

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr. inż. Wojciecha Radwańskiego pt.:**  
**„Statystyczna ocena trwałości nawierzchni z betonu wałowanego”**

Promotor: dr hab. inż. Izabela Skrzypczak, prof. Ucz.

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Janusz Konkol, prof. Ucz.

### 1. Podstawa opracowania opinii

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Wojciecha Radwańskiego pt.: „Statystyczna ocena trwałości nawierzchni z betonu wałowanego” została wykonana na podstawie Uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej z dnia 14.06.2023 r. (pismo z dnia 15.06.2023 r.) oraz umowy na opracowanie recenzji ww. rozprawy z dnia 22.08.2023 r.

### 2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Wojciecha Radwańskiego pt.: „Statystyczna ocena trwałości nawierzchni z betonu wałowanego”. Praca została opracowana na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Izabela Skrzypczak, prof. Ucz., a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Janusz Konkol, prof. Ucz.

Rozprawa doktorska obejmuje 165 stron i składa się z: 7-miu rozdziałów merytorycznych, streszczenia w języku polskim i angielskim, spisu treści, wykazu ważniejszych oznaczeń i symboli, bibliografii (137 pozycji), spisu norm i aktów prawnych (29 pozycji), spisu rysunków i spisu tabel. W rozprawie zamieszczono 55 rysunków i 83 tabele ponumerowane i opisane. W zbiorze 137 pozycji literaturowych znajdują się 2 publikacje Autora rozprawy, obie w języku angielskim. W streszczeniu, zarówno w języku polskim jak i angielskim, zawarto słowa kluczowe oraz przedstawiono w sposób syntetyczny tematykę rozprawy, zakres rozważań oraz uzyskane efekty. Całość opracowania zawarta jest na 201 stronach.

W pracy doktorskiej można wyróżnić zarówno części teoretyczno-eksperymentalne, jak i praktyczne. W ramach części teoretyczno-eksperymentalnych omówiono problematykę prowadzenia analiz wielokryterialnych, niezawodności i modelowania konstrukcji nawierzchni z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych (MES). Część eksperymentalna i praktyczna dotyczyła zastosowania ww. metod i analiz oraz realizacji badań technologicznych niezbędnych do oceny trwałości nawierzchni z betonu wałowanego, co stanowi podstawowy problem badawczy. W pracy zidentyfikowano aktualny stan wiedzy w zakresie stosowanych metod i analiz, jak również stosowania nawierzchni drogowej z betonu wałowanego. Całość pracy zakończona jest podsumowaniem, w którym znajdują się m.in. podstawowe wnioski z przeprowadzonych prac badawczych, jak również kierunki dalszych badań.

### 3. Ocena merytoryczna rozprawy

#### 3.1. Struktura pracy

Rozprawa składa się z siedmiu rozdziałów. W pierwszym rozdziale, który stanowi wstęp znajduje się: wprowadzenie do problemu badawczego wraz z opisem struktury pracy. We wprowadzeniu została przedstawiona problematyka pracy skupiająca się głównie na potrzebie poszukiwania metod wyboru technologii realizacji nawierzchni drogowej oraz oceny trwałości nawierzchni drogowej z wykorzystaniem podejścia probabilistycznego na podstawie analiz niezawodności. We wprowadzeniu zawarty został również syntetyczny opis kolejnych rozdziałów pracy doktorskiej, szerzej opisujący 4 rozdziały (od 3-go do 6-go) z podkreśleniem wkładu autora w stan wiedzy.

