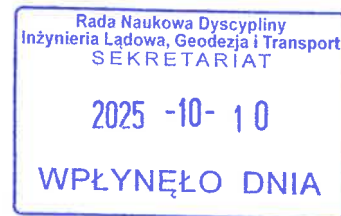


Przyjmuje pod wpływem
formalnym.
13.10.2025 1
U87

Kraków, dnia 24.09. 2025r.

Prof. dr hab. inż. Elżbieta RADZISZEWSKA-ZIELINA
Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Lądowej
31-155, Kraków, ul. Warszawska 24
tel.: 12 628 21 26
e-mail: elzbieta.radziszewska-zielina@pk.edu.pl



RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza Cezariusza Frydrycha
pt. *„Wykorzystanie modeli numerycznych dla sprężonych ścian szczelinowych w
kontekście optymalizacji techniki, technologii i ich realizacji”*
wykonanej na Politechnice Warszawskiej

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na prośbę Pani Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, dr hab. inż. Katarzyny Osińskiej-Skotak, prof. uczelni, sformułowaną w piśmie z dnia 16 lipca 2025 roku.

Merytoryczną podstawę opracowania recenzji stanowi załączona do ww. pisma rozprawa doktorska mgr inż. Mateusza Cezariusza Frydrycha pt. *„Wykorzystanie modeli numerycznych dla sprężonych ścian szczelinowych w kontekście optymalizacji techniki, technologii i ich realizacji”*, której promotorem jest dr hab. inż. Grzegorz Kacprzak, a promotorem pomocniczym jest dr inż. Paweł Nowak.

Formalno-prawną podstawę opracowania recenzji stanowi dołączona do pisma Uchwała nr 136/2025 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport z dnia 01.07.2025 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora Panu mgr. inż. Mateuszowi Cezariuszowi Frydrychowi.

Prawną podstawę opracowania recenzji stanowią obowiązujące przepisy Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. z 2024 poz. 1571), a także załącznik do uchwały nr 321/L/2023 Senatu PW z dnia 29 marca 2023 r. w sprawie sposobu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Zadaniem recenzenta jest ocena spełnienia warunku czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez

Doktoranta pracy naukowej, a przedmiotem rozprawy jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej.

2. Układ i treść rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska obejmuje łącznie 328 stron, w tym spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, słowa kluczowe, spis norm, bibliografię, spis rysunków i tablic. Rozprawa została podzielona na osiem rozdziałów zawierających w większości kilka podrozdziałów.

We wstępie pracy Autor przedstawił cel rozprawy i uzasadnienie podjęcia tematu, zakres, tezę oraz stosowane metody i narzędzia badawcze, a także przegląd aktualnego stanu wiedzy na podstawie dostępnej literatury.

Jak podaje Autor, głównym celem pracy jest „identyfikacja i przegląd możliwości wykorzystania technologii sprężenia konstrukcji w projektowaniu i realizowaniu ścian szczelinowych, w kontekście wygenerowania oszczędności kosztowych”.

Cele szczegółowe to:

- „przygotowanie metody analitycznej pozwalającej wstępnie zweryfikować założenia prezentowanej koncepcji,
- przygotowanie modeli numerycznych pozwalających na ocenę przydatności podejścia numerycznego do projektowania sprężonych ścian szczelinowych,
- opracowanie autorskich modeli numerycznych pozwalających na analizę i zaprojektowanie prezentowanego ustroju konstrukcyjnego,
- określenie propozycji wdrożenia koncepcji i zarządzania procesem z tym związanym dla przedsiębiorstw specjalistycznych,
- przedstawienie korzyści płynących z zaproponowanego podejścia inżynierskiego”.

Teza główna rozprawy brzmi: „zastosowanie metod numerycznych i analitycznych dla optymalnego projektowania ściany szczelinowej jako konstrukcji sprężonej pozytywnie wpływa na redukcję kosztów wykonania obudowy głębokiego wykopu”.

Tezy pomocnicze są następujące:

1. “Wykorzystanie sprężonych ścian szczelinowych redukuje koszty realizacji inwestycji przy jednoczesnym zachowaniu tego samego poziomu bezpieczeństwa jak w przypadku rozwiązania niesprężonego.
2. Możliwe jest wykonanie sprężonej ściany szczelinowej o wspornikowym schemacie statycznym bez wykonywania dodatkowego rozparcia lub kotwienia dla typowej sytuacji obliczeniowej tj. dla dwóch kondygnacji podziemnych”.

