

prof. dr hab. inż. **Adam Zofka**
Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM)
azofka@ibdim.edu.pl
+48 604 132 971

Warszawa, 16 WRZEŚNIA 2021

22/09/2021

DZIEKAN
Wydziału Inżynierii Lądowej

prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. **Kazimierza Józefiaka**

MODELOWANIE KONSTITUTYWNYCH WŁAŚCIWOŚCI GRUNTÓW JAKO PODŁOŻA BETONOWYCH NAWIERZCHNI DROGOWYCH

1. PODSTAWA FORMALNA RECENZJI

Podstawą formalną wykonania recenzji jest ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.), a w szczególności Artykuły 11, 12 oraz 13 (zwana dalej *Ustawą*). Recenzja została wykonana na prośbę Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej przekazaną w formie pisma z dnia 20.05.2021 r.

2. PRZEDMIOT RECENZJI

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pod tytułem „Modelowanie konstytutywnych właściwości gruntów jako podłoża betonowych nawierzchni drogowych” wykonana w Instytucie Dróg i Mostów WIL PW przez mgra inż. Kazimierza Józefiaka. Promotorem niniejszej rozprawy jest prof. dr hab. inż. Artur Zbiciak.

Rozprawa została przygotowana w formie książki i składa się z 209 stron, w tym 33 strony to Załączniki. Bibliografia obejmuje 116 pozycji.

3. OMÓWIENIE TREŚCI ROZPRAWY

Praca składa się zasadniczo z trzech części. Pierwsza część pracy poświęcona jest sposobom projektowania nawierzchni sztywnych z wykorzystaniem metody elementów skończonych, w której ośrodek gruntowy modelowany jest jako ciało liniowosprężyste. W drugiej części omówione zostały wybrane stosowane modele oraz możliwe inne metody do modelowania nieliniowości ośrodka gruntowego. Trzecia część pracy zawiera zagadnienia projektowania nawierzchni oraz mechaniki gruntów na przykładzie modelu numerycznego nawierzchni sztywnej, w którym uwzględniono nieliniowe zachowanie się ośrodka gruntowego. Ponadto znajdują się jeszcze dwa typowe rozdziały, tj. Wstęp i Podsumowanie. Wszystkie części rozprawy stanowią spójną całość, tzn. poszczególne rozdziały wprowadzają czytelnika do tematyki rozprawy, którą kończy wspomniany powyżej model numeryczny nawierzchni sztywnej.

Niniejsza praca doktorska ma jednoznacznie zdefiniowany jeden główny cel (strona 23) oraz szereg celów szczegółowych (strona 24 i 25). Celem głównym rozprawy jest próba kompleksowego ujęcia zagadnień projektowania nawierzchni betonowych w kontekście złożonych, nieliniowych

A2

właściwości gruntów przy uwzględnieniu takich zjawisk jak konsolidacja pierwotna i wtórna czy zniszczenie. Odnośnie celów szczegółowych pracy to jest przedstawionych 12 zagadnień, które jednocześnie są wskazane jako wkład Autora rozprawy w dyscyplinę inżynieria lądowa i transport. Zostały one szczegółowo omówione w dalszej części niniejszej recenzji.

W Rozdziale 1 opisano zagadnienia związane z projektowaniem nawierzchni sztywnych. Przedstawiono przegląd wybranych metod projektowania i szacowania trwałości zmęczeniowej nawierzchni betonowych.

W Rozdziale 2 opisano koncepcje fenomenologicznego modelowania ośrodka gruntowego stosowane w wielu programach do analizy zagadnień geotechnicznych. Przedstawiono również sformułowanie zagadnienia homogenizacji oraz modeli sprężysto-plastycznych, w tym w szczególności modelu Hardening Soil (HS). Ponadto został zaproponowany sposób modelowania histerezy gruntów z wykorzystaniem struktury reologicznej, zawierającej klasyczne sprężysto-plastyczne elementy oraz element nieklasyczny. Parametry zaproponowanej struktury reologicznej określone zostały na podstawie wyników badań trójosiowych.