Przegląd stanu wiedzy zawarty w rozdziale drugim został podzielony na 6 podrozdziałów, w tym ostatni opisujący cele i tezy pracy. Przegląd stanu wiedzy obejmował wiele aspektów wskazując na interdyscyplinarność problematyki badawczej podjętej w pracy doktorskiej. W opisie stanu wiedzy opisano zagadnienia dotyczące: zastosowania analiz niezawodności ocenie i projektowaniu konstrukcji nawierzchni drogowej, trwałości i warunków użytkowania nawierzchni drogowych, opisu zastosowania technologii betonu wałowanego do wykonywania nawierzchni z uwzględnieniem jej trwałości oraz wymagań zarządców dróg. Na podstawie przeprowadzonego przeglądu stanu wiedzy sformułowano cele i tezę pracy, które zostały zawarte w ostatnim podrozdziale (2.6). Różnorodność zagadnień ujętych w przeglądzie literatury wskazuje na umiejętność korzystania z wielu źródeł danych oraz syntetyzowania wiedzy Doktoranta, czego efektem jest przedstawiony stan wiedzy w sposób treściwy i niezbyt obszerny, co należy uznać za zaletę pracy.

Określenie celów (głównego i pośrednich) oraz tezy pracy zostało poprzedzone krótkim, acz treściwym opisem motywacji podjęcia tematu, podkreślając konieczność zastosowania metod statystycznych oraz danych pozyskanych podczas budowy, w tym danych z badań laboratoryjnych i danych eksploatacyjnych do wsparcia procesu inwestycyjnego. Konieczność wsparcia procesu decyzyjnego występuje zarówno na etapie wyboru odpowiedniej technologii budowy dróg, jak również przy wnioskowaniu o jakości mieszanek wbudowanych w warstwy nawierzchni i ocenę ich wpływu na trwałość, niezawodność i okres eksploatacji całej nawierzchni. Autor wskazuje na jeden główny cel pracy związany z opracowaniem statystycznej oceny trwałości nawierzchni drogowych z betonu wałowanego oraz czterech pośrednich naukowych celów pracy. Postawiona teza pracy zakłada równoważną propozycję stosowania trwałego i niezawodnego rozwiązania nawierzchni na drogach o niskich kategoriach obciążenia ruchem w postaci betonu wałowanego, w porównaniu do tradycyjnych technologii asfaltowej i z betonu cementowego. Ocena celów i tezy pracy została opisana w dalszej części recenzji.

W rozdziale trzecim zostały porównane powszechnie stosowane technologie budowy dróg (asfaltowe, tradycyjne betonowe) oraz technologia z betonu wałowanego. Opisana została metoda wyboru optymalnego rozwiązania z wykorzystaniem metod statystycznych, tj. normalizacji danych Hellwiga oraz hybrydowej metody autorskiej, opartej na wielokryterialnej metodzie hierarchicznej oraz metodzie Hellwiga. W rozdziale został zawarty również krótki przegląd literatury w zakresie stosowania metod wielokryterialnych do wyboru technologii nawierzchni drogowej w ujęciu ilościowym. Przedstawione w tym rozdziale analizy mają charakter ilościowy i pozwoliły na ustalenie rankingu wybranych technologii budowy dróg oraz wskazanie, że technologia betonu wałowanego może być rozważana razem z technologiami asfaltową i betonową za równoważne i współistnieć na rynku infrastruktury (w odniesieniu do dróg o niskich kategoriach obciążenia ruchem). Pewne wątpliwości może budzić kwantyfikacja podkryteriów w kryterium procesu inwestycyjnego, co zostało wskazane w dalszej części opinii.

