

Prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak

Poznań, 18.11.2024

Instytut Budownictwa

Politechniki Poznańskiej

ul. Piotrowo 6

60-965 Poznań

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pana mgr inż. Krzysztofa Granatyra z Politechniki Białostockiej

pt.: ***Geopolimerowe warstwy ochronne w nawierzchniach drogowych***

## 1. Podstawa opracowania opinii

Podstawę opracowania opinii stanowią

- pismo Pani prof. dr hab. inż. Katarzyny Zabielskiej - Adamskiej Przewodniczącej Rady Naukowej Wydziału Budownictwa i Nauk o Środowisku Politechniki Białostockiej z dnia 9.10.2024, zlecające wykonanie opinii rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Granatyra z Politechniki Białostockiej pt.: ***Geopolimerowe warstwy ochronne w nawierzchniach drogowych***,

- mowa o dzieło Nr 82/WBiNS/2024 z dnia 30 października 2024 dotycząca wykonania opinii j.w. zawarta między stronami: Politechniką Białostocką, reprezentowaną przez prof. dr hab. inż. Władysława Gardziejczyka Dyrektora Instytutu Inżynierii Lądowej a Politechniką Poznańską, której przedstawicielem jest prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak zatrudniony w Instytucie Budownictwa.

Przygotowując opinię kierowałem się dostarczonym maszynopisem rozprawy przygotowanym przez mgr inż. Krzysztofa Granatyra, USTAWĄ z dnia 20 lipca 2018r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz.1668), § 6 ust.4 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich ... (Dz.U. z 2018, poz. 261) a także art.13 ust.1 Ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 poz. 595 z późn. zm.).

## 2. Przedmiot, cel i zakres pracy

Recenzowana praca doktorska Pana mgr inż. Krzysztofa Granatyra z Politechniki Białostockiej dotyczy – w szerszym kontekście – możliwości zastosowań w praktyce i cech

WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I NAUK O ŚRODOWISKU  
Politechniki Białostockiej

WPLYNĘŁO dnia 26.11.2024r.

Podpis 



Recenzowana praca doktorska Pana mgr inż. Krzysztofa Granatyra z Politechniki Białostockiej dotyczy – w szerszym kontekście – możliwości zastosowań w praktyce i cech użytkowych spoiw aktywowanych alkalicznie , a w węższym – zastosowań w budownictwie komunikacyjnym geopolimerów jako warstw ochronnych dla nawierzchni drogowych. O ile kontekst energetyczny stosowania spoiw bezcementowych jest w zrównoważonym budownictwie niezwykle wysoko oceniany , o tyle wykorzystanie geopolimerów z udziałem popiołu może być w drogownictwie utrudnione , głównie ze względu na masowe zapotrzebowanie w krótkim przedziale czasu na kompozyt o trudnej jednak urabialności i o krótkim czasie użyteczności technologicznej .

Zdając sobie sprawę z tych ograniczeń Doktorant za cel swoich badań obrał opracowanie metodyki modyfikacji właściwości fizycznych , chemicznych i mechanicznych geopolimerów z krzemionkowego popiołu lotnego dla zastosowań w drogownictwie i sformułował tezę rozprawy iż „ W wyniku zastosowania betonu geopolimerowego możliwym jest uzyskanie trwalszych nawierzchni drogowych ” a jako cel przyjął „Opracowanie technologii betonu geopolimerowego, który dzięki swoim właściwościom będzie pełnił funkcje zabezpieczające nawierzchnie drogowe ”. W praktyce uwaga doktoranta skupiła się na geopolimerowych cienkich warstwach ochronnych dla nawierzchni bitumicznych

Promotorem pracy jest Pan prof. dr hab. inż. Michał Bołtryk, znany w kraju i zagranicą specjalistka od materiałów budowlanych i właściwości betonu. Tematyka pracy doktorskiej wpisuje się zatem jednoznacznie w naukowe zainteresowania Promotora. Chciałbym także zaznaczyć, iż w ostatnich latach recenzowałem kilka prac doktorskich ze szkoły naukowej prof. M. Bołtryka i dostrzegam w ostatniej rozprawie elementy kontynuacji z poprzednich prac ( K. Falkowski, J. Popławski, N. Stankiewicz).

Maszynopis rozprawy jest obszerny i zawiera 241 stron tekstu ze 121 rysunkami, 78 tabelami i jednym załącznikiem. Zacytowano 200 artykułów, rozdziałów z monografii lub rozporządzeń oraz 25 norm.

