

Prof. dr hab. inż. Władysław Gardziejczyk
Politechnika Białostocka
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku

Białystok, dnia 14.09.2024 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr. inż. Michała Wróbla

pt.: *Oporność na działanie wody i mrozu mieszanek mineralno-asfaltowych wytwarzanych w technologii asfaltu spienionego dodatkiem zeolitów*

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania recenzji stanowiła Umowa o dzieło nr WB-2024/07/01 na wykonanie recenzji w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora z przeniesieniem praw autorskich zawarta w dniu 15.07.2024 r. pomiędzy Politechniką Lubelską, reprezentowaną przez prof. dr. hab. inż. Wojciecha Franusa – Prorektora ds. nauki Politechniki Lubelskiej, a moją osobą, jako recenzentem.

Recenzję przygotowano uwzględniając zapisy zawarte w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742, z późn. zm.).

2. Ogólna charakterystyka i ocena układu pracy

Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Wojciech Franus. Praca liczy 172 strony i składa się z dwóch głównych części, wykazu skrótów i symboli, streszczenia (w języku polskim i w języku angielskim), wniosków końcowych oraz perspektyw badawczych, bibliografii, spisu tabel, spisu rysunków, spisu fotografii oraz załączników. Doktorant w słowach kluczowych nie wskazał zeolitów w sytuacji gdy rozpoznanie właściwości asfaltów spienionych zeolitami jest jednym z głównych celów rozprawy doktorskiej.

Pierwszą część rozprawy doktorskiej stanowią rozdziały 1 i 2, a część druga – rozdziały 3 i 4. W rozdziale 1 (*Przegląd literatury*) Doktorant omówił dotychczasowe badania nad mieszanekami mineralno-asfaltowymi na ciepło, w tym wytwarzanymi w technologii asfaltu spienionego z zeolitami. Przedstawił korzyści oraz ograniczenia wynikające przy ich

stosowaniu w nawierzchni drogowej. W pracy szczególną uwagę poświęcono odporności mieszanek mineralno-asfaltowych wytwarzanych w technologii asfaltu spienionego zeolitami na działanie wody i mrozu. Zaprezentowano metody badawcze związane z odpornością na działanie wody i mrozu oraz przedstawiono możliwe działania prowadzące do poprawy mrozoodporności takich mieszanek.

W rozdziale 2 (*Problem naukowy, cele i zakres pracy*) Doktorant wskazał problem naukowy polegający na potrzebie bardziej dogłębnego poznania właściwości reologicznych lepiszczy z dodatkiem zeolitów oraz mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło wytwarzanych w technologii asfaltu spienionego zeolitami z dodatkiem środków adhezyjnych i wapna hydratyzowanego pod kątem poprawy ich mrozoodporności.

W rozprawie doktorskiej sformułowano następujące cele szczegółowe:

1. Ocena właściwości reologicznych i procesów adhezyjnych w asfaltach spienionych poprzez dodatek zeolitów.
2. Określenie wpływu środków adhezyjnych i wapna hydratyzowanego na przyczepność asfaltu do kruszywa oraz odporność na wodę i mróz mieszanek mineralno-asfaltowych.
3. Wyznaczenie korelacji pomiędzy odpornością na działanie wody i mrozu mieszanek mineralno-asfaltowych a adhezją spienionego asfaltu wyznaczoną na podstawie swobodnej energii powierzchniowej.

Opracowanie programu badawczego poprzedzono przeglądem literatury z zakresu tematyki rozprawy doktorskiej. W programie badań wyróżniono następujące główne etapy:

- przeprowadzenie badań materiałów wejściowych, w szczególności asfaltu i zeolitów oraz opracowanie ich charakterystyki,
- określenie ilości i rodzaju dodatku materiału zeolitowego, badanie i ocena właściwości niskotemperaturowych asfaltu spienionego oraz parametrów powierzchniowych,
- zaprojektowanie mieszanek mineralno-asfaltowych z ustaleniem optymalnej ilości środków adhezyjnych oraz wykonanie mieszanek z asfaltem spienionym zeolitami i ich badania.

Wyniki badań poddano analizie statystycznej. W pracy podjęto próbę wyznaczenia zależności pomiędzy parametrami opisującymi odporność mieszanek na działanie wody i mrozu a parametrami związanymi ze swobodną energią powierzchniową.