Rozdział czwarty zawiera opis badań mieszanki oraz betonu wałowanego przeprowadzonych przez Autora. Autor w kolejnych częściach rozdziału przedstawia badania od zaprojektowania składu mieszanki do badań próbek pobranych ze zrealizowanego odcinka drogi. Całość podsumowana jest statystyczną analizą otrzymanych wyników badań. W rozdziale szczegółowo opisano zrealizowane badania obejmujące wykonanie i oznaczenie podstawowych cech fizyko-mechanicznych dla próbek wykonanych w warunkach laboratoryjnych, jak i rdzeni pobranych z poligonu badawczego oraz ze zrealizowanego w technologii betonu wałowanego odcinka drogi. Badania te pozwoliły ocenić wpływ poszczególnych składników i metod przygotowania próbek na właściwości mieszanki oraz betonu wałowanego. Na podstawie badań oznaczono moduł sztywności/Younga dla próbek rdzeniowych wykorzystywany w dalszych analizach. Pozytywnie należy ocenić bardzo duży zakres badań obejmujący badania 261 próbek, oraz przeprowadzenie porównawczych analiz statystycznych wybranych cech betonu wałowanego oznaczonych dla próbek laboratoryjnych i rdzeni, co znacznie podnosi wartość pracy. Rozdział podsumowano wartościowymi wnioskami o dużym znaczeniu praktycznym w zakresie stosowania technologii betonu wałowanego oraz porównania próbek pochodzących z różnych źródeł.

W rozdziale piątym zawarto analizy dotyczące zarówno niezawodności, jak i trwałości w odniesieniu do różnych konstrukcji nawierzchni drogowych (asfaltowych i betonowych) wraz z krótkim opisem teoretycznym. Przedstawiono przykłady szacowania niezawodności nawierzchni drogowych oraz analizę niezawodności z uwzględnieniem mechanizmu zniszczenia nawierzchni asfaltowej i nawierzchni z betonu wałowanego. Analizę niezawodności przeprowadzono stosując metodę analizy niezawodności pierwszego rzędu (FORM), szkoda że Autor nie wyjaśnia dlaczego zastosowano tą metodę. Autor w analizach niezawodności uwzględnił średnie wartości parametrów projektowych na podstawie danych literaturowych lub badań własnych, w odniesieniu do nawierzchni z betonu wałowanego, co należy uznać za bardzo wartościowe. W podsumowaniu rozdziału Doktorant porównał wartości prawdopodobieństwa zawodności dla nawierzchni asfaltowej i betonowej z betonu wałowanego i wykazał, że uzyskane wyniki są porównywalne.

Rozdział szósty zawiera analizy dotyczące oceny trwałości zmęczeniowej nawierzchni z betonu wałowanego z wykorzystaniem krzywej zmęczeniowej i modelowania metodą elementów skończonych. Autor opisał krótko model fizyczny oraz przyjęty do obliczeń semi-numeryczny model MES. W obliczeniach zostały uwzględnione obciążenia gradientem temperatury oraz od pojazdów przy różnych grubościach płyt (4 grubości) i powierzchniach płyt (2 różne wymiary powierzchni płyt). Autor przedstawił umiejętnie połączenie dotychczasowej wiedzy na temat pracy nawierzchni z betonu wałowanego, danych pozyskanych z badań eksperymentalnych, ze znajomością modelowania numerycznego. W efekcie analiz przedstawionych w rozdziale szóstym, Doktorant stawia bardzo ważne praktyczne wnioski, które mogą być wykorzystane w projektowaniu nawierzchni z betonu wałowanego.

W ostatnim rozdziale (siódmym) przedstawiono ogólne podsumowanie dysertacji, przedstawione zostały efekty pracy doktorskiej, potwierdzające zrealizowanie założonych celów pracy doktorskiej, jak również podkreślono wykazanie dowodu postawionej tezy. Wskazano również dalsze kierunki prac badawczych możliwych do kontynuowania w ramach podjętego zagadnienia.

Podsumowując należy stwierdzić, że przyjęta przez Autora struktura pracy jest poprawna. Tytuły kolejnych rozdziałów i podrozdziałów odpowiadają zawartości merytorycznej ich treści i w sposób logiczny prezentują: podjęty problem badawczy, sposób jego rozwiązania, jak również uzyskane rezultaty, co w całości prowadzi do osiągnięcia sformułowanych w rozprawie doktorskiej celów.