### **3. Omówienie rozprawy**

Rozprawa składa się z wstępu i 8 rozdziałów zasadniczych : rozdziału przeglądowego literatury , dwóch krótkich rozdziałów przedstawiających tezę, cel i zakres pracy oraz uzasadnienie podjęcia takiej tematyki badań, trzech rozdziałów przedstawiających materiały, program i wyniki badań z ich analizą , analizę SWOT i wnioski. Całość kończą : spis





literatury cytowanej w tekście , spisy tabel i rysunków , streszczenia w języku polskim i angielskim oraz Załącznik 1 :Opis zgłoszeniowy wynalazku PL 442270 A1 pt.: *Sposób wykonania asfaltowej nawierzchni drogowej z warstwą z betonu geopolimerowego.*

Merytorycznie rozprawa dzieli się na dwie części :

- pierwszą , bardzo obszerną, związaną z badaniami laboratoryjnymi właściwości geopolimerów i konstrukcji projektowanej nawierzchni asfaltowej,

- drugą ( objętościowo skromniejszą) obejmującą opis badań terenowych wykonanych w skali technicznej i związanych z ułożeniem na podbudowie stabilizowanej cementem nawierzchni asfaltowej chronionej od góry 3 cm warstwą geopolimeru krzemionkowego.

Badania laboratoryjne są wielowątkowe ale przyjęte z zamiarem eliminacji czynników nieprzydatnych dla realizacji celu pracy, o ile nie przyczyniają się one do istotnych zmian jakościowych i ilościowych.

Procedury pierwszej części obejmowały następujące etapy.

Wykonanie podstawowych badań geopolimerów z przyjęciem trzech stężeń aktywatora i dodatkiem zeolitu . W efekcie do dalszych badań przyjęto 3 stężenia aktywatora ale zrezygnowano z dodawania zeolitu ( mimo jego zgodności chemicznej z popiołem lotnym) ze względu na wzrost nasiąkliwości geobetonu i niższe cechy mechaniczne.

Przeprowadzenie szerszych badań geopolimeru z ukierunkowaniem na zastosowania w drogownictwie. Przyjmując kilka wariantów składów zapraw ( w tym mieszanki kruszywowej)

i rozwinięcia powierzchni stykowej warstw wybrano optymalną zawartość zaprawy i uziarnienia kruszywa oraz zrezygnowano z wytłoczeń w postaci półwałków ( choć teoretycznie powinien być to zabieg korzystny).

Dokonanie wyboru receptury geopolimerowego kompozytu drogowego pod kątem jego zagęszczanie przez wałowanie. Stąd dodatkowe badania wpływu grubości warstwy i szczepności międzywarstwowej kompozytu na wybór materiałowy tej warstwy.

Badania główne geobetonu przydatnego dla drogownictwa. Kolejne modyfikacje materiałowe ( dodatek emulsji kationowych ) oraz wykonanie specjalistycznych badań drogowych (koleinowanie , szorstkość , ścieralność itp.) oraz strukturalno-materiałowych dla ostatecznego ustalenia receptury i przyjęcia jej do badań terenowych.

Sprawdzenie wybranej receptury betonu geopolimerowego pod kątem wymagań dla betonów stawianych przez GDDKiA. Stąd obszerne badania wytrzymałościowe materiału i jego odporności na wpływy środowiskowe ( odporność na sole odladzające i cykliczne



zamarzanie). Potwierdzenie zgodności cech projektowanego kompozytu z wymaganiami GDDKiA.

Po takich przygotowaniach danych wyjściowych przedstawionych na pierwszych 184 stronach opracowania wykonano badania terenowe jako część drugą, wdrożeniową rozprawy (strony 185 – 208). Po wielokierunkowych, wariantowych badaniach przeprowadzonych w części pierwszej ostatecznie przyjęto w badaniach terenowych w warstwie wierzchniej 12-molowy roztwór NaOH w aktywatorze oraz 55% udział zaprawy w składzie geobetonu w 3 cm warstwie ochronnej. Jako warstwy wiążącej użyto betonu asfaltowego AC16W35/50 o grubości warstwy 8 cm. Podbudowę zasadniczą stanowi trylinka drogowa/kostka brukowa wyrównana zaprawą cementową (wg rys. 6.50 a nie opisu w pracy).

