



Dr hab. inż. Katarzyna Rzeszut, prof. PP
Zakład Konstrukcji Budowlanych
Instytut Budownictwa
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Politechnika Poznańska
Tel: 61 6652097
E-mail: katarzyna.rzeszut@put.poznan.pl

Poznań 30.06.2023 r.

Wpłynęło dnia:
Data 2023 -07- 31
Podpis Makowen

Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr inż. Justyny Tomasik

pt. „Analiza parametryczna dwuwarstwowych kratownic typu tensegrity – model
dyskretny i kontynuanty”

1. Podstawa formalna i przedmiot opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi uchwała nr 7/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 26 kwietnia 2023 r. w sprawie powołania recenzentów i składu komisji egzaminacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr inż. Justynie Tomasik. Recenzja została opracowana na podstawie wytycznych zawartych w ¹.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Tomasik pt. „Analiza parametryczna dwuwarstwowych kratownic typu tensegrity – model dyskretny i kontynuanty”, przygotowana pod kierunkiem Promotora dr hab. inż. Pauliny Obary, prof. PŚk.

2. Zawartość rozprawy

Recenzowana rozprawa została napisana w języku polskim i składa się z 8 rozdziałów spisu literatury (281 pozycji), streszczenia oraz załącznika zawierającego procedury

¹ Ustawa z dnia 20 lipca 2018r., „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2023 r., poz. 742).

obliczeniowe. Tekst rozprawy liczy 288 stron formatu A4, w którym zawarto 165 rysunków, 73 tabel oraz 157 wzorów.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autorka przedstawiła ideę struktury tensegrity oraz omówiła podstawowe problemy dotyczące zagadnień związanych z ich projektowaniem. Szczególną uwagę zwróciła na takie elementy jak stan samonapężenia i infinitezymalny mechanizm oraz statyczną analizę parametryczną dwuwarstwowych kratownic typu tensegrity z wykorzystaniem podejścia dyskretnego i kontynualnego. W rozdziale tym, Autorka przedstawiła przedmiot rozważań, cel i zakres pracy oraz sformułowała podstawowe problemy badawcze.

W kolejnym rozdziale, Autorka dokonała wnikliwego przeglądu literatury, ze szczególnym uwzględnieniem historii powstania idei tensegrity, jako kierunku artystycznego. Obszerna część przeglądu literatury dotyczy przeglądu podstawowych wzorów strukturalnych i modułów tensegrity, służących do budowy skomplikowanych konstrukcji, m. in. dwuwarstwowych kratownic tensegrity, zwanych także płytami tensegrity.

W rozdziale trzecim Autorka zawarła opis charakterystycznych cech struktur tensegrity. Przytoczyła najważniejsze definicje i pojęła dyskusję na temat mnogości opisów struktur wynikającej z niejednoznaczności stosowania pojęcia tensegrity. Ponadto uzasadniła zastosowanie analizy spektralnej macierzy kratownic i opisała cechy odróżniające struktury tensegrity od konwencjonalnych konstrukcji ciągnowo-prętowych w kontekście występowania stanów samonapężenia i mechanizmów infinitezymalnych. Zaproponowała klasyfikację struktur tensegrity na podstawie występowania sześciu cech charakterystycznych. Na koniec rozdziału, w celu zilustrowania zachowania się struktur charakteryzujących się występowaniem stanów samonapężenia i mechanizmów, Autorka rozpatrzyła przykłady płaskich konstrukcji kratowych, dla których można przedstawić w sposób jawny tok postępowania.

W rozdziale czwartym Autorka przedstawiła matematyczny opis struktur tensegrity stosując model dyskretny i kontynualny. W pierwszej części opisała geometrycznie nieliniowy model dyskretny w ujęciu metody elementów skończonych i wyprowadziła równania równowagi statycznej dla pojedynczego elementu skończonego oraz dla całej struktury. W drugiej części przedstawiła opis sześcioparametrowej teorii powłok, która została zastosowana do analizy ortotropowego modelu kontynualnego płyt. Ponadto opisała procedurę wyprowadzenia zastępczych charakterystyk materiałowych, opartą na czterech transformacjach macierzowych.