### **3.2. Dobór tematu i zakres pracy doktorskiej**

Recenzowana praca doktorska obejmuje problematykę oceny trwałości nawierzchni z betonu wałowanego. W prowadzonych rozważaniach Doktorant podejmuje problematykę wyboru technologii realizacji nawierzchni drogowych, badań mieszanek i nawierzchni z betonu wałowanego, analiz niezawodności nawierzchni drogowych oraz modelowania numerycznego (nawierzchni z betonu wałowanego) metodą elementów skończonych. Prowadzone prace mają na celu wykazać, że beton wałowany może stanowić alternatywną, do nawierzchni asfaltowej i tradycyjnej betonowej, propozycję trwałego i niezawodnego rozwiązania konstrukcji nawierzchni na drogach o niskich kategoriach obciążenia ruchem.

Autor motywując potrzebę podjęcia tematu trafnie zauważa luki w obecnym stanie wiedzy jak i w praktyce, stwierdzając brak systemów wspomagających proces wyboru technologii nawierzchni i metod oceny jej trwałości zmęczeniowej w odniesieniu do wybranych rozwiązań technologiczno-materiałowych (beton wałowany). Ponadto znajduje uzasadnienie do zastosowania podejścia probabilistycznego opartego na analizie niezawodności do oceny trwałości nawierzchni drogowych, które pozwalają na przewidywanie awarii lub uszkodzenia nawierzchni w warunkach niepewności wynikających z dużej liczby parametrów wejściowych i ich zmienności. Rozważania Doktoranta ukierunkowane są na zastosowanie technologii betonu wałowanego do budowy dróg o niskich kategoriach obciążenia ruchem, która jest technologią mniej rozpowszechnioną i mniej przebadaną w porównaniu do nawierzchni asfaltowych i tradycyjnych betonowych. Pomimo dostępności literatury dotyczącej mieszanki oraz nawierzchni z betonu wałowanego, jak i technologii ich wykonania, brak jest prac dotyczących analiz trwałości czy niezawodności nawierzchni wykonanych w tej technologii z wykorzystaniem w analizach badań cech fizyko-mechanicznych nawierzchni.

Tematyka pracy szeroko opisuje możliwości stosowania technologii betonu wałowanego w budowie dróg potwierdzając jej przydatność i równoważność funkcjonowania pod względem trwałości z innymi technologiami. Przedstawiona do recenzji dysertacja ma duże znaczenie praktyczne w rozwoju i upowszechnieniu stosowania nawierzchni z betonu wałowanego.

Podsumowując można stwierdzić, że przedstawiony problem badawczy w pracy jest aktualny zarówno z naukowego jak i użytecznego punktu widzenia. Temat został poprawnie sformułowany, a zakres rozważań odpowiada wymaganiom prac naukowych, co pozwoliło na osiągnięcie założonych celów pracy.

### **3.3. Ocena doboru metod do rozwiązania problemu badawczego**

Podjęta tematyka pracy doktorskiej oraz jej zakres jest zadaniem bardzo ambitnym. Autor, aby osiągnąć założone cele i potwierdzić tezę pracy musiał wykazać się interdyscyplinarnym podejściem obejmującym znajomość: metod oceny wielokryterialnej, prowadzenia analiz niezawodności, realizacji prac laboratoryjnych dotyczących badań mieszanek i nawierzchni z betonu wałowanego, modelowania numerycznego metodą elementów skończonych.

W dysertacji Autor do wyboru optymalnego rozwiązania zastosował właściwe metody wyboru pozwalające na ocenę ilościową optymalnego wariantu nawierzchni drogowej, tj. metodę statystyczną opartą o normalizacji danych Hellwiga oraz metodę hybrydową (opracowaną przez Autora), opartą na wielokryterialnej metodzie hierarchicznej oraz metodzie Hellwiga.