W Rozdziale 3 przeanalizowano zachowanie się gruntu w ramach zagadnienia konsolidacji pierwotnej i wtórnej. W szczególności zastosowano lepkosprężystą strukturę Burgersa do opisu zachowania się szkieletu gruntowego w trakcie konsolidacji. Opisano również możliwe modyfikacje powierzchni domykającej modelu Modified Drucker-Prager/Cap w typowym oprogramowaniu MES. W końcu przedstawiono również propozycję autorskiej struktury reologicznej do modelowania jednowymiarowej konsolidacji w procesach ustalonych z wykorzystaniem nieklasycznego elementu Kepesa.

Rozdział 4 zawiera przykładowy model MES łączący zaawansowane podejście do modelowania gruntu z zagadnieniami projektowania nawierzchni sztywnych. Analizowana jest konsolidacja warstwy gruntu organicznego pod wpływem obciążenia nasypem drogowym oraz warstwami nawierzchni betonowej. Przebadany został wpływ odkształceń podłoża na stan naprężenia w płytach nawierzchni.

Całość rozprawy zamyka podsumowanie z całej pracy oraz kierunki przyszłych prac badawczych. Należy także wspomnieć, że większość rozdziałów zaczyna się od wprowadzenia (wstępu) i kończy na podsumowaniu, co znacznie ułatwia śledzenie postępów częściowych w rozprawie. Jedynie w Rozdziale 3 zabrakło podsumowania.

4. OCENA ROZPRAWY

Ocena rozprawy została przedstawiona w dwóch częściach. W pierwszej części znajduje się ogólna ocena merytoryczna z wyszczególnieniem wybranych negatywnych i pozytywnych, według recenzenta, aspektów rozprawy. Z kolei w drugiej części oceny są zawarte również wybrane szczegółowe uwagi recenzenta zarówno natury merytorycznej jak i stylistycznej.

Ocena merytoryczna

Zakres rozprawy dobrze adresuje obecne potrzeby naukowe w dziedzinie drogownictwa rozpatrywane w Polsce i na świecie. Poszczególne zagadnienia są potraktowane bardzo szczegółowo i nie zabrakło typowych elementów, tj. przeglądu literatury, rozważań teoretycznych, badań laboratoryjnych oraz symulacji numerycznych. Według recenzenta jest to kompleksowe ujęcie zagadnienia aczkolwiek poszczególne akcenty nie zostały właściwie dobrane, tzn. jest zdecydowanie zbyt dużo klasycznej teorii, którą można odnaleźć w podręcznikach akademickich. Zbyt dużo uwagi jest również poświęcone szczegółowym analizom numerycznym a brakuje prawie zupełnie szerszego ujęcia i konsekwencji/implikacji w praktyce inżynierskiej. Brakuje również szczegółowej analizy wyników i ich interpretacji w celu spełnienia postawionych celów. Poniżej poszczególne akapity omawiają wybrane negatywne i pozytywne aspekty rozprawy.

Cel główny rozprawy jest bardzo szeroki i nieprecyzyjny, a szereg celów szczegółowych (strona 24 i 25) to opis czynności wykonanych przez Pana mgr inż. Kazimierza Józefiaka, które nie powinny

być traktowane jako cele rozprawy. Poszczególne cele szczegółowe można ocenić w następujący sposób:

- 1) *przedstawienie współautorskiej procedury projektowania nawierzchni sztywnych*; stwierdzenie jest akceptowalne jako cel, aczkolwiek rozprawa nie zawiera schematu wspomnianej procedury,
- 2) *automatyzacja procesu wyznaczania naprężeń w płycie sztywnej z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania Abaqus oraz autorskich skryptów w języku Python*; to jest wątpliwy cel – co najwyżej jest to opis czynności wykonanej przez Autora (opis warsztatu pracy),
- 3) *sformułowanie zagadnienia homogenizacji i wykazanie, że podejście homogenizacyjne przy określonych założeniach prowadzi do znanych relacji wykorzystywanych w mechanice gruntów*; wykazanie zgodności jest celem, aczkolwiek Autor mało przekonująco przedstawił to w Rozdziale 2 – brak jest jednoznacznego przedstawienia oryginalnych wywodów teoretycznych Autora,
- 4) *przegląd nieliniowych modeli ośrodka gruntowego w ramach teorii plastycznego płynięcia oraz wizualizacja kształtu, a także ewolucji powierzchni plastyczności w zależności od parametrów modeli*; to jest wątpliwy i słaby cel, według recenzenta rozprawa nie powinna zawierać rozbudowanego przeglądu teorii, które można znaleźć w podręcznikach akademickich,
- 5) *rozszerzenie zagadnienia jednowymiarowej konsolidacji gruntu na dowolne struktury reologiczne*; stwierdzenie jest akceptowalne jako cel, aczkolwiek rozprawa nie zawiera konkretnej procedury postępowania jak to uogólnienie przeprowadzić,
- 6) *propozycja sposobu modelowania histerezy w gruntach obserwowanej w badaniach trójosiowego ściskania na płaszczyźnie dewiator naprężenia – odkształcenie z wykorzystaniem klasycznych i nieklasycznych sprężysto-plastycznych struktur reologicznych*; stwierdzenie jest akceptowalne jako cel,
- 7) *propozycja autorskich struktur reologicznych do modelowania jednowymiarowej konsolidacji w procesach przejściowych z uwzględnieniem konsolidacji wtórnej*; stwierdzenie jest akceptowalne jako cel, aczkolwiek zbieżne z celem 5) jak i 10); również można mieć wątpliwości co do samodzielności wkładu Autora w rozwój tych struktur,
- 8) *wykonanie badań długotrwałej konsolidacji gruntów organicznych w edometrze w celu zaobserwowania efektów konsolidacji wtórnej*; to jest wątpliwy cel – co najwyżej jest to opis czynności wykonanej przez Autora (opis warsztatu pracy),
- 9) *weryfikacja przyjętych modeli reologicznych konsolidacji gruntów w procesach przejściowych na podstawie wyników długotrwałych badań edometrycznych gruntów organicznych*; to jest wątpliwy cel – co najwyżej jest to opis czynności wykonanej przez Autora (opis warsztatu pracy),
- 10) *propozycja autorskiej, nieklasycznej struktury reologicznej do modelowania jednowymiarowej konsolidacji w procesach ustalonych (niezależnych od czasu) w warunkach z odpływem*; stwierdzenie jest akceptowalne jako cel, aczkolwiek zbieżne z celem 5) jak i 10); również można mieć wątpliwości co do samodzielności wkładu Autora w rozwój tych struktur,
- 11) *przedstawienie podejścia do modelowania sytuacji awaryjnych w nawierzchniach sztywnych z wykorzystaniem oprogramowania Abaqus oraz zaawansowanych modeli ośrodka gruntowego*; stwierdzenie jest akceptowalne jako cel, aczkolwiek rozprawa nie zawiera procedury uogólnionego podejścia a jedynie jeden przykład numeryczny,

12) analiza przykładowego zadania geotechniczno-drogowego, przy uwzględnieniu wpływu nierównomiernych osiadań nasypu drogowego na naprężenia w płytach nawierzchni betonowej; sama analiza jest słabym celem, zakres pokrywa się z poprzednim celem.

Kolejnym niedoskonałym elementem rozprawy Pana mgr inż. Kazimierza Józefiaka jest brak jasno sprecyzowanych hipotez badawczych. Według recenzenta, jest to obok wątpliwych niektórych celów, najsłabszy element tej rozprawy i jednocześnie największy zawód, szczególnie biorąc pod uwagę poziom warsztatu numerycznego i ogólne przygotowanie rozprawy. Rozprawa powinna zawierać hipotezy badawcze, które są następnie sprawdzane poprzez świadomie zaproponowaną konkretną metodykę, np. wywody teoretyczne czy eksperymenty. Nieodzowną częścią procesu testowania hipotez jest przekonywająca (czytaj naukowa) analiza, która przy założonym poziomie ufności pozwoli na jednoznaczne sprawdzenie prawdziwości hipotez. Takie postępowanie znacznie podnosi rangę naukową pracy i ma większe szanse na trwały i zauważalny wkład w daną dyscyplinę naukową.

Należy podkreślić, że rozprawa zawiera pierwiastki oryginalności, mimo iż porusza zagadnienia znane w literaturze światowej. Autor zdecydowanie wychodzi poza ustalone standardy i demonstruje dobry poziom wiedzy teoretycznej jak i w zakresie warsztatu numerycznego. Niestety kilkakrotnie w swojej rozprawie mgr inż. Kazimierz Józefiak powołuje się na współpracę w szerszym zespole roboczym co może wzbudzać pewien niepokój. Odnośnie jednego z kluczowych elementów rozprawy, tj. nieklasycznego elementu reologicznego Kepesa, również można mieć zastrzeżenia, na ile stanowi on samodzielny pomysł Autora ze względu na liczne cytowania pracy habilitacyjnej promotora (pozycja [105] w bibliografii). Może to być jednak zrozumiałe i akceptowalne ze względu na stosunkowo wąską dziedzinę działania aktywnego zespołu naukowego.

