewakuacji. Ich zakres nie jest w stanie dostarczyć wiedzy na temat szeroko rozumianych warunków, tzn. zjawisk tworzenia się zatorów czy oddziaływania ekipy ratunkowej poruszającej się wraz z krzesłem ewakuacyjnym na pozostałych uczestników ewakuacji itd. Cel postawiony w obecnym brzmieniu jest albo zbyt rozmyty albo zbyt ambitny – jego osiągnięcie wymagałoby przeprowadzenia znacznie większej liczby eksperymentów i symulacji, a w ramach jednej rozprawy doktorskiej można zaryzykować sprawdzenie jedynie wybranych i szczegółowo wskazanych parametrów z ogromnej puli tych, które mają wpływ na szeroko pojęte „warunki ewakuacji”.

Niniejsza uwaga nie wymaga odpowiedzi. Zwraca jedynie uwagę na duże znaczenie sposobu formułowania treści w pracach o charakterze akademickim, który różni się od codziennej dziennikarskiej i sensacyjnej narracji, mającej na celu wzbudzenie emocji. Oczekiwane jest precyzyjne podsumowanie swoich dokonań oraz wykazanie pokory względem ogromu istniejącej już wiedzy i realnej szansy na definitywne rozwiązanie szerokiego problemu badawczego. Umiejętność wskazania na mały, ale rzeczywiście w pełni rozwiązany problem badawczy wydaje się być najbardziej pożądana.

2. W podrozdziale 1.2. **Zakres pracy** spodziewałem się znaleźć plan badań, spis wariantów, listę parametrów, które będą mierzone/symulowane, opisu programu badań wraz z uzasadnieniem, wyjaśniającym jakie badania i dlaczego zostaną przeprowadzone w celu weryfikacji hipotezy. Te informacje pomagają zwykle rozpoznać zakres przeprowadzonych badań i analiz oraz ułatwiają dalszą lekturę pracy. W obecnej wersji zakres pracy został potraktowany literalnie jako omówienie struktury pracy (przegląd rozdziałów monografii), a nie zakres pracy badawczej.

Niniejsza uwaga nie wymaga odpowiedzi – stanowi przemyślenie recenzenta w zakresie możliwości poprawy czytelności rozprawy.

3. W podrozdziale 1.3. **Wkład własny** niektóre sformułowania wydają mi się nieprawdziwe. W pierwszym akapicie opisano w sposób kolokwialny i ogólnikowy lukę badawczą, polegającą na tym, że: „*poszczególne tematy poruszane są w wielu publikacjach, natomiast w odczuciu autorki pracy, wymagają one dalszych analiz oraz brak jest kompleksowego podejścia do tematu bezpieczeństwa ewakuacji z budynku osób z niepełnosprawnościami*”. Używając ogólników nie wyjaśniono na czym polega brak kompleksowości w obecnym już w literaturze i praktyce podejściu.

Następnie jako wkład własny uznano: „*Opracowanie metodyki badań rzeczywistej ewakuacji z budynku wybranej grupy osób z udziałem osoby o czasowym ograniczeniu zdolności samodzielnego poruszania się*”. W przeglądzie literatury cytowane są prace, w których podobne badania były przeprowadzone. W przeglądzie literatury nie uwypuklono różnic w podejściu metodologicznym do badań, pomimo, że niektóre z cytowanych badań skupiały się na wyznaczeniu wartości tych samych wielkości, jedynie dla inaczej zdefiniowanej grupy uczestników ewakuacji. W tym kontekście uważam, że nie opracowano metodyki, a jedynie zaadoptowano istniejącą lub opracowano program badań (metoda to coś więcej), mających na celu wyznaczenie parametru czasu trwania ewakuacji osób poruszających się na kulach oraz transportowanych za pomocą krzesła ewakuacyjnego.

Dalej za wkład własny uznano: „*Zaproponowanie zastosowania krzesła ewakuacyjnego do ewakuacji osoby z niepełnosprawnością*”. Zastanawiam się czy w takim razie producent tego gotowego już urządzenia wprowadzonego na rynek nie zaproponował jego zastosowania do ewakuacji osoby z niepełnosprawnością wcześniej. Czy to znaczy, że jego intencją nie było zastosowanie tego krzesła do tego celu i Doktorantka proponowała to zastosowanie?