Rozdział piąty poświęcony został w całości ocenie jakościowej ustrojów kratowych. W tym celu Autorka zastosowała analizę spektralną macierzy kratownic stosując model dyskretny dla pojedynczych modułów i płyt tensegrity zbudowanych z tych modułów. W pierwszym etapie zidentyfikowała charakterystyczne cechy struktur tensegrity, tj. istnienie stanów samonapężenia i mechanizmów infinitezymalnych, a następnie dokonała kwalifikacji konstrukcji w zakresie grup zdefiniowanych w rozdziale 3. Analizy rozpoczęła od rozpatrzenia pięciu podstawowych modułów tensegrity. Następnie ze wszystkich rozpatrywanych modułów zbudowała bardziej skomplikowane konstrukcje płytowe, dla których rozważyła różne warunki podparcia. Ze względu na duży stopień skomplikowania struktur płytowych, w porównaniu do modułów pojedynczych, Doktorantka pominęła przedstawienie pełnej analizy jakościowej i podała wyłącznie rezultaty analizy jakościowej w formie tabelarycznej.

Rozdział szósty zawiera analizę ilościową struktur tensegrity, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu poziomu stanu samonapężenia na przemieszczenia oraz sztywność i nośność konstrukcji. Ocenę ilościową, obejmującą obliczenia odpowiedzi

konstrukcji na działanie obciążeń statycznych, Autorka wykonała stosując analizę quasi-liniową (teoria II rzędu) i nieliniową (teoria III rzędu). Rozpatrzyła zachowanie podstawowych pojedynczych modułów tensegrity (Simplex, modified Simplex, Quartex, modified Quartex i expanded Octahedron) oraz wybranych konstrukcji powierzchniowych zbudowanych za pomocą tych modułów, rozważanych w rozdziale 5. Ponadto przeanalizowała wpływ poziomego stanu samonapężenia na przemieszczenia węzłów, globalny parametr sztywności GPS oraz wyężenie elementów W_{max} , zarówno dla konstrukcji charakteryzujących się występowaniem mechanizmu, tj. zakwalifikowanych jako idealne tensegrity lub konstrukcje o cechach tensegrity klasy 1, jak i konstrukcji bez mechanizmu – konstrukcji o cechach tensegrity klasy 2. Autorka wykazała, że wpływ stanu samonapężenia na całkowitą sztywność struktury jest większy przy mniejszym obciążeniu oraz, że wpływ obciążenia jest najbardziej znaczący przy małych wartościach sił wstępnego sprężenia.

Rozdział siódmy obejmuje weryfikację zaproponowanego w rozdziale 4 modelu kontynualnego struktur tensegrity. W celu zweryfikowania poprawności procedury, Doktorantka rozważyła dwa rodzaje konstrukcji, tj. konstrukcję płytową, która jest geometrycznie niezmienna oraz płytę i pasmo zbudowane z modułów modified Quartex. W obu przypadkach, wyznaczyła ekwiwalentne współczynniki macierzy sprężystości dla niepodpartej powtarzalnej jednostki konstrukcyjnej o własnościach ortotropowych. W przypadku konstrukcji „nie tensegrity” powtarzalną jednostką był pojedynczy moduł konstrukcji, natomiast dla struktur modified Quartex był to moduł podstawowy zbudowany z czterech zmodyfikowanych modułów Quartex. Po wyprowadzeniu ekwiwalentnych charakterystyk powtarzalnego modułu struktury, dla zbudowanych z tych jednostek konstrukcji, Autorka wyznaczyła przemieszczenia i porównała je z przemieszczeniami otrzymanymi dla modelu dyskretnego.

Rozdział ósmy stanowi podsumowanie rozprawy wraz z przedstawieniem najważniejszych wniosków wyciągniętych z podjętych w rozprawie doktorskiej badań. W rozdziale tym potwierdzono słuszność założeń postawionych na początku pracy. Doktorantka sformułowała także kierunki dalszych badań, niezbędnych do skutecznego wdrożenia proponowanej procedury obliczeniowej związanej z oceną zachowania się struktur tensegrity pod wpływem obciążenia. Pracę kończy spis literatury obejmujący książki, artykuły naukowe oraz normy projektowe, które przywołano w treści rozprawy oraz streszczenie pracy w języku polskim i angielskim.