Rozprawa zawiera kilka zasługujących na wyróżnienie aspektów merytorycznych. Według recenzenta, wśród takich elementów należy wymienić:

- Autor zwrócił uwagę na problem w określaniu współczynnika podatności podłoża Winklera, który nie jest parametrem materiałowy i zależy od rodzaju obciążenia; Autor słusznie stwierdził, „że metody analityczne wyznaczania naprężeń w płycie betonowej powinny być korelowane z konkretnym rodzajem badania polowego wyznaczania współczynnika reakcji podłoża”,
- w rozprawie jak i pracy współautorskiej [44], Autor wykazał, że struktury reologiczne różnego typu mogą być wykorzystane do modelowania efektu jednowymiarowej konsolidacji wtórnej gruntów. W szczególności Autor pokazał porównanie modelu z wynikiem badania edometrycznego na próbce gruntu o pewnej zawartości części organicznych. Autor skonkludował, że stosując reologiczny model Burgersa szkieletu gruntowego, można otrzymać lepszą zgodność z wynikami doświadczeń niż w przypadku klasycznego rozwiązania Terzaghiego,
- Autor na podstawie rozważań w rozprawie sformułował słuszne kierunki dalszych prac, w tym:
 - uogólnienie na 3D zaproponowanego modelu jednowymiarowego do konsolidacji wtórnej gruntów,
 - opracowanie dedykowanego modelu dla dybli nawierzchni sztywnych, który umożliwi uchwycenie podatnego charakteru współpracy dybla z płytami nawierzchni betonowej
 - identyfikacja parametrów struktury reologicznej Kepesa na podstawie danych z badań edometrycznych lub izotropowej konsolidacji, w tym wskaźników odprężenia i ściśliwości.

Na zakończenie ogólnej oceny należy podkreślić, że recenzowana praca jest przygotowana na wysokim poziomie merytorycznym (w zakresie analiz numerycznych) i edytorskim. Niniejsza praca jest wyróżniającą się w tym zakresie na tle innych rozpraw w Polsce, z którymi recenzent miał styczność. Pewne braki są, według recenzenta, konsekwencją układu pracy a w szczególności

brakiem zdefiniowania precyzyjnych celów, hipotez badawczych i brakiem stosownej metodyki do ich sprawdzenia.