Tok rozumowania i argumentacji jest bardzo logiczny, wyraźnie wskazujący cel do którego Autor rozprawy zmierza.

#### **4. Uwagi ogólne i dyskusyjne**

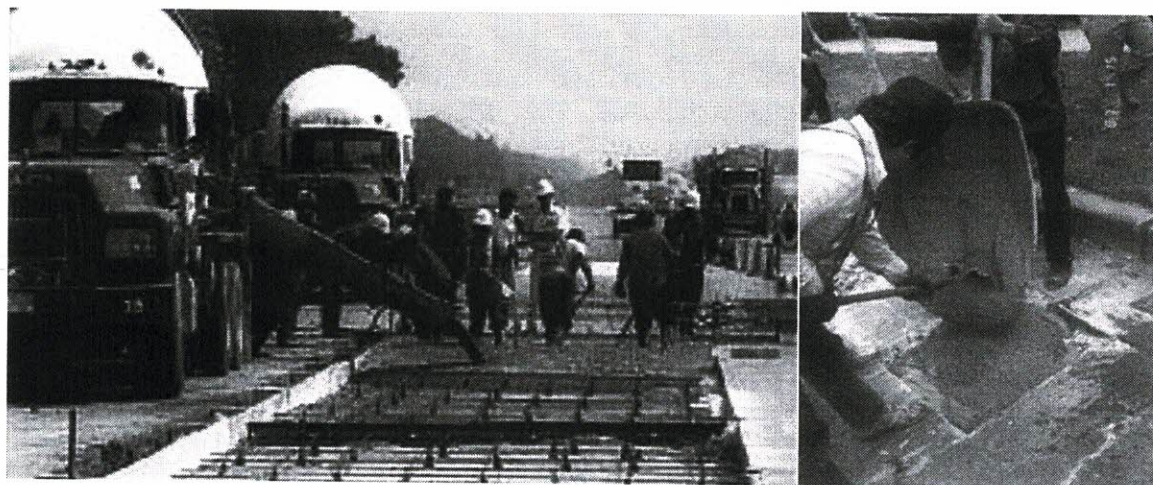
Bez wątpienia problem spoiw alternatywnych w stosunku do cementu od dawna interesuje świat zajmujący się badaniami naukowymi. W tym obszarze spoiwa aktywowane alkalicznie zajmują od wielu lat poczesne miejsce. Od kilku lat obserwujemy zalew publikacji, szczególnie chińskich (ale także licznych krajowych), na temat betonów geopolimerowych. Wszyscy naukowcy zgodnie uznają, że najwybitniejszym propagatorem idei jest Joseph Davidovits, a Jego pozycja książkowa pt.: *Geopolymer Chemistry and Applications*. Saint Quentin, France, Geopolymer Institute, 2008, jest podstawową w tej tematyce.

W kontekście jednak opiniowanej rozprawy chciałbym wskazać na inną publikację, a mianowicie: Prof. Dr. Joseph Davidovits :*30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Applications. Market Trends and Potential Breakthroughs*. Geopolymer Conference, October 28-29, 2002, Melbourne, Australia. Prezentacja konferencyjna zawierała 30 slajdów opisujących kolejne opracowane zastosowania geopolimerów od 1972 roku we Francji, Europie i USA. Koncepcja chemii geopolimerów została opisana w 1979 wraz z utworzeniem organizacji naukowej non-profit Institut de Recherche sur les Géopolymères (Instytut Geopolimerów). Pierwszy patent Davidovits/Sawyer został złożony 22 lutego 1984 r. w USA i zatytułowany „Wczesny polimer mineralny o wysokiej wytrzymałości” a odpowiadający mu patent europejski, złożony w 1985 r., nosi tytuł „Wczesny beton o wysokiej wytrzymałości”. Pozostając w tym kierunku badań wynaleziono w USA syntetyczny cement o nazwie PYRAMENT o zastosowaniach w drogownictwie. Świadczą o tym dwie poniższe fotografie z cytowanej pracy. Należy podkreślić, że w przeciwieństwie do





konwencjonalnego cementu portlandzkiego, cementy geopolimerowe nie opierają się na tlenku wapnia i nie podlegają karbonatyzacji. Ten kwasoodporny glinokrzemianowy cement twardnieje szybko w temperaturze pokojowej i zapewnia wytrzymałość na ściskanie zakresie 20 MPa już po 4 godzinach w temperaturze 20°C, przy testowaniu zgodnie z normami nanoszony na zaprawy spoiw hydraulicznych. Ostateczna 28-dniowa wytrzymałość na ściskanie to 70-100 MPa.