Na uznanie zasługuje fakt umieszczenia krótkich wstępów (na początku) i wniosków (na końcu) poszczególnych rozdziałów, co wydatnie porządkuje uzyskane wyniki i ułatwia analizę pracy.

Podsumowując należy podkreślić, że rozprawa napisana jest bardzo starannie, w sposób przejrzysty, językiem prostym i zrozumiałym, a układ rozdziałów i podrozdziałów umożliwia śledzenie procesu analizy, dedukcji i syntezy prowadzącej Doktorantkę do wniosków i konkluzji zawartych w recenzowanej pracy.

Nieliczne błędy językowe i stylistyczne nie obniżają naukowo-dydaktycznych walorów rozprawy. Szczegółowe uwagi dotyczące powyższych zastrzeżeń zamieszczono w punkcie 4 (Uwagi krytyczne) niniejszej recenzji.

3. Ocena doboru tematu i naukowej wartości rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy parametrycznej analizy statycznej dwuwarstwowych kratownic typu tensegrity, zbudowanych z podstawowych modułów tensegrity, takich jak: Simplex, Quartex i expanded Octahedron z wykorzystaniem

podejścia dyskretnego i kontynualnego. Struktury te zalicza się do konstrukcji inteligentnych, które zdolne są do samoistnej adaptacji do panujących warunków otoczenia bez ingerencji dodatkowych systemów zewnętrznych. Klasyczna struktura tensegrity składa się z prętów, które są ściskane lub rozciągane, przy czym elementy ściskane są od siebie oddzielone, natomiast elementy rozciągane są ze sobą połączone, tworząc ciągłą siatkę. Specyfika struktur tensegrity polega na tym, że ich geometryczna forma jest ściśle powiązana z układem sił w konstrukcji, a występujące w nich stany samonapężenia stabilizują istniejące nieskończenie małe mechanizmy. Istotną cechą tych systemów dotyczy wielkości przemieszczeń, które mogą być duże, nawet jeśli odkształcenia są małe. Trudności w analizie zachowania się układów tensegrity pod wpływem obciążeń związane są w szczególności z określeniem wpływu poziomu stanu samonapężenia na przemieszczenia, wyężenie i sztywność konstrukcji. Rozwój komputerowych technik wspomagania projektowania, umożliwił w ostatnich latach projektowanie, a tym samym szersze zastosowanie struktur tensegrity nie tylko w sztuce ale również w matematyce, medycynie, architekturze czy w budownictwie i przyczynił się do stworzenia nowatorskich i innowacyjnych form architektoniczno-budowlanych. Należy jednak pamiętać, że przy rozwiązaniu zagadnień pracy tego typu konstrukcji kluczowe jest zrozumienie wszystkich nieskończenie małych mechanizmów oraz rozpoznanie wiarygodnych metod ich analizy.

W opiniowanej rozprawie Doktorantka podjęła próbę rozwiązania powyższego problemu i jasno określiła cele pracy, z których trzy można uznać za najważniejsze:

- **przeprowadzenie oceny jakościowej na podstawie identyfikacji charakterystycznych cech struktur tensegrity, tj. stanów samonapężenia i mechanizmów infinytezymalnych,**
- **przeprowadzenie oceny ilościowej zachowania się struktur tensegrity pod wpływem oddziaływania obciążeń zewnętrznych niezmiennających się w czasie,**
- **opracowanie modelu kontynualnego uwzględniającego wpływ wstępnego sprężenia i weryfikacja tego podejścia poprzez sprawdzenie zachowania się konstrukcji pod wpływem obciążeń przy wykorzystaniu sześcioparametrowej teorii powłok oraz poprzez porównanie uzyskanych rezultatów z wynikami otrzymanymi w ujęciu dyskretnym.**

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych Autorki w zakresie recenzowanej pracy można zaliczyć:

- Wnikliwe rozpoznanie aktualnego stanu wiedzy dotyczącego zagadnień związanych z ideą tensegrity wraz z obszernym przeglądem podstawowych wzorów strukturalnych i modułów tensegrity służących do budowy skomplikowanych konstrukcji, m. in. dwuwarstwowych kratownic tensegrity, zwanych także płytami tensegrity.
- Przeprowadzenie analizy jakościowej dwuwarstwowych kratownic typu tensegrity, zbudowanych z podstawowych modułów tensegrity, takich jak: Simplex, Quartex i expanded Octahedron z wykorzystaniem analizy spektralnej macierzy kratownic.
- Dokonanie klasyfikacji struktur tensegrity na podstawie występowania sześciu cech charakterystycznych. tj.: konstrukcja kratowa (K), stan samonapężenia (S), mechanizmy infinytezymalne (M), elementy ściskane wewnątrz układu elementów rozciąganych (W), ciągnowe elementy rozciągane (C), układ elementów ściskanych jest nieciągiy (N) oraz wyodrębnienie czterech grup konstrukcji tensegrity tj: „idealne” gdy występują wszystkie cechy (K, S, M, C, W i N), „czyste” gdy występują cechy (K, S, M, C i W), „klasy 1” gdy występują cechy (K, S, M i C) oraz „klasy 2” gdy występują cechy (K, S, C oraz W lub N).

- Przeprowadzenie oceny ilościowej struktur tensegrity pod wpływem oddziaływania obciążeń zewnętrznych niezmiennych się w czasie oraz określenie minimalnego i maksymalnego poziomu wstępnego sprężenia wraz z oceną wpływu na przemieszczenia, nośność i sztywności konstrukcji.
- Zastosowanie dwóch modeli, tj. dyskretnego (model quasi-liniowy i geometrycznie nieliniowy) i kontynualnego (nieliniowa teoria sprężystości w ujęciu Total Lagrangian) oraz wprowadzenie globalnego parametru sztywności (GPS) umożliwiającego miarodajną ocenę wpływu poziomu wstępnego sprężenia na całkowitą sztywność struktury przy zadanym obciążeniu.
- Stworzenie w środowisku „Mathematica” programów zawierających procedury obliczeniowe służące do przeprowadzenia analizy geometrii i stanu samonapężenia, analizy quasi-liniowej (teoria II rzędu) i nieliniowej (teoria III rzędu) przy zastosowaniu modelu dyskretnego i kontynualnego oraz do określenia maksymalnych ugięć płyt i pasm ortotropowych.

Biorąc pod uwagę powyższe osiągnięcia Doktorantki stwierdzam, że założony cel pracy został osiągnięty i w związku z tym pozytywnie oceniam naukową wartość recenzowanej rozprawy.

4. Uwagi krytyczne

Podczas lektury i analizy wyników przedstawionych w recenzowanej rozprawie doktorskiej nasuwają się pewne pytania i uwagi krytyczne, wymagające skomentowania przez Autorkę w trakcie publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

4.1. Uwagi merytoryczne

- 1) W recenzowanej pracy Doktorantka sformułowała szereg celów pracy, które jednoznacznie definiują zakres i oczekiwany rezultat rozprawy doktorskiej. Jednak pewien niedosyt pozostawia brak sformułowania problemu badawczego i tezy pracy. Oczywiście cel pracy może być utożsamiany z tezą pracy. Natomiast problem badawczy, jako element dopełniający, powinien być określony w formie pytania wskazującego braki w dotychczasowej wiedzy, na które szukamy odpowiedzi na drodze badań naukowych. Zatem problem badawczy to pytanie, czy też inaczej hipoteza badawcza, której słuszność powinna być udowodniona lub nie.

W ocenie recenzentki, brak jasnego rozgraniczenia między celem pracy i problemem badawczym wprowadza pewien chaos myślowy, być może wynikający z różnorodnych interpretacji poprawnego formułowania założeń dysertacji naukowych i dość swobodnego stosunku do podstaw metodyki prac naukowych. Dlatego też warto pokusić się o sformułowanie problemu badawczego, tak aby nosił on znamiona hipotezy badawczej, czyli pytania.