Uwagi merytoryczne, stylistyczne i błędy przypadkowe

- 1) str. 15: stwierdzenie „Warunkiem poprawności projektu nawierzchni jest wymóg, aby trwałość zmęczeniowa nie została przekroczona w całym okresie eksploatacji drogi.” Nie jest do końca poprawne.
- 2) str. 15: jakich „niedopowiedzi”?
- 3) str. 15: co oznacza „ekonomiczny projekt nawierzchni”?
- 4) str. 15: także metody projektowania nawierzchni sztywnych opierają się na mechanice ciała stałego
- 5) str. 15: raczej „konstrukcja nawierzchni” niż „droga”
- 6) str. 16: są też inne metody niż omówiona metoda „półprzestrzeni sprężystej”
- 7) str. 16: co oznacza „znacznie bardziej skomplikowany”?
- 8) str. 16: za jakiego powodu nawierzchnie lotniskowe „zawsze” muszą być projektowane indywidualnie?
- 9) str. 16: „dużą liczbę operacji” – określenie nieprecyzyjne
- 10) str. 16: słuszne czynniki decydujące o nośności konstrukcji nawierzchni
- 11) str. 16: „Model podłoża gruntowego przyjmowany jest jako liniowo-sprężysty” – czy na pewno jest to słuszne, przydałyby się komentarze szczególnie w kontekście tej rozprawy?
- 12) str. 17: „... płyta betonowa, jak i półprzestrzeń modelowane są za pomocą materiału liniowo – sprężystego” czy na pewno jest to słuszne?
- 13) str. 17: trwałość nawierzchni i projektowana kategoria drogi niekoniecznie są współbieżne
- 14) str. 17: komentarz o „kompromisie” jest słuszny i na miejscu
- 15) str. 18: „... oddają wystarczająco dobrze pracę” – brzmi ja spekulacja nie poparta uzasadnieniem
- 16) str. 18: „... mogą wystąpić różnego rodzaju sytuacje awaryjne” – niejasne – czy odnosi się to do innych sytuacji niż te opisane powyżej w tekście?
- 17) str. 18: małe osiadania mogą być jedną z przyczyn krótszej trwałości zmęczeniowej
- 18) str. 19: czyli dylatacja nie występuje w pracy konstrukcji nawierzchni i dlatego zastosowano niestowarzyszone prawo płynięcia?
- 19) str. 20: czy słuszne jest założenie, że dylatacja nie występuje?
- 20) str. 20 : czy na pewno HS model nie został zaprezentowany wcześniej niż 1999?
- 21) str. 21: bardzo dobrze, że Autor również uwzględnił struktury reologiczne
- 22) str. 21: jakie są inne zalety opisu fenomenologicznego?
- 23) str. 22: jaki jest powód braku równań różniczkowych?
- 24) str. 22: bardzo dobre wprowadzenie modelu Kepesa
- 25) str. 23: niejasny wkład Autora w metodę współautorską
- 26) str. 23: co oznacza „bezpieczny i efektywny” model MES?
- 27) str. 27: Katalogi typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych GDDKiA są dostępne od 2001 roku
- 28) str. 27: jak mierzona może być niezawodność w tym kontekście?
- 29) str. 28: temat „whitopping” wydaje się być poboczny
- 30) str. 29+: zdecydowanie za dużo teorii – rozprawa nie powinna być traktowana jako podręcznik teorii a powinna demonstrować przede wszystkim oryginalne wywody Autora o istotnym znaczeniu naukowym
- 31) str. 35: gdzie jest wykorzystana zmienna T_D ?
- 32) str. 39: metoda „NCHRP” jest generalnie referowana w literaturze jako MEPDG
- 33) str. 42: jak naprężenia są wyznaczone?
- 34) str. 43: rozprawa powinna zawierać odnośniki do prac prof. Lev Khazanovich, który jest głównym pomysłodawcą np. ISLAB2000 czy modułu obliczeniowego nawierzchni sztywnych w MEPDG
- 35) str. 44: dodatni gradient występuje latem czy zimą? Który sezon jest bardziej niekorzystny?
- 36) str. 46: na jakiej podstawie przyjęto współczynnik rozszerzalności cieplnej?
- 37) str. 46: co oznacza „kwantyl rzędu 1/10”?
- 38) str. 47: analiza parametryczna wymaga tutaj więcej wyjaśnienia