W zakresie badań zmierzających do oznaczenia podstawowych cech fizyko-mechanicznych dla próbek wykonanych w warunkach laboratoryjnych, jak i rdzeni pobranych z poligonu badawczego oraz ze zrealizowanego odcinka drogi w technologii betonu wałowanego Autor przeprowadził standardowe badania. Wyniki badań wybranych cech betonu wałowanego oznaczonych dla próbek laboratoryjnych i rdzeni zostały poparte właściwymi analizami statystycznymi i wnioskowaniem.

Autor oceniając niezawodność i trwałość nawierzchni z betonu wałowanego poprawnie zastosował metodę FORM, korzystając z wyników badań literaturowych oraz badań własnych do oceny wartości i postaci rozkładów zmiennych losowych. Analizy przeprowadzono uwzględniając różne rodzaje zniszczenia, a także łącząc poszczególne warstwy konstrukcyjne nawierzchni w systemy szeregowe i równoległe.

Oceny trwałości zmęczeniowej nawierzchni z betonu wałowanego została przeprowadzona z wykorzystaniem modelowania metodą elementów skończonych w programie ANSYS oraz krzywych zmęczeniowych opisanych w literaturze. Autor wykazał się wysoką znajomością procedur obliczeniowych znajdujących się w programie ANSYS.

Dobór metod przyjęty do rozwiązania problemu badawczego jest właściwy, o czym świadczy efekt końcowy pracy jakim jest oszacowania trwałości zmęczeniowej nawierzchni drogowej wykonanej w technologii betonu wałowanego. Podsumowując można stwierdzić, że Autor wybrał właściwe metody do rozwiązania problemu badawczego, co wskazuje na dojrzałość naukową Doktoranta.

### 3.4. Ocena celów i tezy pracy doktorskiej

Doktorant sformułował w pracy jeden cel główny, jakim jest *statystyczna ocena trwałości nawierzchni drogowych z betonu wałowanego*, który odpowiada tematyce całości dysertacji. Ponadto Autor zdefiniował cztery cele pośrednie, które odpowiadały czterem kolejnym rozdziałom w pracy, tj.:

1. *„Wielokryterialna ocena wybranych technologii budowy dróg, w tym zaproponowanie autorskiej hybrydowej metody oceny*

2. *Badania fizyko-mechaniczne mieszanek i betonu wałowanego przeprowadzone na próbkach laboratoryjnych oraz odwiertach rdzeniowych oraz statystyczna ocena uzyskanych wyników.*

3. *Przeprowadzenie autorskich analiz niezawodności nawierzchni drogowych z uwzględnieniem wpływu łączenia poszczególnych warstw konstrukcyjnych w modele niezawodnościowe.*

4. *Zaproponowanie autorskiej metody oceny trwałości nawierzchni RCC bazującej na krzywych zmęczeniowych i wielkościach oszacowanych z modelowania MES i danych otrzymanych z badań laboratoryjnych.”*

Przedstawione cele pośrednie mają charakter naukowy i słusznie zostały postawione ponieważ są niezbędne do zrealizowania celu głównego pracy.

W oparciu o postawione cele pracy, w niniejszej pracy podjęto próbę udowodnienia następującej tezy: *„Beton wałowany, w porównaniu do tradycyjnych technologii: asfaltowej i z betonu cementowego, stanowi równoważną propozycję trwałego i niezawodnego rozwiązania nawierzchni do stosowania na drogach lokalnych”*.

Oprócz wyżej wymienionych celów naukowych w dysertacji przewija się jeden cel użytkowy, którym było wykazanie możliwości stosowania nawierzchni z betonu wałowanego, jako równoważnego do nawierzchni asfaltowych i betonowych, na drogach o niskich kategoriach obciążenia ruchem, co zapewnia udowodnienie postawionej tezy. Cele pracy zostały zrealizowane w pełni, co pozwoliło na potwierdzenie założonej tezy pracy, Wszystkie rozważania zostały poparte wynikami zrealizowanych badań i analiz.