- 2) Dobrą praktyką stosowaną przy opracowaniu dysertacji naukowych jest zamieszczenie na początku pracy wykazu najważniejszych oznaczeń. Pozwala to uniknąć wielokrotnego użycia tego samego symbolu do określenia różnych wielkości oraz ułatwia jednolity i kompletny opis oznaczeń. Niestety w recenzowanej pracy zabrakło tego elementu. W konsekwencji niektóre zapisy zawarte w pracy nie są w pełni precyzyjne i jednoznaczne. Na przykład na stronie 42 we wzorze 3.3 literą „S” opisano wektor sił podłużnych, podczas gdy na stronie 46 literą „S” opisano jedną

z sześciu cech charakterystycznych struktur tensegrity. tj.: stan samonapężenia, a na stronie 70 pole naprężeń. Natomiast na stronie 79 i 80 brak jest opisu wielkości oznaczonych literami „a”, „b” i „h” (zapewne są to wymiary rozpatrywanego pasma).

- 3) Jak już wcześniej stwierdzono rozbudowany przegląd literatury stanowi jeden z cenniejszych elementów pracy. Niestety w kilku miejscach, Autorka przywołuje poszczególne pozycje literatury bez odpowiedniego komentarza. Na przykład na str. 40 zaledwie dwoma zdaniem opisano aż 45 pozycji literaturowych. Analogiczna uwaga odnosi do pozycji literaturowych cytowanych na stronie 20 czy 34.
- 4) Odpowiedniego opisu i komentarza wymagają związki geometryczne przedstawione na str. 71 (wzór 4.35). Bardzo korzystne mogłoby być podanie informacji, że związki te szerzej opisane są w tabeli 4.1. Dodatkowego opisu wymagają także wzory w postaci rozwiniętej zawarte w tabelach 4.2 i 4.3. Na przykład brak jest opisu takich wielkości jak: „ h_0 ”, „ h_1 ”, „ h_2 ”, „ α_0 ”, „ α_1 ” i „ α_2 ”.
- 5) W rozdziale czwartym Autorka opisała procedurę wyprowadzenia zastępczych charakterystyk materiałowych modelu kontynualnego, opartą na czterech transformacjach macierzowych. W ocenie recenzenta, w przypadku czwartej transformacji, cenne byłoby umieszczenie dyskusji na temat wpływu przyjęcia podejścia uproszczonego (wzór 4.94) na dokładność uzyskanych wyników.
- 6) W rozdziale szóstym Doktorantka bardzo precyzyjnie opisała i zinterpretowała wyniki, analizy ilościowej podstawowych, pojedynczych modułów tensegrity oraz wybranych konstrukcji powierzchniowych, rozważanych w rozdziale 5. Wykazała ona znaczące różnice w uzyskanych wynikach przy zastosowaniu teorii II lub III rzędu. Natomiast w podsumowaniu zawarła jedynie pewne ogólne wnioski co do zakresu stosowalności powyższych teorii. W ocenie recenzentki ogromne spektrum wyników ilościowych zawartych w tym rozdziale, uprawnia Doktorantkę do sformułowania bardziej szczegółowych wniosków, które mogłyby mieć charakter pewnych rekomendacji, co do prawidłowego doboru procedur obliczeniowych dla rozpatrywanych struktur tensegrity.
- 7) W przypadku struktur przedstawionych w pkt. 6.3.5 i 6.5.2 należy doprecyzować opis warunków brzegowych.
- 8) Doktorantka wielokrotnie w tekście rozprawy używa sformułowań „weryfikacja” i „walidacja”, traktując je jako synonimy. W rzeczywistości są to odrębne pojęcia. Weryfikacja to proces porównywania dwóch lub więcej wyników uzyskanych za pomocą różnych modeli obliczeniowych w celu weryfikacji ich dokładności. Natomiast, walidacja to proces porównywania wyników uzyskanych dla modelu obliczeniowego i obiektu rzeczywistego. Na przykład porównanie wyników obliczeń teoretycznych z wynikami uzyskanymi na podstawie badań laboratoryjnych. Zatem w niniejszej pracy Autorka przeprowadziła jedynie weryfikację.

