Prof. dr hab. inż. Marcin Koniorczyk
Katedra Fizyki Materiałów Budowlanych
i Budownictwa Zrównoważonego
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Politechnika Łódzka

Łódź, 05.03.2025 r.

Recenzja
Rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Małgorzaty Szafraniec
pt. „Właściwości betonu modyfikowanego związkami krzemoorganicznymi oraz nanocelulozą"

1. Przedmiot i podstawa opracowania recenzji

Przedstawiona rozprawa doktorska dotyczy tematyki z zakresu technologii materiałów budowlanych oraz fizyki budowli, zatem mieści się dziedzinie nauki inżynieryjno-techniczne, dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Biorąc pod uwagę zapisy zawarte w art. 187 ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" (z późniejszymi zmianami), przedmiotem oceny jest sprawdzenie czy monografia naukowa przedstawia oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Formalną podstawę przygotowania recenzji stanowi pismo z dnia 9 stycznia 2025 adresowane do mnie przez dra hab. inż. Tomasza Lipeckiego prof. uczelni Zastępcę Przewodniczącego ds. Postępowań Awansowych Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Lubelskiej, z informacją o wyznaczeniu mnie, zgodnie z Uchwałą Rady nr 2024/XII/05 z dnia 18.12.2024 r., do pełnienia funkcji recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Szafraniec pt.: „Właściwości betonu modyfikowanego związkami krzemoorganicznymi oraz nanocelulozą". Do pisma załączono kopię pracy doktorskiej i stosowne dokumenty. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Danuta Barnat-Hunek prof. uczelni, a promotorem pomocniczym dr inż. Jacek Góra.

2. Tematyka i zawartość rozprawy

Rozprawa doktorska liczy 282 strony i składa się kolejno z następujących części: spisu treści, spisu symboli, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz 8 rozdziałów, bibliografii, wykazu norm, spisu tabel i rysunków oraz załączników. Zaprezentowany układ nie

jest optymalny, liczba rozdziałów i długość wybranych powinna być zmodyfikowana, np. rozdział 4 (opis badań) – każde oznaczenie opisano w osobnym podrozdziale (ok. 20 podrozdziałów na 17 stron). Uzyskane wyniki badań są przedstawione w dwóch podrozdziałach rozdziału siódmego (ok 80 stron). Układ jest nieczytelny, co w znaczący sposób utrudnia analizę przedstawionych wyników.

We wstępie Autorka zwięźle zasygnalizowała zagadnienia, jakie będą poruszane w dalszej części pracy, tj. hydrofobizację materiałów cementowych oraz zastosowanie nanocelulozy. Wskazano brak informacji w literaturze dotyczących wpływu równoczesnego stosowania tych dwóch materiałów na właściwości betonu.

W kolejnym rozdziale dokonano przeglądu aktualnej literatury dotyczącej wybranych zagadnień z technologii betonu. W szczególności skoncentrowano się na klasyfikacji pustek obecnych w stwardniałym betonie. Powołano się na kluczowe pozycje literatury krajowej (Rusin) oraz zagranicznej (Jennings, Monteiro, i inni). Przedstawiono zagrożenia i wymagania technologiczne dla betonu eksponowanego na korozyjne środowisko zgodnie z zapisami normowymi, tj. PN-B-06265. Następnie omówiono wpływ hydrofobizacji na właściwości kompozytów cementowych. Zgonie z PN-EN 1504 wyszczególniono trzy główne rodzaje modyfikacji powierzchni: hydrofobizację, impregnację oraz pokrywanie powierzchni. Opisano metody pomiaru skuteczności stosowanej modyfikacji hydrofobowej oraz możliwości jej degradacji poprzez uszkodzenia ciągłości warstwy. Jak słusznie zauważyła Autorka dodanie środka hydrofobizującego do mieszanki betonowej (hydrofobizacja objętościowa, wewnętrzna) może stanowić rozwiązanie problemu uszkodzenia ciągłości powierzchni hydrofobowej. Następnie przedstawiono charakterystykę, plusy i minusy silanów i siloksanów stosowanych w budownictwie. Zwrócono także uwagę na środki stosowane do hydrofobizacji w masie, głównie sole kwasów tłuszczowych. W dalszej części rozdziału opisano nanocelulozę, jej morfologie oraz zastosowanie w budownictwie. Autorka wykazała się dobrą znajomością literatury w obrębie przedstawionych zagadnień, choć można tu dostrzec pewne braki zwłaszcza dotyczące opisu reakcji hydratacji cementu oraz szerszego omówienia zastosowania stearynianów do hydrofobizacji zarówno powierzchniowej jak również w masie, co jest przedmiotem badań naukowców już od kilku dziesięcioleci. Na podstawie przeprowadzonych studiów literaturowych mgr Szafraniec wskazała możliwość poprawienia wybranych własności betonów poprzez zastosowanie nanucelulozy oraz związków krzemoorgranicznych oddzielnie. Jednoczesne zastosowanie nanucelulozy i związków krzemoorgranicznych w kompozytach cementowych może dawać efekt synergiczny znacząco poprawiający właściwości betonu. Ten obszar badawczy nie był eksplorowany w dotychczasowych badaniach.