Dalej za wkład własny uznano: „*Opracowanie modelu ewakuacji w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych*”. Model ewakuacji rozumiem jako kompleksowy opis zjawisk i zależności, jakie występują w procesie ewakuacji, służący do ich symulacyjnego odzwierciedlenia. Wyniki jedynie pomiaru czasu trwania ewakuacji nie mogą posłużyć do opracowania takiego modelu. Nie jest to zatem model ewakuacji, a raczej wyznaczenie eksperymentalne jednego z parametrów charakteryzujących proces ewakuacji osób – dokładniej: czasu ewakuacji. Zmierzony czas ewakuacji to jedynie efekt makro sumy wszystkich zjawisk i czynników (psychologicznych, społecznych, konstrukcyjnych, geometrycznych, środowiskowych i innych), jakie wystąpiły na drodze ewakuacji i spowodowały, że ten czas był właśnie taki. Trudno mówić o modelu opartym o jeden parametr. Model ewakuacji to np. ten, który jest zaimplementowany w programie Pathfinder. Stworzenie alternatywnego programu bazującego na autorskim modelu, obejmującym dużą liczbę różnych parametrów i procedury obliczeniowe, można by było uznać za opracowanie modelu.

Niniejsza uwaga podkreśla duże znaczenie sposobu formułowania treści w pracach o charakterze akademickim. Proszę ustosunkować się do niej i zaproponować w odpowiedzi zmiany w tekście, które powodowałyby uwierzytelnienie opisu dokonań Pani pracy.

4. Str. 41. „Badania miały na celu sprawdzenie w jaki sposób przebiega ewakuacja z udziałem osoby z niepełnosprawnością, która transportowana jest za pomocą krzesła ewakuacyjnego”. Badania przedstawione w rozprawie nie były aż tak szerokie, jak zapowiada Doktorantka w tym zdaniu. Przebieg ewakuacji można rozumieć wielopłaszczyznowo jako zespół współistniejących i współoddziałujących na siebie czynników i procesów. W rozprawie analizowano jedynie czas ewakuacji, a nawet, jak się dowiadujemy ze str. 45 „czas przemieszania się”, będący jedynie składową wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji, który jest później wyznaczany.

Niniejsza uwaga nie wymaga odpowiedzi. Zwraca jedynie uwagę na duże znaczenie sposobu formułowania treści w pracach o charakterze akademickim.

5. W opisie zalet krzesła ewakuacyjnego na str. 20 wskazano, że może je obsługiwać jedna osoba, a na str. 46 dowiadujemy się, że krzesło było obsługiwane przez dwóch mężczyzn.

Proszę o wyjaśnienie tej decyzji, która stoi w sprzeczności z zaletą stosowania tego urządzenia. Dlaczego w badaniach nie przyjęto dwóch opcji: krzesło obsługiwane przez jedną lub przez dwie osoby. Czy w badaniach innych autorów krzesło obsługiwała jedna czy dwie osoby?

6. W pracy naprzemiennie poprawnie i niepoprawnie zapisano jednostkę ciepła właściwego jako odpowiednio $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, np. str. 61, ab. 4.3. i $\text{kJ}/\text{kg K}$, np. str. 60 nad wzorem 4.2. Podobny błąd występuje w tabeli 4.4 przy okazji emisji F_i .

Niniejsza uwaga nie wymaga odpowiedzi.

7. Dokładność obliczeń numerycznych typu CFD w dużej mierze zależy od odpowiedniego doboru gęstości oraz struktury siatki, która powinna być zagęszczona w miejscach, w których spodziewane są największe wartości gradientu analizowanego parametru. W recenzowanej rozprawie doktorskiej nie znalazłem analizy wpływu gęstości siatki na wynik ani dokładność modelowania. Nie znalazłem również informacji o tym, w jaki sposób generowana była siatka, czy istniały kryteria wyboru lokalizacji zagęszczenia siatki, czy sprawdzany był parametr Y^+ itd., które to informacje zwykle pojawiają się w przypadku analiz typu CFD.