W rozdziale drugim Autor omówił technologie realizacji podziemnych części inwestycji oraz wymagania normowe dotyczące projektowania ścian szczelinowych, skupił się głównie na dwóch najczęściej stosowanych metodach, metodzie stropowej oraz metodzie top&down. Zaproponował ponadto modyfikację procesu wytwarzania ściany szczelinowej.

W rozdziale trzecim została przedstawiona autorska koncepcja ustroju sprężonej ściany szczelinowej wraz z systemem sprężenia.

W rozdziale czwartym omówiono podejście analityczne, natomiast w rozdziale piątym podejście numeryczne dla prezentowanej koncepcji sprężonych ścian szczelinowych.

Rozdział szósty przedstawia wynik sprężenia podejścia analitycznego i numerycznego dla analizowanej sprężonej ściany szczelinowej oraz wytyczne wykonawcze.

W rozdziale siódmym porównano, dla przykładowego projektu budynku, dwie technologie realizacji: technologię konwencjonalną, z zastosowaniem kotew gruntowych lub stalowych rozpór tymczasowych oraz podejście autorskie czyli metodę PDW, polegającą na zastosowaniu sprężenia w pionowych konstrukcjach oporowych.

W rozdziale ósmym Autor zawarł podsumowanie uzyskanych wyników, wnioski końcowe, oraz wskazał kierunki dalszych badań.

Przedstawiona do oceny rozprawa napisana jest generalnie w sposób klarowny, przejrzysty i zrozumiały, co sprawia, że czyta się ją ze zrozumieniem i zainteresowaniem. Rozdziały są ułożone w sposób logiczny a przyjęte na początku pracy postulaty i cele są konsekwentnie realizowane w kolejnych częściach pracy. Pomimo pewnych usterek i niedociągnięć, widoczne jest podejście naukowe Autora rozprawy do rozwiązania postawionego problemu badawczego, a także duża staranność w realizacji poszczególnych rozdziałów pracy.

3. Ogólna ocena rozprawy

Podjęty przez Doktoranta temat badań jest zasadny, ważny i aktualny. Tematyka pracy doktorskiej mgr inż. Mateusza Cezariusza Frydrycha jest istotna w kontekście projektowania i realizacji sprężonych ścian szczelinowych.

Sformułowany cel oraz tezę rozprawy oceniam pozytywnie. Cel i zakres pracy został jasno i precyzyjnie określony na początku rozprawy. W toku realizacji pracy, postawiona teza została udowodniona a założony cel rozprawy dotyczący możliwości wykorzystania technologii sprężenia konstrukcji w ramach projektowania i realizacji

ścian szczelinowych, w kontekście wygenerowania oszczędności kosztowych, został osiągnięty.

Rozprawa napisana jest w sposób zrozumiały i logiczny a układ pracy jest przejrzysty. Treść rozprawy ilustrowana jest za pomocą schematów, wykresów i tabel, co czyni ją bardziej zrozumiałą. Układ poszczególnych rozdziałów jest chronologiczny, a sposób prezentacji wyników kolejnych etapów badań przejrzysty.

Spis literatury zawiera 151 pozycji oraz dodatkowo 8 norm. Większość wskazanej literatury stanowią publikacje angielskojęzyczne, co świadczy o dobrym rozpoznaniu podjętej problematyki na świecie. Wśród podanych pozycji brakuje publikacji Doktoranta, co być może jest spowodowany zgłoszeniem patentowym opracowanego rozwiązania.

Mgr inż. Mateusz Cezariusz Frydrych przedstawił oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazał się samodzielnością w rozwiązywaniu podjętego zadania naukowego, dobrą znajomością stanu wiedzy w zakresie objętym tematem pracy, umiejętnością prowadzenia badań naukowych oraz prezentacji uzyskanych wyników badań. W celu rozwiązania postawionego problemu, umiejętnie dobrał i wykorzystał odpowiednie metody i techniki badawcze.