W rozdziale trzecim Autorka przedstawiła problem naukowy, jaki zamierza rozwiązać oraz zakres wykonanych badań. Na podstawie wykonanej kwerendy bibliograficznej Autorka zdefiniowała jedną hipotezę naukową, tj.: zastosowanie nanocelulozy i związków krzemoorgranicznych w betonie spowoduje wydłużenie jego trwałości. Hipotezę zamierza udowodnić poprzez wykonanie obszernego programu badawczego, który składa się z następujących punktów: opis cech wyprodukowanej nanocelulozy oraz preparatów na bazie związków krzemoorganicznych i nanocelulozy, opracowanie wielowariantowych receptur betonu, określenie wybranych cech mieszanki betonowej i betonu z zaproponowaną modyfikacją, analizę wyników oraz wnioski końcowe. Następnie krótko opisano cztery innowacje naukowe zaproponowane przez Doktorantkę. Rozdział trzeci powinien być rozszerzony o szczegółowy opis zakresu prowadzonych badań – część rozdziału czwartego.

Czwarty rozdział zawiera opis zakresu badań własnych i zastosowane procedury badawcze. W tym rozdziale wymieniono podstawowe właściwości, jakie zamierza określić Doktorantka, oraz podano metodologię i techniki badawcze służące do ich określania. Ze względu na materiał, którego dotyczą, podzielono je na cztery grupy: nanoceluloza, środki hydrofobizujące, mieszanka betonowa, stwardniały beton. Opisano szereg procedur badawczych, które służą do określania własności przedstawionych na Rysunku 4.1. Wielkość próbek wykorzystywanych w wybranych badaniach (porozymetria rtęciowa, dyfuzyjność,) nie spełnia warunku dotyczącego zachowania objętości reprezentatywnej. W ostatniej części rozdziału czwartego opisano parametry i metody statystyczne, wykorzystywane podczas analizy wyników: podano liczebność próby, granice przedziału ufności dla wyznaczania poszczególnych parametrów, itd. Testowanie statystyczne wykonano przy pomocy analizy wariancji Welcha oraz testu t Studenta, w których poziom istotności przyjęto na poziomie 0,05. Testy wykonano przy pomocy oprogramowania R.

W piątym rozdziale zawarto opis materiałów wykorzystanych do badań. Beton wykonano na kruszywie naturalnym z cementem CEM I 42,5R. Opisano autorską metodę wytworzenia nanocelulozy z makulatury, którą opatentowano (nr 244045). Jest to bardzo cenne osiągnięcie Doktorantki, które może w przyszłości przyczynić się do szerszego wykorzystania tego materiału, ograniczyć koszty oraz przyczynić się do zwiększenia recyklingu odpadów. Szczegółowo opisano szereg właściwości nowo otrzymanego materiału przy wykorzystaniu następujących technik badawczych: FTIR, DVS, XRD, SEM, TEM, itp. Rozdział zakończony jest opisem procesu łączenia związków krzemoorganicznych z nanocelulozą, który był przeprowadzony przy pomocy mieszarki ultradźwiękowej. Nie odnalazłem nazwy związku/ów

krzemoorganicznych jakie wykorzystano w badaniach, a jedynie ich symbole handlowe. Proszę o informacje jakie związki krzemoorganiczne występowały w wykorzystanych produktach.