W części drugiej rozprawy omówiono materiały stosowane w badaniach i metodykę badawczą (rozdział 3) oraz przedstawiono wyniki badań własnych i ich analizę (rozdział 4). W rozdziale 3 (*Materiały stosowane w badaniach oraz metodyka badawcza*) przedstawiono charakterystykę materiałów wykorzystywanych w badaniach (asfalt, zeolity, kruszywa, środki

adhezyjne) wraz ze stosowaną aparaturą badawczą oraz sposobem przygotowania materiałów do badań. Szczegółowo omówiono badania zeolitów oraz asfaltu spienionego zeolitami. W przypadku wartości swobodnej energii powierzchniowej, jej składowych i parametrów pochodnych podano matematyczny sposób ich wyznaczania wraz ze wskazaniem podejścia do analizy w przypadku swobodnej energii powierzchniowej dla kruszyw. Omówiono dobór optymalnej ilości środka adhezyjnego, projekt i przygotowanie do badań mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem zeolitów oraz opisano wykonywane badania. W sposób szczegółowy przedstawiono metody analizy statystycznej wyników wraz z uzasadnieniem wykorzystania testów: ANOVA Welcha, Gamaes-Howell'a, RESET Ramseya.

W rozdziale 4 (*Wyniki badań własnych*) w podrozdziałach 4.1 i 4.2 scharakteryzowano asfalt drogowy 50/70 oraz kruszywa wybrane do badań (dolomit, granodioryt, wapień) wraz z podaniem wymagań normowych pod kątem ich przydatności do projektowanych mieszanek z betonu asfaltowego w odniesieniu do kategorii ruchu KR3 – KR4.

Doktorant w podrozdziale 4.3 omówił wyniki wybranych do badań zeolitów prezentując: typy struktur zeolitowych, składy chemiczne i charakterystyki morfologiczne, właściwości strukturalne, uziarnienie i charakterystyki termiczne. W przypadku poszczególnych badań podano metodę ich wykonania. Wyniki badań zaprezentowano w tabelach i na rysunkach wraz z ich analizą i komentarzami.

W podrozdziale 4.4 przedstawiono wyniki badań lepkości asfaltu z wytypowanymi zeolitami w stosunku 0%, 3%, 5% i 7% do masy asfaltu oraz wskaźnika ekspansji i okresu półtrwania jako parametrów oceniających proces spieniania asfaltu. Po stwierdzeniu, że zeolit NaX okazał się najmniej efektywny w aspekcie spieniania asfaltu w temperaturach technologicznych badanych mieszanek został on wykluczony z dalszych etapów badań. W odniesieniu do dwóch pozostałych zeolitów (NaA, NaP1) wykonano próby spieniania asfaltu w skali laboratoryjnej i wyznaczono wskaźniki ekspansji asfaltu spienionego zeolitem i okresy półtrwania. Na podstawie wyników badań lepkości dynamicznej asfaltu z dodatkiem zeolitów oraz wskaźnika ekspansji i okresu półtrwania podjęto decyzję o dozowaniu zeolitów w ilości 5% masy asfaltu.

W podrozdziale 4.5 zamieszczono wyniki badań właściwości niskotemperaturowych asfaltów spienionych dodatkiem zeolitów określonych w reometrze zginanej belki BBR. Stwierdzono przyrost modułów sztywności w założonych temperaturach pomiarowych, co może być związane z pozostałością zeolitów w procesie spieniania i prowadzić do poprawy odporności na deformacje trwale wykonywanych mieszanek z betonu asfaltowego.

Na podkreślenie w tym podrozdziale zasługują rozważania Doktoranta nad problemem traktowania zeolitu jako substytutu wypełniacza w mieszance mineralno-asfaltowej.

W podrozdziałach 4.4 i 4.5 Doktorant przeprowadził merytoryczną dyskusję nad uzyskanymi wynikami lepkości dynamicznej asfaltu z dodatkami zeolitów oraz ich charakterystyki niskotemperaturowej w powiązaniu z wynikami innych badaczy.