Zastosowane przez Doktoranta metody badawcze w celu realizacji pracy to studia literaturowe, badanie przypadków oraz symulacje komputerowe. Wykorzystano takie narzędzia informatyczne jak Microsoft Excel – arkusz kalkulacyjny, edytor matematyczny – program MathCad, system MES Sofistik do obliczeń statycznych, oprogramowanie geotechniczne – Plaxis 2D.

Zaproponowana w rozprawie autorska koncepcja sprężonej ściany szczelinowej jako elementu konstrukcyjnego o zwiększonej nośności poprzez wprowadzenie sił sprężających w sposób analogiczny do technologii kablobetonowych, stanowiąca rozszerzenie obecnych rozwiązań w zakresie głębokiego posadowienia oraz obudów wykopów a także dostarczająca korzyści ekonomiczne związane ze zmniejszeniem kosztów realizacji, wzbogaca wiedzę w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz stanowi nowe i przydatne w praktyce, w szczególności w warunkach miejskich i silnie zurbanizowanych, rozwiązanie.

4. Uwagi szczegółowe, w tym kwestie dyskusyjne

Do osiągnięć Doktoranta zaliczam:

1. Opracowanie autorskiej koncepcji sprężonej ściany szczelinowej jako elementu konstrukcyjnego o zwiększonej nośności, której integralną cechą jest wprowadzenie sił sprężających w sposób analogiczny do technologii kablobetonowych. Propozycja ta stanowi oryginalne i istotne rozszerzenie obecnych rozwiązań w zakresie głębokiego posadowienia oraz obudów

wykopów a także dostarcza korzyści związane ze zmniejszeniem kosztów realizacji.

2. Weryfikację funkcjonalności zaproponowanej koncepcji przy użyciu metod modelowania numerycznego, z uwzględnieniem nieliniowych modeli konstytutywnych dla ośrodka gruntowego, które umożliwiły dokładną ocenę stanu naprężeń, odkształceń oraz interakcji między ścianą szczelinową, a gruntem.
3. Zidentyfikowanie możliwości optymalizacji rozwiązań w zakresie technologii wykonywania ścian szczelinowych (dobór materiału, kolejność etapowania prac, zastosowanie prefabrykowanych elementów prowadzących oraz innowacyjnych układów sprężających).
4. Wykazanie potencjału w zakresie redukcji śladu węglowego poprzez zastosowanie optymalnych przekrojów ścian, ograniczenie zużycia stali zbrojeniowej i cementu, a także skrócenie czasu realizacji inwestycji.

Kwestie dyskusyjne, wymagające wyjaśnienia.

1. Na str. 300 Autor podaje: „Zaproponowane przez autora czasy trwania tych czynności tzn. 7 dni na uzyskanie odpowiedniej wytrzymałości mieszanki oraz 1 dzień na wykonanie prac związanych ze sprężaniem zostało przyjęte na mocy wywiadu eksperckiego wśród krajowych firm”. W badaniach eksperckich ważna jest przede wszystkim wysoka jakość pozyskanych danych będąca wynikiem precyzyjnego procesu doboru ekspertów. Proszę o omówienie w trakcie obrony przebiegu badania. Proszę też o odniesienie się do liczby ekspertów i jej uzasadnienia.
2. W pracy niepoprawnie zastosowano pojęcie „firma”, np. na str. 12 „propozycję wdrożenia zaprezentowanego rozwiązania do firm specjalistycznych”, str. 33 „kilka znanych od lat firm zajmujących się wykonywaniem ścian szczelinowych”, str. 76 „brak wyspecjalizowanych firm wykonawczych” czy na str. 36 „zapytania skierowano do firm wyspecjalizowanych”. W tym przypadku powinno być użyte słowo „przedsiębiorstwo”. Zgodnie z kodeksem cywilnym „przedsiębiorstwo jest zorganizowanym zespołem składników niematerialnych i materialnych przeznaczonym do prowadzenia działalności gospodarczej” natomiast „firmą osoby prawnej jest jej nazwa”. Z kolei poprawnie użyto słowo „przedsiębiorstwo” np. na str. 11 „zarządzania procesem z tym związanym dla przedsiębiorstw specjalistycznych”. Generalnie Dotorant w pracy stosuje oba te słowa zamiennie, co jest praktykowane, ale jedynie w języku potocznym.
3. Mam również wątpliwości dotyczące użycia w pracy słowa metodologia. Na str. 163 w sformułowaniu „test wiarygodności i adekwatności przyjętych

metodologii przed zaangażowaniem bardziej złożonych technologii”, użyłabym raczej słowa metodyka, ponieważ metodologia zgodnie ze słownikiem języka polskiego (PWN) to „nauka o metodach badań naukowych stosowanych w danej dziedzinie wiedzy”.