Rys.1. Wykorzystanie cementu PYRAMENT do naprawy dróg w USA. Podkreślono możliwość nanoszenia warstw naprawczych na tradycyjnych podkładach ze spoiw hydraulicznych

Zacytowane przykłady wcześniejszych zastosowań geobetonów korzystnie świadczą o podjętym przez Kandydata kierunku badań zarówno co do spoiw aktywowanych alkalicznie jak i zastosowań w drogownictwie.

Istnieją jednak wątki dyskusyjne o których poniżej.

- 1) Wysoka emisyjność CO<sub>2</sub> przy produkcji cementu portlandzkiego.** To prawda, ale dotyczy to jedynie cementów zwykłych produkowanych jeszcze metodą moką. Emisja gazów cieplarnianych do atmosfery przekraczała wówczas 900 kg eq. CO<sub>2</sub> na tonę klinkieru cementowego. Dzięki dokonywanej transformacji technologicznej i ograniczaniu zawartości klinkieru w cemencie drastycznie spadła emisyjność produkcyjna (obecnie średnio o 400 kg/t), by po 2025 zlikwidować produkcję cementu CEM I, a po 2030 ograniczyć emisyjność o 80- 90 %, by w dalszych latach ograniczyć emisyjność do 0.
- 2) Niewielki lub wręcz niekorzystny wpływ zeolitu na właściwości geopolimeru.** Zeolity (uwodnione glinokrzemiany sodu i wapnia, w rzadszym stopniu baru, strontu, potasu, magnezu, manganu) a także inne materiały zbliżone składem są generalnie przydatne przy syntezie geopolimerów ( metakaolin, haloizyt i in.). W konkretnym przypadku dozowania



popiołu lotnego ( skład  $\text{SiO}_2$  – 54,6%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - 25,3%) i zastąpieniu w nim 30 i 60 kg zeolitu przygotowanego fabrycznie ( Astra,  $\text{SiO}_2$  63-73 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 11 – 13,5 %) nie powinno dawać efektów negatywnych. Chyba że zadecydowała bardzo duża powierzchnia właściwa dodatku (  $13\,500\text{ cm}^2/\text{g}$  ) co ma bardzo duże znaczenie w reakcjach pucolanowych w zaczynach cementowych przy redukcji wodorotlenku wapnia i tworzeniu struktur C-S-H, ale w syntezie geopolimerów takie reakcje nie występują.

**3) Wpływ uziarnienia na szczepność oraz inne właściwości geopolimerów.** W pracy przyjęto trzy receptury ( Tablica 5.6) różniące się zawartością popiołu lotnego , aktywatora , ilością kruszywa i jego uziarnieniem ( tylko frakcja 0 – 2, frakcja 0 – 2 do 4 – 8, frakcja 0-2 do 8 – 16). Przy 2 cm warstwie betonu geopolimerowego kruszywo o frakcji  $> 11\text{ mm}$  jest nieprzydatne, bowiem przy grubym nie ma możliwości zapewnienia dobrego otulenia zaczynem ( rys. 5.18).

**4) Krzywe przesiewu kruszyw.** Mam także uwagę odnośnie krzywych przesiewu , szczególnie krzywej uziarnienia piasku 0 – 2 ( rys. 4.6 ) w której nie ma frakcji drobnych : 2 i poniżej tylko 1 %, poniżej 4 – tylko 10 %, frakcje między 5 a 7 aż 65 %. Z powodu braków frakcji drobnych wszystkie krzywe uziarnienia stosu okruszowego dla wałowanego betonu geopolimerowego przekraczają ( w zakresie frakcji poniżej 0,5 mm ) normowe krzywe graniczne . Mieszanka taka jest bardzo sztywna, ostra, trudno urabialna. Taką samą frakcję kruszywa 0 - 2 użyto do wytworzenia betonu asfaltowego , ale frakcja 2 – 5 ma punkt piaskowy 75% , a ponadto dodawano mączkę wapienną i 4,6 % asfaltu. Zalecenia prof. J. Judyckiego w tym zakresie są następujące : kruszywo łamane o ciągłym uziarnieniu 0 - 5 mm powinno stanowić 13,1% mieszanki mineralno-asfaltowej , kruszywo wypełniające – wapienne 10,8% a zawartość asfaltu 6,6 %. Pytanie : *czy zaprojektowana przez Autora pracy mieszanka mineralno asfaltowa spełnia także wymagania GDDiK ?*