Swobodna energia powierzchniowa asfaltu oraz jej składowe i istotne parametry pochodne są przedmiotem badań i rozważań w podrozdziale 4.6. Podane w podrozdziale 3.2.3 założenia wyznaczania w sposób matematyczny całkowitej swobodnej energii powierzchniowej oraz jej składowych stanowiły podstawę analiz w odniesieniu do asfaltu drogowego 50/70 z dodatkiem zeolitów. Doktorant wprowadził przy tym zróżnicowany sposób kondycjonowania próbek przed badaniem oraz zastosował metodę kropli leżącej przy wykorzystaniu trzech cieczy pomiarowych. Ustalenie kątów zwilżania cieczami pomiarowymi umożliwiło poznanie swobodnej energii powierzchniowej i jej składowych. W celu określenia zależności w układzie asfalt-kruszywo i asfalt-woda-kruszywo Doktorant wykorzystał dane literaturowe opisujące właściwości powierzchniowe kruszyw w celu wyznaczenia pracy adhezji w warunkach suchych i mokrych. Przedstawiona szczegółowa analiza wyników wskazuje na potrzebę kontynuowania prac nad swobodną energią powierzchniową i jej składowymi z uwzględnieniem dodatku zeolitów do asfaltu oraz warunków kondycjonowania.

W podrozdziale 4.7 przedstawiono badania i analizę wyników powinowactwa asfaltu do kruszywa według metody butelkowej w celu doboru optymalnej ilości środków poprawiających adhezję asfaltu spienionego zeolitami do kruszyw w mieszance mineralno-asfaltowej. Badano wpływ Stardope 130P, Stardope 386G oraz wapna hydratyzowanego zastępującego w pewnej części wypełniacz. W przypadku badania próbek z dodatkiem wapna pomijano dodatek zeolitów, aby nie wprowadzać do asfaltu zbyt dużej ilości ciała stałego. Na podstawie uzyskanych wyników ustalono ilości dodatków środków poprawiających odporność na działanie wody i mrozu (0,4% w stosunku do masy asfaltu) oraz 20% dodatku wapna hydratyzowanego masowo jako zastąpienie części dodawanego wypełniacza.

W podrozdziale 4.8 przedstawiono wyniki badań właściwości fizykomechanicznych mieszanek mineralno-asfaltowych (zawartość wolnych przestrzeni, odporność na działanie wody i mrozu). Potwierdzono brak istotnego wpływu dodatku zeolitów, dodatków adhezyjnych i wapna hydratyzowanego oraz obniżenia temperatur technologicznych mieszanek WMA na zawartość wolnych przestrzeni. Ustalone wartości były zbliżone w porównaniu z wynikami dla mieszanek referencyjnych, przy spełnieniu wymagań zawartych w WT-2 2014, zarówno w przypadku mieszanki AC11S jak i mieszanki AC16W (kategoria ruchu KR3-KR4).

W badaniach odporności mieszanek na działanie wody i mrozu zaplanowano zastosowanie procedury z jednym i z 50 cyklami zamrażania-rozmrażania oraz wykorzystanie klasycznej procedury wyznaczania wskaźnika ITSR. Wartości wskaźników wytrzymałości na pośrednie rozciąganie próbek z zestawu suchego (ITSd), zestawu mokrego po jednym cyklu kondycjonowania (ITSw) i po 50 cyklach kondycjonowania (ITSw50) oraz obliczonych wskaźników ITSR badanych mieszanek do warstwy ścieralnej i warstwy wiążącej przedstawiono na rysunkach 57 – 66. Doktorant w sposób szczegółowy przedstawił analizę i dyskusję wyników. Wskazał na występujące różnice pomiędzy wynikami w zależności od warunków badania i charakterystyki badanych mieszanek oraz zaznaczył pozytywny wpływ wapna hydratyzowanego podkreślając potrzebę zwrócenia uwagi na jego ilość w zależności od przeznaczenia warstwy, kategorii ruchu i stosowanych kruszyw.

W rozprawie Doktorant określił korelacje pomiędzy parametrami związanymi ze swobodną energią powierzchniową i odpornością na działanie wody i mrozu mieszanek mineralno-asfaltowych, reprezentowaną przez ITSR (podrozdział 4.9). Miało to na celu wskazanie metody uproszczonej umożliwiającej ocenę mrozoodporności mieszanki mineralno-asfaltowej wytworzonej na bazie danego asfaltu i kruszywa. Analizie poddano mieszanki wytworzone na podstawie wyników z wcześniejszych etapów pracy z uwzględnieniem asfaltu, kruszywa, środka adhezyjnego i zeolitów, przy wykorzystaniu autorskiej metodyki badawczej w zakresie sposobu przygotowania i kondycjonowania próbek asfaltu w badaniach SEP. Stwierdzono istnienie korelacji liniowej pomiędzy parametrami związanymi ze swobodną energią powierzchniową a wytrzymałością i odpornością na działanie wody i mrozu, w szczególności w przypadku mieszanek kondycjonowanych w wodzie i ciśnieniu 40 kPa.