Cel praktyczny również został zrealizowany, a jego bezpośrednim efektem jest praktyczna implementacja autorskiej metody oceny trwałości nawierzchni z betonu wałowanego w formie nomogramu, który może być stosowany przy projektowaniu nawierzchni w tej technologii na drogach o niskich kategoriach obciążenia ruchem (od KR1-KR4).

### 3.5. Wartość naukowa i oryginalność rozprawy – Osiągnięcia Autora

Jednoznacznie można stwierdzić, że przeprowadzenie statystycznej oceny trwałości nawierzchni w technologii betonu wałowanego świadczy o oryginalności pracy. Badania, w tak przedstawionym zakresie w ujęciu całościowym nie były dotychczas publikowane. Ponadto wyniki pracy w praktyce mogą się przyczynić do racjonalnych decyzji o wyborze technologii wykonania nawierzchni drogowych.

Do najistotniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta przedstawionych w rozprawie można zaliczyć

- Interdyscyplinarne podejście do statystycznej oceny trwałości nawierzchni z betonu wałowanego,
- Wykazanie możliwości stosowania technologii betonu wałowanego jako technologii równoważnej do najczęściej stosowanych technologii (asfaltowej i betonowej) na drogach o niskich kategoriach obciążenia ruchem,
- Opracowanie i zastosowanie metody wielokryterialnej do oceny ilościowej wyboru optymalnego rozwiązania technologii nawierzchni opartej o połączenie metod Hellwiga i AHP,
- Przeprowadzenie szerokich, wnikliwych, porównawczych badań fizyko-mechanicznych betonu wałowanego na próbkach laboratoryjnych oraz rdzeniowych z wybranych miejsc realizacji takich nawierzchni,
- Przeprowadzenie analizy niezawodności nawierzchni drogowych z wykorzystaniem metody FORM, przy różnych rodzajach zniszczenia, analizując systemy szeregowe i równoległe poprzez połączenie poszczególnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni,
- Właściwe wykorzystanie narzędzi i dostępnych danych do analiz numerycznych w ocenie trwałości nawierzchni z betonu wałowanego w programie ANSYS oraz przeprowadzenie obliczeń numerycznych,
- Praktyczna implementacja autorskiej metody oceny trwałości nawierzchni z betonu wałowanego w formie nomogramu, który może być stosowany przy projektowaniu nawierzchni w tej technologii na drogach o niskich kategoriach obciążenia ruchem.

## 4. Uwagi szczegółowe i pytania do rozprawy

### 4.1. Uwagi o charakterze merytorycznym i wątpliwości

Biorąc pod uwagę wątpliwości, które pojawiły się w trakcie przygotowywania recenzji poniżej zestawiono uwagi i komentarze o charakterze merytorycznym, które wymagają wyjaśnienia:

1. W tabeli 3.3(8) zdefiniowano podkryteria wraz z ich kwantyfikacją do oceny wielokryterialnej. Na jakiej podstawie przyjęto wartości dotyczące procesu inwestycyjnego?
2. Czy zastosowanie metody FORM w analizach niezawodnościowych jest wystarczające? Czy rozważano zastosowanie innych metod?
3. Z czego wynikają różne wartości modułu Younga płyty betonowej obciążonej kołem pojazdu i temperaturą (tab. 6.1)?
4. Na jakiej podstawie przyjęto model powierzchni kontaktu opony z warstwą ścieralną w modelowaniu MES (brak odniesienia do literatury)? Jak duży wpływ na wyniki obliczeń może mieć przyjęcie innego kształtu?
5. Czy uwzględniano i w jaki sposób warstwę poślizgową z geowłókniny w obliczeniach numerycznych?
6. Jak można wyjaśnić duże zakresy zmienności nośności zmęczeniowej konstrukcji (liczby cykli obciążeń kołem Nkr prowadzące do zniszczenia warstwy betonu wałowanego) uzyskane na

- podstawie 3 analizowanych krzywych zmęczeniowych. Jaki jest ich wpływ na wyniki dalszych obliczeń, skoro liczba obliczonych cykli obciążenia różni się nawet ponad 10-krotnie?
7. Jakie kryteria zniszczenia zmęczeniowego wraz z ich kwantyfikacją zawierają krzywe zmęczeniowe, którymi Autor posługuje się w pracy?
  8. Czy analizowano wielkość deformacji strukturalnych w podłożu przy analizie nawierzchni z betonu wałowanego z wykorzystaniem MES?