**5) Celowość wykańczania powierzchni półwałkami.** Zabieg polegający na rozwinięciu powierzchni stykowej w celu zwiększenia przyczepności jest jak najbardziej celowy( zamiast powierzchni stykowej  $2 \times 2 \times 10\text{ cm}^2$  po wytłoczeniu mamy  $2 \times 3,14 \times 10\text{ cm}^2$  ( wzrost powierzchni stykowej o 56 %). W analizowanym przypadku półwałki wytłoczono pod obciążeniem dodatkowo dogęszczając warstwy wierzchnie. Gdyby półwałki wycięto z powierzchni a nie wytłoczono to przyczepność byłaby zdecydowanie większa.

**6) Efekt koleinowania geopolimeru a badanie betonu asfaltowego.** Badanie odporności betonu asfaltowego na koleinowanie polega na określeniu następujących cech w koleinomierzu kołowym małym (europejskim) wg normy PN-EN 12697-22 (metoda B):

- proporcjonalnej głębokości koleiny w  $60^\circ\text{C}$  po 10 000 cyklach przejść koła,





- prędkości przyrostu koleiny w 60°C.

Dla przeciętnego betonu asfaltowego parametry te wynoszą (prof. J Judycki):

$RD_{10\ 000} = 2.84\text{ mm}$ ,  $WT_{SAIR} = 0,050$ ,  $PRD_{AIR} = 7,10\%$ .

Autor dla betonu geopolimerowego uzyskał następujące wyniki :

$RD_{10\ 000} = 0,72\text{ mm}$ ,  $WT_{SAIR} = 0,014$ ,  $PRD_{AIR}$  – nie oznaczono.

Pytanie : *czy test przygotowany dla nawierzchni podatnych może być zastosowany przy nawierzchniach sztywnych?*

## 5. Ocena pracy

Przedmiot pracy ukierunkowano na opracowanie i wdrożenie pewnych procedur wytwarzania cienkich warstw geopolimerowych traktowanych docelowo jako warstwy wierzchnie ( wzmacniające, ochronne) dla zastosowań przy budowie ( ale także remoncie) nawierzchni asfaltowych. Autor w tytule pracy nie ogranicza jednak zastosowań kompozytu tylko do ochrony nawierzchni asfaltowych pisząc „ o zastosowaniach w nawierzchniach drogowych”. Należałoby przyjąć , jak to pokazuje zacytowany przykład amerykański, że opracowany kompozyt mógłby być także zastosowany do remontu nawierzchni z betonu cementowego pod warunkiem zmiany jego receptury z dostosowanej do technologii układania poprzez wałowanie na technologię geobetonu o konsystencji na granicy półciekłej i plastycznej układanej tradycyjnie.

Praca treściowo dzieli się na dwie części : obszerna badawczą o charakterze laboratoryjnym i skromniejszą wdrożeniową związaną z budową pilotażowej nawierzchni na otwartej przestrzeni.

W części laboratoryjnej przyjęto kilkadziesiąt czynników zmiennych dotyczących zarówno samego popiołu lotnego krzemionkowego( z dwóch źródeł ) , jego uzdatniania zeolitem, zróżnicowanych uziarnień kruszywa mineralnego, zmiennego stosunku molowego aktywatora, zmiennej ilości zaprawy , wielokierunkowej modyfikacji ( także emulsjami), technik zagęszczania próbek , tworzenia próbek dwuwarstwowych o powierzchni płaskiej i nagniatanej , oceny właściwości zapraw i kompozytów i to jeszcze w różnych terminach dojrzewania i różnych temperaturach.