Wnioski końcowe oraz perspektywy badawcze są przedmiotem rozdziału 5.

Wykaz literatury (rozdział 6) obejmuje 185 pozycji, w tym ponad 90% w języku angielskim. 65% prac było opublikowanych w latach 2014-2024, a 30% w latach 2020-2024. Doktorant jest współautorem 4 prac naukowych wymienionych w rozdziale 6. Zdaniem recenzenta w bibliografii należało wykazać także normy, nawet dlatego, że w pracy doktorskiej w wielu przypadkach podano jedynie ich numer.

W Załącznikach przedstawiono wyniki średnich kątów zwilżania próbek asfaltu z zeolitami i dodatkami, wyniki analizy lepkości dynamicznej z uwzględnieniem wielu zmiennych charakteryzujących badane materiały i warunki badań oraz wyniki analizy powinowactwa asfaltu i kruszywa z dodatkiem środków adhezyjnych w metodzie butelkowej z uwzględnieniem założonych warunków badania.

Podsumowując stwierdzam, że układ pracy jest poprawny, a kolejność prezentowanych treści nie budzi zastrzeżeń. Wprawdzie objętość rozdziałów jest zróżnicowana, lecz wynika to z wagi poruszanych problemów w poszczególnych częściach pracy.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Aktualność tematyki

Mieszanki mineralno-asfaltowe wytwarzane na gorąco są energochłonne i niekorzystne z punktu widzenia ochrony środowiska. Ważnym problemem jest w takiej sytuacji rozwój technologii wytwarzania mieszanek na ciepło, wbudowywanych w temperaturze obniżonej o około 30°C. Należy przy tym zapewnić wymagane wartości parametrów użytkowych nawierzchni, między innymi w zakresie odporności na działanie wody i mrozu. Zaprezentowany w rozprawie doktorskiej i zrealizowany program badań spełnia takie warunki i w związku z tym uważam, że tematyka pracy doktorskiej jest bardzo aktualna.

3.2. Problem naukowy, cele i zakres pracy

Sformułowany problem naukowy spełnia warunek oryginalności w zakresie rozpoznania właściwości reologicznych asfaltu spienionego zeolitami oraz lepszego poznania mieszanek mineralno-asfaltowych wytwarzanych na ciepło z punktu widzenia destrukcji nawierzchni drogowych w warunkach obniżonych temperatur poprzez rozszerzenie badań ponad procedury obecnie zapisane w wytycznych technicznych w Polsce.

Sformułowane cele szczegółowe pracy i zakres badań nie budzą istotnych zastrzeżeń. Pewne wątpliwości wynikają z faktu założenia już na wstępnym etapie badań jednego typu mieszanki mineralno-asfaltowej i kategorii ruchu KR3-KR4. Jednak uwzględnienie w badaniach trzech zeolitów, dodatków adhezyjnych i wapna hydratyzowanego, przy założeniu zróżnicowanych warunkach kondycjonowania oraz zwiększonej liczby cykli zamrażania-rozmrażania, stanowią uzasadnienie tak ustalonego zakresu pracy.

3.3. Program badawczy

Przegląd literatury z zakresu tematyki rozprawy doktorskiej, wykonanie badań materiałów wejściowych (asfaltu, kruszyw, zeolitów) oraz mieszanek mineralno-asfaltowych pod kątem badania ich odporności na działanie wody i mrozu stanowi o poprawnie przygotowanym programie badawczym. Analizy statystyczne wyników badań nie budzą zastrzeżeń. Na podkreślenie zasługuje ich uporządkowana prezentacja w części zasadniczej pracy oraz zestawienie wyników analiz w załącznikach.

Wykorzystanie profesjonalnej aparatury badawczej oraz umiejętność analizy wyników potwierdza dobre przygotowanie Doktoranta do prowadzenia samodzielnych badań naukowych, analizy wyników i poprawnego wnioskowania.