#### 4.2. Uwagi o charakterze redakcyjnym

Przedstawiona do recenzji praca doktorska jest napisana poprawnym językiem, ale nie jest pozbawiona błędów stylistycznych, redakcyjnych i edycyjnych, które częściowo zostały wskazane poniżej:

1. Występujące skróty również obcojęzyczne powinny być objaśniane przy pierwszym wystąpieniu w tekście, dotyczy to również stosowanych metod, np. FORM,
2. Nadużywane jest słowo „dokonać”, które stosuje się w sytuacjach doniosłych, bardzo ważnych. W przypadku pracy stosowane jest ono jako synonim słowa przeprowadzić, zrealizować, zrobić.
3. Występują nieliczne braki przypisów do literatury, co ułatwiłoby czytanie rozprawy, np. do rys. 3.2, tabl. 5.1-5.3.
4. Występują nieliczne błędy w przypisach tabel i wzorów, spowodowane prawdopodobnie aktualizowaniem spisu treści, np.: str. 49 (tab. 3.2, winno być 3.7), str. 76 (tab. 5.5, winno być 4.5).
5. Należy ograniczać stosowanie odniesień do dużej liczby pozycji literaturowych w jednym przypisie, zwłaszcza w późniejszych publikacjach.
6. Wartości indeksów we wzorze 5.3 są błędne.
7. Występuje niezgodność pomiędzy parametrami zawartymi w tabeli 5.9 a opisem występującym po tejże tabeli, odnoszącym się bezpośrednio do niej.
8. W pracy doktorskiej występują nieliczne błędy literowe (np. str. 159, *nawietrzni*, winno być *nawierzchni*).

Wyżej wymienione uwagi i wątpliwości w większości nie mają wpływu na wysoką ocenę rozprawy doktorskiej, a ich wykorzystanie może podnieść jej jakość przed ewentualną publikacją wyników pracy.

#### 5. Podsumowanie i wniosek końcowy

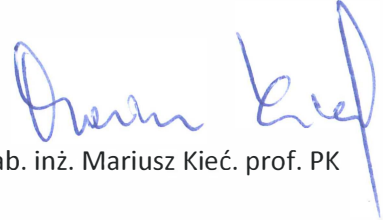
Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Wyznaczone przez mgr. inż. Wojciecha Radwańskiego cele rozprawy, mające walory naukowe, zostały osiągnięte. Całość rozprawy doktorskiej stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wskazuje na odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej Autora w reprezentowanej dyscyplinie naukowej oraz umiejętność samodzielnego postawienia problemu naukowego, prowadzenia badań i rozwiązania go. Rozprawa ma bardzo duży potencjał aplikacji do celów praktycznych.

Biorąc pod uwagę ocenę całości pracy jej zakres oraz dojrzałość naukową Doktoranta stwierdzam, że zasługują one na wyróżnienie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej.

Rozprawa mgr. inż. Wojciecha Radwańskiego pt.: „Statystyczna ocena trwałości nawierzchni z betonu wałowanego” spełnia warunki określone w art. 13 Ustawy 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) oraz uwzględniając art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) **wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej o jej przyjęcie i dopuszczenie Pana mgr. inż. Wojciecha Radwańskiego do publicznej obrony.**



dr hab. inż. Mariusz Kieć. prof. PK