Uzyskany zbiór danych jest imponujący, dość jednoznaczny, świadczący o ponadprzeciętnej pracy włożonej przez Autora pracy w uzyskanie tych wyników. Za szczególnie cenne osiągnięcie uważam ;

- wykazanie, że możliwe jest uzyskanie ( wprawdzie w warunkach laboratoryjnych) geopolimeru spełniającego wszystkie wymagania GDDKiA odnośnie nawierzchni z betonu





cementowego wraz z ustosunkowaniem się do występowania porów powietrznych ( w betonie cementowym jest to efekt powstawania kapilar i napowietrzania, w geopolimerach reakcji polimeryzacji. Stąd pytanie : ***jaki jest zmierzony stopień napowietżenia świeżego geobetonu***),

- ustalenie – dzięki zastosowaniu modelowania matematycznego wyraźnych przedziałów dozowania w spoiwie ilości popiołów , ich modyfikacji dodatkiem zeolitu i aktywatora o zmiennym stężeniu molowym NaOH oraz specjalnie dobranych kruszyw mineralnych dla uzyskania maksymalnych przedziałów wytrzymałości betonu na ściskanie ; jest to ważna informacja dla producenta betonu, by nie ograniczać zasadowości aktywatora,

- przyjmowanie w laboratorium takiego przygotowania próbek do badań (ubijanie, wibroprasowanie, wytłaczanie) by zbliżyć się do warunków wykonywania betonu wałowanego,

- zwrócenie uwagi na drugorzędną rolę zeolitu w kształtowaniu różnych cech mechanicznych i trwałościowych mimo pozytywnej roli nanododatków sygnalizowanych w literaturze,

- wykonanie eksperymentalnej nawierzchni asfaltowej z warstwą ochronną z geopolimeru wg własnego pomysłu uznaję za zwięźczenie wielokierunkowych badań laboratoryjnych mimo niesatysfakcjonujących w pełni wyników badań tej nawierzchni. Próbę należałoby powtórzyć przy zdecydowanie lepszych warunkach atmosferycznych w wersji betonu wałowanego jak i układanego tradycyjnie.

Przy tej okazji chciałbym zwrócić uwagę na kwestie ekonomiczne. Autor uczciwie informuje, że warstwy ochronne z geobetonu są 2 – 3 krotnie droższe od odpowiednika z betonu cementowego, co nie dziwi , bowiem dostępny w kraju cement glinowy Górkal 40 to koszt prawie 8000 zł za tonę przy średniej cenie cementu portlandzkiego 1000 zł za tonę.

Mimo tych uwag przedstawionych w części 4 i 5 recenzji postawiony cel pracy i tezę uważam za udowodnione a osiągnięcie to bezpośrednio rzutuje na w pełni pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej.

## **6. Wniosek końcowy**

Oceniana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Krzysztofa Granatyra ma dobre podstawy naukowe i spodziewane szerokie możliwości aplikacyjne, co udowodniono w rozdziale 6.5. pracy. Stanowi samodzielnie wykonane opracowanie naukowe pod kierunkiem promotora , będące oryginalnym rozwiązaniem problemu. Problematyka ta dotyczy możliwości zastosowań geopolimeru o opracowanej przez siebie recepturze a poprzez wariantowo



kształtowane modyfikacje o celowym zastosowaniu w drogownictwie . Doktorant zakłada także, że badania wykonane w przyszłości pogłębią podjętą tematykę i wskażą na nowe możliwości zastosowań takiego materiału.

O posiadaniu przez Kandydata ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa , geodezja i transport świadczy umiejętność przygotowania planu i zrealizowania badań w stosunku do potrzeb infrastruktury drogowej oraz umiejętność wskazania granic i zakresu stosowania przyjętych metod modyfikacji cech spoiwa aktywowanego alkalicznie z uwzględnieniem licznych procedur. Kandydat posiadał także umiejętność samodzielnego prowadzenia badań laboratoryjnych , obróbki statystycznej znacznej liczby uzyskanych wyników badań i wskazanie realnych możliwości aplikacyjnych w ramach podjętej pracy naukowej.

Oceniając pozytywnie całość dotychczasowych dokonań Pana mgr inż. Krzysztofa Granatyra oraz biorąc pod uwagę wymagania Art.13 ust.1 Ustawy z dnia 14.03.2003 oraz Art.187 U S T A W Y z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce ( Dz.U. z dnia 30.08.2018 r., poz. 1668) w brzmieniu :

- 1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej,*
- 2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, **oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne,***

stwierdzam, iż Rada Dyscypliny Inżynierii Lądowej, Geodezji i Transportu Politechniki Białostockiej może skierować pracę do publicznej obrony.

Po pozytywnym przebiegu obrony pracy doktorskiej przed Komisją nie wykluczam złożenia na piśmie wniosku o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Krzysztofa Granatyra.