W związku z powyższym opracowany i zrealizowany program badawczy oceniam pozytywnie.

3.4. Najważniejsze osiągnięcia naukowe i ocena kierunków dalszych badań

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy z naukowego punktu widzenia należy zaliczyć:

- dokonanie oceny właściwości reologicznych i procesów adhezyjnych w asfaltach spienionych zeolitami,
- rozpoznanie procesów destrukcyjnych w mieszankach mineralno-asfaltowych w technologii na ciepło z dodatkiem środków adhezyjnych i wapna hydratyzowanego w warunkach obniżonych temperatur przy standardowej i zwiększonej liczby cykli zamrażania-rozmrażania,
- sprawdzenie istnienia korelacji liniowej pomiędzy parametrami związanymi ze swobodną energią powierzchniową asfaltu a odpornością mieszanek na działanie wody i mrozu.

Doktorant sformułował kierunki dalszych badań obejmujące:

- rozwój uproszczonych metod wyznaczania mrozoodporności mieszanek mineralno-asfaltowych,
- kontynuowanie badań asfaltów spienionych w zakresie innych właściwości reologicznych oraz w zakresie doboru alternatywnych środków poprawiających adhezję o pochodzeniu odpadowym i niskiej kosztowności,
- prace nad wykorzystaniem destruktu asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych na ciepło z asfaltem spienionym zeolitami pod kątem korzyści ekonomiczno-środowiskowych i sprawdzenia efektu synergii.

Zaprezentowane perspektywy badawcze potwierdzają, że Doktorant szczegółowo rozpoznał sytuację w zakresie prac badawczych w tematyce rozprawy doktorskiej prowadzonych w Polsce i w innych krajach. Zdaniem recenzenta należało wskazać także problem wykorzystania zeolitów w innych typach mieszanek mineralno-asfaltowych niż beton asfaltowy, np. w SMA i w mieszankach o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni (BBTM, SMA LA). Doktorant w podsumowaniu niektórych badań widzi potrzebę ich kontynuacji lub rozszerzenia, lecz nie znalazło to odbicia w zaproponowanych kierunkach dalszych badań, np. wpływ dodatku zeolitów na różne lepiszcza, w tym na asfalty modyfikowane polimerami (str. 90).

3.5. Uwagi szczegółowe

3.5.1. Uwagi redakcyjne

1. Załączniki – nie zostały odpowiednio opracowane w pracy doktorskiej, nie podano ich tytułów, nie zostały one wymienione w podobny sposób jak tabele, rysunki i fotografie, a ich oznaczenie jako kolejnych tabel czy rysunków uważam za niewłaściwe.
 2. Rysunki i tabele:
 - lepszym rozwiązaniem byłoby powiązanie numeracji rysunków, tabel i fotografii z numeracją rozdziałów,
 - wskazana byłaby poprawa czytelności niektórych rysunków: nr 17 (rysunek bardzo poprawnie opracowany pod względem merytorycznym, lecz plan badawczy przedstawiono w sposób nieczytelny – na ½ strony, czcionka zbyt mała); rysunki 67 – 118 są nieczytelne,
 3. Praca została napisana poprawnym językiem, występują jednak nieścisłości w zapisach, potoczne i ogólnikowe sformułowania, drobne błędy stylistyczne i błędy interpunkcyjne (takich błędów jest stosunkowo dużo) oraz tzw. literówki. Przykłady:
 - „„WT-2 – wytyczne techniczne nr 2 (str. 6),
 - zapisy „ takie jak” – pisane bez żadnych znaków interpunkcyjnych,
 - „ badacze z Wileńskiego Uniwersytetu technicznego” str. 30,
 - „„... mieszanka przeszła testy laboratoryjne” – str. 39/40,
 - „natężenie ruchu na odcinku próbnym było znikome ... „ – str. 42,
 - „ Właściwości tekstualne” – str. 57,
 - stosowanie zapisu „MMA” zamiast „mieszanka mineralno-asfaltowa”.
 4. Odwołania do literatury: w wielu przypadkach odwołania do literatury zostały błędnie umieszczone (na końcu akapitów), dotyczy to głównie rozdziału 1. Przykłady: str. 14: w podpisie Rys. 1 – poz. 4; str. 15 – poz. 5; str. 18 – poz. 17; str. 19 – w podpisie Rys. 5 – poz. 19; str. 24 – poz. 30; itd.
- 3.5.2. **Uwagi merytoryczne** (do wyjaśnienia w ramach publicznej obrony rozprawy doktorskiej)
1. Doktorant w przeglądzie literatury, w analizie wyników nadużywa pojęcia „mieszanka mineralno-asfaltowa”. Jak wiadomo w nawierzchniach drogowych są stosowane mieszanki różnych typów, a w rozprawie doktorskiej badano tylko