4. W rozdziale 8 znajdują się 2 rysunki nienumerowane, bez podpisu, jedynie w tekście podano „poniżej umieszczono”, „poniżej przedstawiono”. Na str. 303 pod akapitem „Poniżej umieszczono pełną ścieżkę postępowania...” nie ma rysunku ścieżki, ponieważ jest koniec strony, a nienumerowany rysunek jest dopiero na stronie następnej.
5. W rozdziale 7 nieprecyzyjnie użyto pojęć związanych z kosztorysowaniem robót budowlanych. Przykładowo na str. 297 użyto sformułowania „Koszt wykonania sprężenia (R+M+S)”, a powinno się użyć określenia „koszty bezpośrednie”, które obejmują materiały, robociznę i sprzęt (zamiast „koszt wykonania”).
6. W pracy wielokrotnie użyto pojęcia optymalizacja, nawet w tytule pracy. Uważam, że na początku pracy powinno się jednoznacznie wyjaśnić jak będzie optymalizacja rozumiana i stosowana, jakie przyjęto kryteria. Przykłady zastosowania tego pojęcia w różnych częściach pracy: „optymalizację konstrukcji zgodnie z wybranymi normami”, „zoptymalizowany system sprężania”, „zoptymalizowania pracy i możliwości zwymiarowania ustroju”, „optymalizacji rozkładu naprężeń”, „szereg wyzwań związanych z optymalizacją rozwiązań konstrukcyjnych, kosztowych oraz technologicznych”, „wpływa na optymalizację zużycia materiału”, „uwzględniający optymalizację nakładów inwestycyjnych”, „optymalizacja ściany szczelinowej pod kątem mniejszych momentów zginających”, „pozwala na optymalizację zużycia stali zbrojeniowej”, „optymalizacja harmonogramowa przedsięwzięć budowlanych”, „optymalizację harmonogramową uwzględniającą technologię sprężenia ścian szczelinowych”, „optymalizacji grubości i zbrojenia ściany”, „zastosowanie zoptymalizowanych przekrojów ścian”, „zoptymalizowanie znanych podejść do realizacji robót budowlanych”, „w zakresie optymalizacji projektu”, „optymalizacja zużycia materiałów, logistyki i technologii prowadzonych robót budowlanych”, „podejścia do optymalizacji realizacji geotechnicznych”. Analizując częstość i kontekst zastosowania słowa optymalizacja, mam wrażenie, że stosowane jest ono w rozumieniu potocznym, nie technicznym czy matematycznym.
7. W pracy występują drobne niedociągnięcia edytorskie, co jednak nie neguje wartości naukowej całej rozprawy oraz jej ogólnie pozytywnego odbioru.

Proszę o wyjaśnienie w trakcie obrony powyższych kwestii.

Przedstawione uwagi o charakterze dyskusyjnym nie podważają wartości pracy oraz zasadniczego osiągnięcia jakim jest opracowana autorska metoda.

5. Wniosek końcowy

Przedstawiona rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz wykazuje swoją treścią umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Doktoranta pracy naukowej, a jej przedmiotem jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, ze wskazaniem możliwości zastosowania wyników własnych badań naukowych w praktyce budowlanej.

Reasumując, uważam, że przedłożona przez Pana mgr inż. Mateusza Cezariusza Frydrycha rozprawa doktorska pt. „Wykorzystanie modeli numerycznych dla sprężonych ścian szczelinowych w kontekście optymalizacji techniki, technologii i ich realizacji” stanowi znaczący wkład w rozwój wiedzy w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 poz. 1571), zatem wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport w Politechnice Warszawskiej o **dopuszczenie jej do publicznej obrony**.