Proszę ustosunkować się do możliwości zastosowania w Pani rozprawie analizy wyboru siatki metodą grid independent solution.

8. Str. 125: „Wyniki badań potwierdzają postawioną hipotezę, że wykorzystując narzędzia numeryczne do analizy rozwoju pożaru można ocenić stan środowiska, czyli oszacować jakie warunki mogą wystąpić na drogach ewakuacyjnych podczas pożaru. Równocześnie badania potwierdziły postawioną hipotezę, że w zależności od pozycji w jakiej poruszają się osoby, może być różne ich narażenie na niebezpieczne warunki podczas pożaru”. W moim odczuciu Doktorantka nie potwierdziła takiej tezy, ponieważ nie pozwalał na to program przeprowadzonych badań. Tę hipotezę można by było udowodnić przeprowadzając pomiary poszczególnych parametrów w czasie trwania pożarów i porównując wyniki z wynikami symulacji komputerowej. Tak ogólnikowe stwierdzenie jak „ocenić stan środowiska, czyli oszacować jakie warunki mogą wystąpić na drogach ewakuacyjnych podczas pożaru” w moim odczuciu nie może być nigdy obronione, ponieważ nie jest precyzyjne. Można zaryzykować stwierdzenie, że symulacja komputerowa z akceptowalną dokładnością odzwierciedli wartość wybranych parametrów monitorowanych podczas pożaru, ale na pewno nie da się zamodelować czy zasymulować stanu środowiska jako całość oraz „warunków”, ponieważ jest to zbyt złożone zagadnienie.

Proszę zaproponować w odpowiedzi, zmiany w tekście, które powodowałyby urzetelnienie opisu dokonań Pani pracy.

9. Str. 125. Autorka „...do badań eksperymentalnych wybrała jedno rozwiązanie, które uznała za najbardziej optymalne w danych warunkach”. Nie ma możliwości wyboru rozwiązania najbardziej optymalnego – optymalne oznacza najlepsze ze względu na określoną funkcję celu w obrębie analizowanego zagadnienia optymalizacyjnego. Zagadnienia poruszane przez Doktorantkę w ocenianej rozprawie doktorskiej nie wskazują na istnienie problemu optymalizacyjnego. Optymalizacja jest zaawansowaną procedurą matematyczną, w wyniku realizacji której poszukuje się rozwiązania optymalnego – tzn. dopuszczalnego i najlepszego z punktu widzenia kryteriów oceny decyzji. Opis procedury optymalizacyjnej powinien odpowiedzieć na następujące pytania: jaka była funkcja celu, jakie były zmienne decyzyjne, w jaki sposób zdyskretyzowano przestrzeń zmiennych i przestrzeń rozwiązań? Rozwiązanie problemu optymalizacyjnego wymaga zwykle wykorzystania zaawansowanego aparatu matematycznego – metod rozwiązywania zagadnień optymalizacyjnych. **Tego wszystkiego nie znalazłem w ocenianej rozprawie doktorskiej.** W życiu codziennym używa się słowa „optymalny” kolokwialnie – do określenia rozwiązania kompromisowego, bez wyjaśniania szczegółów i założeń tego kompromisu. Nie powinno to jednak mieć miejsca w pracach naukowych ani w wypowiedziach środowiska akademickiego, ponieważ z punktu widzenia rzetelności naukowej, jest to wprowadzanie w błąd, sugerując, że dane rozwiązanie jest optymalne – tzn. najlepsze – i jednocześnie uzyskane na drodze zastosowania procedury optymalizacyjnej, co nie miało przecież miejsca.

Niniejsza uwaga nie wymaga odpowiedzi.