Rozdział szósty opisuje sposób przygotowania próbek i sposoby modyfikacji właściwości betonów. Zajmuje on tylko dwie strony. Rozdział szósty powinien stanowić część rozdziału piątego, który jest zatytułowany „Charakterystyka materiałów", tym bardziej że Autorka często odnosi się do zapisów rozdziału piątego. W pracy przeanalizowano w sumie 22 betony różniące się ilością oraz rodzajem zastosowanych domieszek. W czternastu zastosowano modyfikację strukturalną, w kolejnych siedmiu betonach preparat hydrofobizujący naniesiono na powierzchnię oraz wykonano beton referencyjny, niemodyfikowany.

W kolejnym rozdziale szeroko opisano otrzymane wyniki badań eksperymentalnych. Zostały one podzielone na dwie części. Pierwsza dotyczy właściwości mieszanki betonowej a druga właściwości betonów. Oznaczono trzy cechy mieszanki betonowej: konsystencja (metodą Vebe), gęstość oraz zawartość powietrza. Wprowadzone modyfikacje upłynniają mieszankę betonową oraz, dla większości receptur, powodują redukcje gęstości poprzez zwiększenie zawartości powietrza. Analogiczne zmiany parametrów fizycznych zaobserwowano dla betonów. Wzrost porowatości, wskutek modyfikacji strukturalnej, spowodował wzrost lub niewielką redukcję nasiąkliwości wagowej. Znaczące zmniejszenie nasiąkliwości wagowej zaobserwowano dla betonów hydrofobizowanych powierzchniowo, zwłaszcza betonu SC30. Analogiczne zależności wykazano dla nasiąkliwości powierzchniowej, przy czym najskuteczniejsza okazała się domieszka SC30 oraz WS808 wraz z nanocelulozą krystaliczną. Zastosowane modyfikacje przyspieszają zdolność do odparowania wody. Badania łuszczenia wskutek krystalizacji soli wykazały, że hydrofobizacja powierzchniowa może znacząco polepszyć właściwości betonów. Badania kąta zwilżania wody i glikolu oraz energii swobodnej wykonano dla próbek przed oraz po przyspieszonym starzeniu promieniowaniem UV. Dla większości analizowanych betonów starzenie spowodowało zmniejszenie kąta zwilżania, choć dla części zaobserwowano wzrost, np. SC30 (bez oraz z nanocelulozą). Szkoda, że Autorka nie zamieściła rozważań nad przyczyną takich zmian. Mając na uwadze otrzymane wyniki chciałbym zapytać, czy podobne wartości kątów zwilżania oznaczono dla powierzchni kruszywa i zaczynu oraz ile oznaczeń wykonano dla jednej próbki (wartości odchylenia standardowego są bardzo małe)? Rysunek 7.69 sugeruje, że swobodna energia powierzchniowa dla części betonów, np. CIT, CIT-NF, itp., przed i po starzeniu wynosiła 0 mN/m, co chyba nie jest prawdą. Stosowane modyfikacje znacząco redukują (prócz NP.-1.0 i WS808) wytrzymałość na ściskanie betonów. Najmniejszy spadek wytrzymałości zaobserwowano dla betonów zawierających środek CIT bez nanocelulozy lub z NF. Niemniej

zastosowanie wszystkich środków krzemoorganicznych powoduje spadek wytrzyamałości betonów o więcej niż 15% w stosunku do betonu referencyjnego a więc nie spełniają zapisów normy określającej wymagania dla domieszek uszczelniających. W kontekście badań mrozoodporności zastanawiający jest wynik uzyskany dla betonu referencyjnego (w/c=0,55 spadek wytrzymałości po 150 cyklach mrozowych jedynie o 5%). Zauważyć można, że poza dwoma przypadkami (NP i WS808-NP) spadek wytrzymałości wskutek ekspozycji na cykle mrozowe jest większy niż dla betonu referencyjnego.

W ostatnim rozdziale zwięźle i trafnie opisano wnioski, jakie można wyciągnąć z wykonanych badań. Doktorantka zwróciła uwagę, że niezwykle trudno jest dobrać odpowiedni zestaw środków zapewniający optymalizację cech betonów pod względem absorpcji wody, odporności na krystalizację soli, wytrzymałości na ściskanie oraz mrozoodporności. Tylko stosowanie domieszek dwuskładnikowych (zawierających nanocelulozę prostokątną) umożliwia wytworzenie betonów spełniających przyjęte wymagania. W tym rozdziale Autorka wskazała, że poprzez wykonanie bardzo szerokiego programu badawczego udało się jej udowodnić postawioną hipotezę badawczą (szkoda, że jedną).