mieszanki z betonu asfaltowego. W szczególności w odniesieniu do ich wodoodporności bardzo ważne znaczenie ma zawartość wolnych przestrzeni. W pracy zabrakło nawiązania do mieszanek o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni, np. SMA LA czy BBTM ostatnio stosowanych do warstwy ścieralnej, w tym na drogach niższych kategorii. Czy znane są Panu np. wyniki badań wodoodporności takich mieszanek?

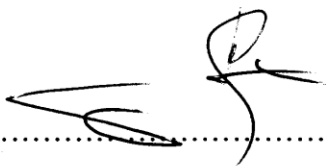
2. Pomimo zapisu w podrozdziale 2.1 o znaczeniu obciążenia ruchem samochodowym w aspekcie trwałości infrastruktury drogowej w rozprawie praktycznie zabrakło odniesienia do natężenia ruchu i jego struktury rodzajowej. Czy rzeczywiście w cytowanych publikacjach aspekt obciążenia ruchem samochodowym w nawiązaniu do wodoodporności mieszanek w technologii na ciepło nie był dotychczas badany ?
3. Jakie były podstawy założenia kategorii ruchu KR3-KR4 przy ustalaniu programu badań, a tym samym projektowania badanych mieszanek mineralno-asfaltowych? Czy na podstawie uzyskanych przez Pana wyników badań oraz analizy literatury można wskazać jakie problemy mogą pojawić się przy zastosowaniu zeolitów w mieszankach o zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni, przy innych mieszankach i innych kategoriach ruchu ?
4. Zdaniem recenzenta podjęta próba opracowania uproszczonej metody oceny mieszanki mineralno-asfaltowej na podstawie parametrów swobodnej energii powierzchniowej zakończyła się tylko częściowym sukcesem, a problem wymaga dalszych badań i analiz. Potwierdzają to także zapisy w rozprawie doktorskiej na str. 116, na przykład, dotyczy to odniesienia do korelacji ujemnych i dodatnich pomiędzy parametrami powiązаныmi z swobodną energią powierzchniową a odpornością na działanie wody i mrozu. Czy Pana zdaniem, na podstawie ustalonych zależności, można na obecnym etapie sugerować proponowaną metodę uproszczoną do wykorzystania w praktyce ?
5. Wnioski końcowe przedstawiono w sposób zbyt ogólny. Pomimo, że w pracy dokonano szeregu istotnych ustaleń, zarówno w odniesieniu do asfaltu spienionego zeolitami jak i mieszanek mineralno-asfaltowych w technologii na ciepło, we wnioskach końcowych zabrakło jednoznacznych stwierdzeń wynikających z badań własnych i potwierdzających osiągnięcie celów pracy. Stosowanie we wnioskach zwrotów: „mogą mieć”, „możliwe jest”, „można w tej technologii ..” jest mało przekonujące.

4. Podsumowanie

Przedłożoną do recenzji rozprawę doktorską, pomimo przedstawionych uwag i wskazanych niedociągnięć, oceniam pozytywnie. Doktorant wykonał niezbędne badania, przedstawił szczegółową analizę ich wyników i wskazał także kierunki dalszych badań.

Uwzględniając zapisy zawarte w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742, z późn. zm.) stwierdzam, że problem naukowy został rozwiązany w sposób oryginalny, a cele pracy zostały osiągnięte.

W związku z powyższym, przedkładam Radzie Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej wniosek o dopuszczenie do publicznej obrony rozprawy doktorskiej pt.: ***Odporność na działanie wody i mrozu mieszanek mineralno-asfaltowych wytwarzanych w technologii asfaltu spienionego dodatkiem zeolitów***, przygotowanej przez mgr. inż. Michała Wróbla.



.....
prof. dr hab. inż. Władysław Gardziejczyk