5.2. Uwagi o charakterze merytorycznym – pozostałe

1. Str. 9: „Zmiany w przepisach, potrzeba wprowadzenia konkretnych rozwiązań oraz wzrost zainteresowania tematyką ewakuacji osób ze specjalnymi potrzebami skłoniły autorkę pracy do wykonania szeregu badań, aby sprawdzić, jaki jest aktualny stan wiedzy oraz czy istnieją rozwiązania, które mogą usprawnić proces ewakuacji”.

Ten akapit wydaje mi się zbędny, a jego obecność klasyfikuje do kategorii uwag o charakterze merytorycznym, ponieważ akapit zawiera wyłącznie opinie – brakuje poparcia w odwołaniach do źródeł literatury i składa się z ogólników, których należy unikać w pracach naukowych. „Zmiany w przepisach” – jakie konkretnie? „Wzrost zainteresowania tematyką ewakuacji osób ze specjalnymi potrzebami” – nie jest to coś, co obserwujemy w codziennych mediach, warto by było poprzeć tę informację, w przeciwnym razie można uznać za dyskusyjne, czy rzeczywiście wzrost zainteresowania tą tematyką występuje. „Do wykonania szeregu badań” – ale jakich i czy dwa rodzaje badań to już szereg? Itd. Tego typu styl narracji obserwujemy w mediach internetowych. Ma on na celu przekonanie czytelnika o wadze treści wpisu i chociaż brzmi atrakcyjnie, nie niesie treści merytorycznych.

2. Str. 13: „W ostatnich latach nastąpiła pewnego rodzaju rewolucja w przepisach, która wymusza konieczność projektowania obiektów z uwzględnieniem ewakuacji osób ze specjalnymi potrzebami”. W cytowanych aktach prawnych oraz w innych częściach pracy używane jest sformułowanie „ze szczególnymi potrzebami”. Określeń powołanych w aktach prawnych nie można parafrazować ani zastępować synonimami – konieczne jest zapewnienie spójności.

3. Str. 13: „...aby ujednolicić terminologię w dalszej części pracy stosowane będzie określenie – osoby z niepełnosprawnościami”. Nie dodano, że w ramach rozprawy analizowana jest jedynie niepełnosprawność ruchowa. Wynika to z kontekstu i zawartości pracy, ale nie jest to doprecyzowane w akapitach, w których Doktoranta podsumowuje cele, zadania czy zakres swojej pracy. Nie można negować istnienia innych typów niepełnosprawności, które również mogą powodować wydłużenie czasu ewakuacji np. z chorobą Alzheimera czy Parkinsona. Praca nie dotyczy osób ze szczególnymi potrzebami ani nawet osób niepełnosprawnych – dotyczy węższej grupy, co nie wybrzmiało w wystarczający sposób. Na str. 14 pisząc o osobach z niepełnosprawnościami również nie doprecyzowano, że chodzi o niepełnosprawność ruchową. Wskazuje na to dopiero kolejne zdanie: „Wynika to z faktu mniejszej szybkości poruszania się, konieczności poruszania z użyciem sprzętu ortopedycznego czy wózka inwalidzkiego, konieczności pomocy ze strony innych osób lub konieczności użycia sprzętu do ewakuacji np. krzesła ewakuacyjnego”.

4. Str. 15. „W literaturze można znaleźć liczne badania poświęcone zachowaniu ludzi, które zapoczątkowane zostały przez Bryana w 1956 roku [19], a następnie kontynuowane

przez wielu badaczy – m.in. Woodsa [20], Sime [21] i Bryana [22]. Autorzy wzięli pod uwagę różne aspekty zachowania człowieka i jego wpływ na ewakuację. Na przykład, autorka Fahy w swoich badaniach opisała zjawisko paniki oraz jego właściwą interpretację [23]”. Bardzo ogólne informacje, które nie wnoszą nic do przeglądu literatury oprócz większej liczby zacytowanych pozycji.

5. Str. 15. „Zestawienie czasów opóźnień i prędkości przemieszczania się pochodzących z analiz rzeczywistych pożarów oraz ćwiczeń ewakuacyjnych przedstawiły autorki Fahy i Proulx [24]”. W tej części należałoby porównać wyniki własne i odnieść je do cytowanych wyników – co nowego można znaleźć w przedmiotowej rozprawie doktorskiej, jakie są podobieństwa, a jakie różnice.