Zawartość dysertacji pozwala stwierdzić recenzentowi, że Kandydatka posiada ogólną wiedzę teoretyczną, wymaganą na poziomie pracy doktorskiej w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Ponadto sposób ustalenia programu badań świadczy o zdobyciu przez Doktorantkę umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

3. Ocena rozprawy

Głównymi wyzwaniami stojącymi aktualnie przed gospodarką a w szczególności przed technologią materiałów budowlanych jest ograniczenie śladu węglowego oraz szerzej śladu środowiskowego wyrobów budowlanych. W swojej pracy badawczej Doktorantka wychodzi naprzeciw tym wyzwaniom w kilku aspektach.. Zaproponowana technologia wytwarzania nanocelulozy z kartonów może efektywnie ograniczyć produkcję odpadów, przyczyniając się do spełnienia wymagań stawianych gospodarce opartej na cyklu zamkniętym. Woda oraz substancje w niej rozpuszczone powodują zniszczenie matrycy betonowej oraz stali zbrojeniowej w wyniku szeregu procesów korozyjnych jak: wzrost etryngitu wskutek korozji siarczanowej, karbonatyzacja otuliny betonowej, krystalizacja soli, rozsadzanie betonu wskutek cyklicznego zamarzania wody, korozja stali inicjowana przez chlorki i wiele innych. Efektywna hydrofobizacja betonów i generalnie materiałów na bazie cementu przyczynia się do ograniczenia ich zniszczenia w wyniku oddziaływania korozyjnego a tym samym przyczynia

się do wydłużenia cyklu użytkowania elementów i konstrukcji budowlanych. Zwiększenie trwałości obiektów budowlanych będzie skutkowało zmniejszeniem oddziaływania na środowisko, jaki wywiera przemysł budowlany. Na tej podstawie pozytywnie oceniam wybór tematyki pracy doktorskiej jako potrzebny i aktualny.

Praca zawiera opis bardzo szerokiego cyklu badań naukowych dotyczących efektywności stosowania hydrofobizacji oraz nanocelulozy w celu wydłużenia trwałości modyfikowanych betonów. W wyniku przedstawionych badań Doktorantka uzyskała kombinację modyfikacji, które pozwalają wyprodukować beton spełniający cechy jakie postawiono we wstępie dysertacji, tzn. wydłużenie trwałości betonu eksponowanego na wybrane czynniki agresywne. Niestety, struktura dysertacji nie jest optymalna. Podział treści na rozdziały i podrozdziały nie ułatwia czytelnikowi analizy bardzo licznych badań wykonanych i opisanych przez Doktorantkę.

Zastosowana analiza statystyczna nie wnosi praktycznie żadnych nowych elementów, które pozwoliły by na wyciągnięcie oryginalnych wniosków dotyczących efektywności stosowanych modyfikacji, a jedynie stwierdzenia, że różnice pomiędzy określonymi parametrami wyznaczonymi dla betonu referencyjnego i betonów zawierających środki hydrofobowe i nanocelulozę różnią się istotnie lub nie. Potwierdzeniem tych spostrzeżeń może być fakt, że w ostatnim rozdziale, gdzie Doktorantka zawarła wnioski, nie znajduje się ani jedno zdanie dotyczące wykonanej analizy statystycznej.

4. Uwagi

W rozdziale drugim zawierającym przegląd literatury powinien znaleźć się obszerny opis reakcji hydratacji minerałów tworzących cement wykorzystany w badaniach. W pracy wykorzystano hydrofobizację wewnętrzną betonu (w masie), zatem obecność tej domieszki będzie wpływać na przebieg procesu hydratacji cementu.

Wzór (4.12) określa absorpcję kapilarną. Nasiąkliwość jest cechą materiału związaną z porowatością otwartą określoną zgodnie z wzorem (4.7). Współczynnik absorpcji kapilarnej określa szybkość wnikania wody do materiału i zależy od porowatości oraz kształtu i wielkości porów. W moim przekonaniu określenie nasiąkliwość w tym kontekście stosuje się niewłaściwie.