Nasuwa się jednak pytanie dlaczego Autorka nie przeprowadziła również walidacji zaproponowanych modeli obliczeniowych. Można było tego dokonać bazując choćby na badaniach eksperymentalnych przedstawionych w literaturze przedmiotu lub na badaniach własnych. Należy podkreślić, że brak walidacji stanowi dość istotny mankament pracy, pozostawiając uzyskane wyniki bardziej w sferze teoretycznej niż praktycznej.

4.2. Uwagi redakcyjne

Jak już wcześniej wspomniano recenzowana rozprawa została napisana bardzo starannie, tak pod względem językowym, jak i redakcyjnym. Niemniej, Autorka nie ustrzegła się pewnych błędów gramatycznych i stylistycznych.

- 1) Str. 11 w 3g zamiast „tensegrity” – powinno być „struktury tensegrity”
– proponuję stosować zamiast „tensegrity” – „konstrukcje lub struktury tensegrity”.
- 2) Str. 11 w 5g – zamiast „tensegrity” – proponuję „pojęcie tensegrity”.
- 3) Str. 12 w 5g – zamiast „walidacji” – powinno być „weryfikacji”.
- 4) Str. 12 w 5g – pojęcie „płytowych konstrukcji tensegrity” pojawia się pierwszy raz i wymaga wyjaśnienia.
- 5) Str. 12 w 10g – zamiast „...kolejnych etapach pracy naukowej” – proponuję „kolejnych etapach przyszłej pracy naukowej”.
- 6) Str. 12 w 12d – zamiast „zadaniu” – powinno być „zbadaniu”.
- 7) Str. 13 w 13d – po „...ustalone” usunąć przecinek.
- 8) Str. 39 w 3g – zamiast „...istnieje” proponuję „... znana jest już od ...”.
- 9) Str. 39 w 9g – po „...podejmował” dodać „on”.
- 10) Str. 39 w 14g – po „...historii” dodać „struktur”.
- 11) Str. 40 w 3g – Całe zdanie wymaga korekty (powtórzenia, szyk).
- 12) Str. 41 w 3g – „W pracy...” – w jakiej pracy.
- 13) Str. 47 w 4g – zamiast „...zachowania się” proponuję „... pracy”.
- 14) Str. 155 w 4d – usunąć „... zależy”.
- 15) Str. 249 w 13d – zamiast „...różne” proponuję „... odrębne”.
- 16) Str. 286 w 5g – zamiast „Niniejsza praca rozwija” proponuję „ W niniejszej pracy rozwinięto...”.

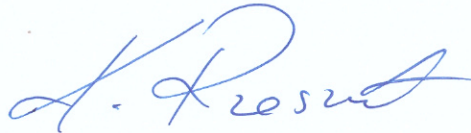
5. Wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego i wnosi znaczący wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie „inżynieria lądowa, geodezja i transport”. Praca zakończona jest bardzo istotnymi wnioskami dotyczącymi projektowania struktur tensegrity. Z treści rozprawy wynika, że Autorka właściwie sprecyzowała cel pracy oraz konsekwentnie go zrealizowała. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie podjętej tematyki i umiejętnością planowania oraz prowadzenia analiz naukowych, co świadczy o Jej odpowiednim przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowych. Na szczególne uznanie zasługuje opracowanie w środowisku „Mathematica” programów zawierających procedury obliczeniowe dla modelu dyskretnego i kontynuálního przy zastosowaniu teorii II i III rzędu.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4 nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej dobrej oceny dysertacji. Rozprawa jest bardzo interesująca z naukowego punktu widzenia i posiada wysoką wartość poznawczą.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa **mgr inż. Justyny Tomasik pt. „Analiza parametryczna dwuwarstwowych kratownic typu tensegrity – model dyskretny i kontynuanty”** spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w ¹ i ².

W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Świętokrzyskiej.



Katarzyna Rzeszut

Recenzja zgodna z wymogami formalnymi

DYREKTOR NAUKOWY DISCYPLINY
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

prof. dr hab. inż. Jerzy Wawrzeńczyk