6. Str. 17. Tabela 2.2. „Prędkość przemieszczania się osób z niepełnosprawnościami [43]”. Wartości zacytowanych nie porównano z wartościami uzyskanymi w ramach badań własnych.

7. Przegląd literatury powinien kończyć się wskazaniem luki badawczej, wykazaniem nowatorskości przeprowadzonych badań na tle dotychczasowych prac. Oczekiwane jest wykazanie podobieństwa oraz różnic w stosunku do istniejących już wyników badań.

Powyższe uwagi nie wymagają odpowiedzi.

5.3. Uwagi o charakterze redakcyjnym

W rozprawie odnaleziono liczne literówki oraz zdania skonstruowane niestylistycznie (wyszczególnione tylko niektóre) – poniższe uwagi nie wymagają odpowiedzi:

- Str. 2. Streszczenie: „ze względu na przekroczenie bezpiecznej granicy krytycznych parametrów wyniósł ok 2 minuty” – brakuje kropki po około. Podobne przeoczenie znaleziono również w kolejnych akapitach streszczenia: „prędkość przemieszczania osoby z niepełnosprawnością transportowanej za pomocą krzesła ewakuacyjnego jest o ok 42% wyższa”, czy na str. 105: „dostępny czas bezpiecznej ewakuacji (DCBE) w obu analizowanych przypadkach wynosi ok 2 minuty” i str. 106: „pogorszenie warunków na korytarzu poniżej wartości bezpiecznych następuje po upływie ok 2 minut”. W tekście pracy wielokrotnie pojawia się skrót „ok.”, najczęściej jest on zapisany poprawnie. Poza tym na str. 109 zabrakło kropki po skrócie „itd.” w ostatniej linii.
- Str. 9: „Przepisy [1] jasno określają, że nawet w sytuacji zagrożenia” – rzadko kiedy przepisy określają coś w sposób jasny, raczej pozostawia się dużą przestrzeń do interpretacji; z kolei „nawet w sytuacji zagrożenia” wydaje się oczywiste – przecież ewakuacji nie przeprowadza się, jeśli nie ma sytuacji zagrożenia (pomijając sytuację ćwiczeń).

-
- Str. 9: „*Jak wskazują statystyki [3], społeczeństwo*” – niepotrzebna przerwa po [3],
 - Str. 18: „*W literaturze możemy znaleźć wiele badań poświęconym tematyce*”, powinno być poświęconych tematyce,
 - Str. 41. Brakuje źródła dla rysunku 3.1.

5.4. Uwagi inne / pytania

1. Podczas modelowania rozwoju pożaru i warunków panujących na drogach ewakuacyjnych, jak również podczas symulacji przebiegu procesu ewakuacji założono tylko jedną lokalizację pożaru, której nie uargumentowano.

Proszę uargumentować wybór lokalizacji pomiaru, przyjęty na cele obliczeń, a także przedyskutować znaczenie lokalizacji pożaru na wyniki obliczeń i porównań, w tym prawdopodobny efekt zmiany tej lokalizacji.

6. Ocena rozprawy doktorskiej

6.1. Struktura, cel pracy, piśmiennictwo, dyskusja wyników,

Ocena układu rozprawy doktorskiej.

Nie mam zastrzeżeń co do struktury recenzowanej rozprawy – jest ona typowa dla tego typu prac promocyjnych i odzwierciedla oczekiwania wobec rozpraw doktorskich.

Ocena celu pracy.

Cele pracy są interesujące i ważne z punktu widzenia doskonalenia wiedzy z zakresu ewakuacji osób z niepełnosprawnością ruchową. Cele zostały osiągnięte. Uwagi co do sposobu sformułowania celów pracy przedstawiono w rozdziale 5 niniejszej recenzji.

Ocena piśmiennictwa.