Uwagi dotyczące wielkości próbek i zachowania objętości reprezentatywnej:

1. W oznaczeniu odporności na krystalizację soli wykorzystano próbki o wymiarach 5x5x5cm. Takie próbki nie spełniają wymagania zachowania objętości

reprezentatywnej dla betonu dlatego wyniki nie można uznać za wiarygodne. Podobne uwagi odnoszą się do oznaczenia paroprzepuszczalności betonu.

2. Cechy jakiego materiału mierzono wykonując pomiar rozkładu wielkości porów (MIP) sorpcji wilgoci (DVS), gdzie próbki mają objętość mniejszą niż 1 cm^3.

Opis działania porozymetrii rtęciowej. Cytując wzór Washburna Autorka powinna przywołać oryginalną pracę, a nie prace znacznie późniejsze, np. Ishikiriyamam i in. 1995, Badnarska Koniorczyk 2019.

Wzór 4.16, co to jest średnica krytyczna porów? Cytowana zależność opisuje średnicę wejścia do danej pustki zakładając, że jest ona cylindryczna.

Wzór 4.20 zawiera błąd, *n* to liczba danych a nie zbiór danych.

na stronie 81 oraz w Tabeli 5.1 zadeklarowano, że wskaźnik w/c wszystkich wykonanych betonu jest równy 0,55. Dlaczego wybrano taką wysoką wartość wskaźnika w/c, aktualnie wykonuje się betony o w/c rzadko przekraczającej 0,45.

Uwagi dotyczące analizy statystycznej:

1. Rozkład wielkości kryształów nanocelulozy: Rys 5.11-5.13. Dlaczego przyjęto rozkład normalny? Histogramy bardziej przypominają rozkład lognormalny.
2. Parametry struktury betonów – Tabela 7.3. Odchylenie standardowe wyznaczone dla gęstości i gęstości pozornej wynoszą 0,00 lub 0,01 g/cm^3. Jak doktorantka otrzymała próbki praktycznie nie różniące się od siebie? Rozrzuty omawianych wielkości są praktycznie zerowe, co może budzić wątpliwość, zwłaszcza mając na uwadze wyniki innych naukowców. Dla ilu próbek określono te wyniki? Dla części betonów suma porowatości i szczelności jest różna od jedności!
3. Własności mieszanki betonowej – Tabela 7.1. Odchylenie standardowe wyznaczone dla konsystencji, gęstości i zawartości powietrza wynoszą zero. Uwagi jak wyżej. Po co wykonywać dla takich prób analizę statystyczną?
4. Na stronie 112, po wykonaniu testów statystycznych, Autorka zauważa, że przynajmniej jeden z betonów charakteryzuje się inną wartością średnią analizowanych parametrów niż pozostałe i obiecuje przeprowadzić analizę post-hoc. W rzeczywistości jest tylko jedno zdanie komentarza do Tabeli 7.4. Dlaczego nie przeprowadzono analizy statystycznej różnic parametrów pomiędzy betonami modyfikowanymi (wielowymiarowa analiza). Wówczas można by zidentyfikować pewne trendy oraz modyfikacje parametrów betonów, które są najbardziej obiecujące podczas procesu optymalizacji składu mieszanki betonowej względem określonych kryteriów (wydłużenie trwałości). Analiza statystyczna przeprowadzona przez Doktorantkę

pozwala stwierdzić, że zaproponowana modyfikacja powoduje istotną, w większości przypadków, zmianę parametrów betonu względem betonu referencyjnego. W tym punkcie chciałbym prosić o szersze omówienie zastosowanych testów statystycznych wraz z odpowiednim przykładem i wnioskami, jakie można wyciągnąć na ich podstawie.

Doktorantka w dysertacji weryfikuje prawdziwość postawionej hipotezy badawczej a nie jak jest napisane tezy. Teza jest stwierdzeniem lub częścią twierdzenia, które wymaga odpowiedniego uzasadnienia, dowodu. Znaczna część pracy poświęcona jest statystycznemu weryfikowaniu hipotez dotyczących związków pomiędzy cechami betonów modyfikowanych. Naturalnym wydaje się sformułowanie ogólnej hipotezy, którą następnie można zweryfikować, przy pomocy zastosowanej metodologii. W pracy widoczny jest brak wniosków wyciągniętych na podstawie przeprowadzonej szerokiej analizy statystycznej.