- 39) str. 48: przykład poświęcenia zbyt dużej uwagi narzędziu
- 40) str. 49: dlaczego współczynnik tarcia nie został włączony do analizy parametrycznej?
- 41) str. 49: 5 schematów powinno być tutaj precyzyjnie wyjaśnionych
- 42) str. 50: jest znaczna liczba publikacji na temat kontaktu opony z nawierzchnią
- 43) str. 51: czyli obliczenia są przeprowadzone w sposób niesprężony?
- 44) str. 57: bardzo słuszna dywagacja na temat współczynnika podatności podłoża Winklera
- 45) str. 59: według recenzenta, wręcz odwrotnie - większość polskich doświadczeń polega na doświadczeniach z USA, nie są „odrzucone”
- 46) str. 62: drugi paragraf od dołu nie jest jasny
- 47) str. 63+: zdecydowanie za dużo teorii (blisko 40 stron!)
- 48) str. 102 i 103: jaki jest wkład Autora w dodaniu suwaka do modelu Prantla, ponieważ Author nie jest współautorem pracy [31]
- 49) str. 105: dobre ćwiczenie wyznaczania wielkości parametrów
- 50) str. 106: z jakiego powodu Autor użył $N=20$ – wydaje się zbyt dużo elementów
- 51) str. 107: BDF jest to jedna z popularnych metod numerycznych – dlaczego Autor nie przygotował własnego programu tylko skorzystał z gotowego narzędzia?
- 52) str. 108: „autorska metoda” opisana na $\frac{3}{4}$ wydaje się bardzo skromnie... Dlaczego Autor tego nie opublikował? Należy pamiętać że dopasowanie było przeprowadzone na podstawie jednego badania i jednej próbki
- 53) str. 108: Autor powinien pokazać wartości parametrów dla 20 gałęzi modelu
- 54) str. 109: Autor sam przyznaje, że cały Rozdział 2 to „demonstracja narzędzia” ale nie jest to w jasny sposób połączone z celami rozprawy
- 55) str. 111+: za dużo teorii
- 56) str. 117: bardzo pozytywne, że Autor przeprowadził badania samodzielnie w celu weryfikacji modeli numerycznych
- 57) str. 120: bardzo pozytywne, że Autor uwzględnił model Burgersa
- 58) str. 125: bardzo ciekawe porównanie na Rys. 3.15
- 59) str. 125: ciekawe wnioski odnośnie modelu Burgersa
- 60) str. 126: Tab. 3.4 – brak komentarza / interpretacji otrzymanych wartości parametrów
- 61) str. 128: Tab. 3.5 – podobnie jak wyżej
- 62) str. 128: „Dzięki takiemu podejściu otrzymano takie same odkształcenia objętościowe podczas obciążenia w modelu liniowo-sprężystym oraz MDPC” – czy taka była hipoteza?
- 63) str. 128: Rys. 3.20 jest pozostawiony bez komentarza
- 64) str. 130: odniesienie do pracy habilitacyjnej Promotora [105] obniża oryginalność i unikalność rozprawy
- 65) str. 131 i 132: czy ta teoria została wyprowadzona przez Autora?
- 66) str. 133: rate-independent jest pojęciem szerszym niż „niezależny od skali czasu”
- 67) str. 133: jakie jest źródło wartości parametrów (na dole strony)?
- 68) str. 136: brak podsumowania Rozdziału 3: rozdział kończy się nagle bez komentarza
- 69) str. 137+: kilka uwag do Rozdziału 4: brak konkretnego celu, hipotezy; słaba i krótka analiza wyników: 10 stron teorii i założeń, po czym komentarz zajmuje 1 stronę tekstu; jak na najbardziej wyczekiwaną część rozprawy i puentę całej pracy, jest to zdecydowanie za skromnie
- 70) str. 139: jakie były uproszczenia, czy np. brak uwzględnienia tarcia?
- 71) str. 139: na jakim podstawie przyjęto współczynnik tarcia 0.8 ?
- 72) str. 140: kolumny DSM nie odpowiadają dyskusji i rozważaniom w rozprawie
- 73) str. 145: czy jest możliwe sprężone podejście?
- 74) str. 153: słuszne uogólnienie na przypadek 3D
- 75) str. 154 i 155: bardzo trafne kierunki dalszych badań wskazane przez Autora.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

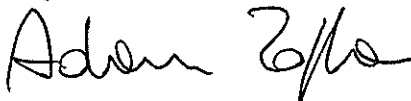
Pomimo znacznej liczby błędów czy niejasności wspomnianych powyżej, dobrze oceniam zarówno zakres oraz wykonanie rozprawy doktorskiej. Pan mgr inż. Kazimierz Józefiak wykazał się

bardzo dobrymi umiejętnościami analitycznymi i przedstawił kompleksową analizę lepkosprężystą pracy konstrukcji nawierzchni drogowej. Mam nadzieję, że Pan mgr inż. Kazimierz Józefiak będzie w przyszłości kontynuował ten kierunek i udoskonalał zaproponowane przez siebie podejście do analizy pracy konstrukcji nawierzchni. W szczególności polecam skupić się na badaniach i analizie zachowania się mm-a w warunkach ścinania z uwzględnieniem efektów lepkosprężystości oraz powiązaniem zjawiskiem dylatacji mm-a.

Niniejszym potwierdzam, że rozprawa doktorska autorstwa mgra inż. Kazimierza Józefiaka spełnia podstawowe warunki Ustawy i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Jednocześnie recenzowana rozprawa wykazuje dobrą ogólną wiedzę teoretyczną mgra inż. Kazimierza Józefiaka i potwierdza Jego umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wobec tego wnoszę o przyjęcie recenzowanej rozprawy i dopuszczenie mgra inż. Kazimierza Józefiaka do publicznej obrony przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej.

Z poważaniem,



prof. dr hab. inż. Adam Zofka