Przegląd literatury przedstawia tło zagadnień poruszanych w ramach rozprawy doktorskiej. Autorka odwołuje się do licznych pozycji literaturowych, w tym polskich i zagranicznych artykułów z recenzowanych czasopism naukowych. Cytowane pozycje są aktualne, a zaprezentowany przegląd wykazuje znajomość poruszanej tematyki.

Ocena dyskusji wyników.

Dyskusja wyników jest obszerna. Można w niej znaleźć charakterystyczne dla ocenianej rozprawy doktorskiej uproszczenia i uogólnienia, które mają na celu podniesienie rangi dokonań pracy, stanowiące nie w pełni rzetelny obraz rzeczywistego znaczenia tej pracy. Niemniej jednak dyskusja wykazuje znajomość tematu oraz umiejętność formułowania wniosków i analizy wyników.

6.2. Tezy, metody badawcze, praktyczne wykorzystanie wyników – znaczenie rozprawy dla dyscypliny naukowej

Stwierdzam, że:

- tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej mieści się w zakresie dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka,
- wyniki badań mają charakter użytkowy i mogą zostać praktycznie wykorzystane na cele doskonalenia rzeczywistego procesu ewakuacji osób z niepełnosprawnością ruchową,
- tematyka rozprawy doktorskiej jest istotna z punktu widzenia dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka,
- przedstawione hipotezy są w większości poprawnie sformułowane, przy czym w punkcie 5 recenzji przedstawiono pewne uwagi odnośnie sposobu ich sformułowania,
- wykorzystane metody badawcze to badania eksperymentalne oraz symulacje numeryczne, tzn. typowe narzędzia naukowe stosowane w dyscyplinie; metody badawcze są adekwatne dla celu udowodnienia hipotez badawczych – gdyby odpowiednio zmodyfikować ich treść, mając na uwadze rzeczywiste intencje i rzeczywiste dokonania rozprawy.

6.3. Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w określonej dyscyplinie albo dyscyplinach

Doktorantka w przeglądzie literatury przedstawia szereg informacji na temat ewakuacji ludzi w budynkach. Używa słownictwa branżowego oraz odnosi się do najważniejszych aktów prawnych. Przytacza wyniki dotychczasowych badań krajowych i światowych w zakresie zbliżonym do tematyki swojej rozprawy doktorskiej. Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzam, że Doktorantka wykazuje się wiedzą z zakresu objętego tematyką recenzowanej rozprawy doktorskiej, jak również wiedzą z zakresu dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Oceniana rozprawa doktorska prezentuje wystarczającą ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

6.4. Ocena, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora

Do realizacji celów pracy oraz udowodnienia tezy badawczej Doktorantka zaproponowała program badań eksperymentalnych i symulacyjnych, w których wykorzystwała oprogramowanie otwartego kodu FDS wspierane przez nakładkę ułatwiającą komunikację Pyrosim. Doktorantka zaprojektowała program badań, wyszczególniła zmienne wejściowe,

wyjściowe oraz zaproponowała metodę prowadzenia badań. W symulacji wykorzystwała jako wartości narzucone, wyniki własnych badań eksperymentalnych.

Biorąc pod uwagę powyższe, oceniana rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora.

6.5. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

W ramach recenzowanej rozprawy doktorskiej Doktorantka udowodniła, że wykorzystując komercyjne oprogramowanie symulacyjne istnieje możliwość zasymulowania czasu ewakuacji osób z różnymi typami niepełnosprawności ruchowej, dysponując wynikami pomiarów czasu przemieszczania się, a także istnieje możliwość zasymulowania czasu przemieszczania się osób poruszających się przy pomocy wsparcia typu krzesło ewakuacyjne.

Biorąc pod uwagę powyższe, stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

7. Wniosek końcowy

Podsumowując powyższą recenzję rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Karoliny Szulc pt. *„Warunki panujące w budynku w czasie ewakuacji osób z niepełnosprawnościami”* stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668, z późniejszymi zmianami).

Jednocześnie wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej w Gliwicach o dopuszczenie Pani mgr inż. Karoliny Szulc do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy.

Poznań, dn. 28 lipca 2025 r.

dr hab. inż. Łukasz AMANOWICZ, prof. PP