Proszę wyjaśnić termin „wilgotność względna powierzchni" pojawiający się na stronie 106.

Szczegółowo opisano proces kondycjonowania próbek poddanych modyfikacji powierzchniowej, natomiast pominięto opis procesu kondycjonowania próbek modyfikowanych strukturalnie. W jakich warunkach przebiegał proces dojrzewania betonu w próbkach modyfikowanych strukturalnie? Z moich doświadczeń wynika, że ma to duże znaczenie dla efektywności zabiegu hydrofobizacji.

Rysunek 7.13 i podobne, sugeruję zmianę opisu osi rzędnych z „Nasiąkliwość wagowa" na „Zawartość wilgoci".

Rysunek 7.20 przedstawia zawartość wilgoci w funkcji czasu, a nie nasiąkliwość wagową.

Rysunek 7.20. Jaką powierzchnię reprezentują wyniki? Dlaczego dla części betonów jest tak duży udział tlenu a mały wapnia.

W rozdziale na str. 147, zatytułowano „Analiza betonów NP.-1.0 i WS808-NP-0.5 wraz z analizą przyczyn wzrostu wytrzymałości i mrozoodporności", przy czym wyniki dotyczące mrozoodporności odnalazłem dopiero na str. 191.

W żadnej tabeli nie napisano, że współczynnik zmienności jest w %.

Rysunek 7.83. Dlaczego porowatość w pomiarze grawimetrycznym jest mniejsza niż wyznaczona w porozymetrze rtęciowym? W jakiej temperaturze suszono beton (m0 wzór 4.1)? Jak duża była próbka/piknometr do oznaczeń dla wzoru 4.2? Czy spełniono warunek o objętości reprezentatywnej podczas wyznaczania gęstości betonu?

Rys. 7.76, 7.77, itp. Co oznacza „Częstość [%]". Częstość =100% dla pustek najmniejszych?

Brak spisu treści załączników.

Rozdziały powinny rozpoczynać się od nowej strony.

5. Wnioski końcowe

W rozprawie doktorskiej mgr inż. Małgorzata Szafraniec przedstawiła wyniki badań dotyczące modyfikacji betonu związkami krzemoorganicznymi i nanocelulozą. Taka kompozycja domieszek miała na celu wyprodukowanie betonu o właściwościach hydrofobowych, a także wydłużonej odporności na czynniki agresywne, w tym cykliczne działanie niskich temperatur oraz krystalizację soli, przy jednoczesnym ograniczeniu redukcji wytrzymałości na ściskanie. Pomimo znacznego ograniczenia absorpcji kapilarnej wody, obniżenie wytrzymałości na ściskanie betonów modyfikowanych związkami krzemoorganicznymi często wyklucza je z grupy materiałów stanowiących domieszki uszczelniające do betonu. Mgr inż. Małgorzata Szafraniec poprzez realizację badań opisanych w rozprawie doktorskiej odnalazła efektywną modyfikację betonu stosując kombinację związku krzemoorganicznego i nanocelulozy. Przedstawione badania wymagają dalszego rozwoju, co podkreśliła Doktorantka definiując kierunki dalszych badań.
Wysoko oceniam współautorstwo Doktorantki w trzech patentach oraz jednym zgłoszeniu patentowym.

Na podstawie rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Małgorzaty Szafraniec mogę stwierdzić, że zaproponowana teza badawcza została udowodniona. Dysertacja spełnia wymagania ustawowe. Autorka osiągnęła oryginalne rozwiązania problemów naukowych, a także wykazała się ogólną wiedzą w ramach dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz umiejętnością samodzielnego planowania i realizacji badań naukowych.

Uwagi zawarte w przedstawionej recenzji nie umniejszają osiągnięciom Autorki, a mają wywołać refleksję nad analizą otrzymanych wyników, co może pozwolić na wyciągnięcie głębszych i ogólniejszych wniosków podczas realizacji przyszłych badań.

Stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Szafraniec pt. „Właściwości betonu modyfikowanego związkami krzemoorganicznymi oraz nanocelulozą" spełnia wszystkie kryteria właściwe dla rozpraw doktorskich, w związku z czym stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.