



Wydział Budownictwa i Architektury  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 40  
20-618 Lublin



Dr hab. inż. Danuta Barnat-Hunek, prof. ucz.  
Katedra Budownictwa Ogólnego  
e-mail: d.barnat-hunek@pollub.pl

Lublin, 6.08.2020 r.

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż.

Krzysztofa Wróblewskiego

pt.: „WPŁYW RODZAJU PODŁOŻA I WYPEŁNIENIA NA NIEZAWODNOŚĆ  
USZCZELNIENIA PRZERWY DYLATACYJNEJ W KONSTRUKCJACH  
ŻELBETOWYCH”

wykonanej pod kierunkiem promotora  
prof. dr hab. inż. Krzysztofa Schabowicza.

### 1. Przedmiot i podstawa opracowania recenzji

Przedstawiona rozprawa doktorska dotyczy problematyki z zakresu budownictwa ogólnego, mieści się więc w dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie inżynieria lądowa i transport. Przedmiotem oceny, zgodnie z art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 poz. 595), jest sprawdzenie czy praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, czy wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie oraz jego umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Podstawą formalną do wykonania recenzji rozprawy doktorskiej jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, prof. dr hab. inż. Dariusza Łydźby, z dnia 01.07.2020 r.

## 2. Treść i zakres rozprawy

Oceniana rozprawa została przedstawiona w formie zwartej wydruku formatu A4 – tzw. Raportu serii PRE nr 4/2020 Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Raport zawiera 272 kolejno numerowane strony opracowania zwartej i składa się z 10 numerowanych rozdziałów poprzedzonych spisem treści, wykazu ważniejszych oznaczeń stosowanych w pracy oraz streszczenia w języku polskim i angielskim zamieszczonego na końcu pracy. Opracowanie zawiera 97 rysunków, 122 tabele i 211 pozycji bibliograficznych.

Rozdział 1 stanowi „Wprowadzenie w problematykę pracy”, w którym uzasadniono podjęcie tematyki badań. Autor zwrócił uwagę, że na niezawodność zastosowanych systemów uszczelnień wpływa nie tylko woda, ale przede wszystkim działanie kilku czynników na raz, np. korozja siarczanowa, cykle zamrażania i rozmrażania, uszkodzenia mechaniczne, czy też wysoka temperatura i efekty związane z różnymi współczynnikami rozszerzalności cieplnej stykających się ze sobą materiałów. Rozważania Autora na temat skuteczności stosowanych w praktyce systemów dylatacyjnych i uszczelnień posłużyły w rozdziale 2 do sformułowania problemu naukowego, zakresu jak i celu pracy dotyczącego wpływu rodzaju podłoża i wypełnienia na niezawodność uszczelnienia przerwy dylatacyjnej w konstrukcjach żelbetowych. W podrozdziale 2.3 przedstawiono oryginalne osiągnięcia Autora pracy doktorskiej.

W rozdziale 3 dokonano syntetycznego studium literaturowego, w którym podano informacje o rodzajach przerw dylatacyjnych, wymaganiach normowych w zakresie formowania dylatacji w konstrukcjach budowlanych, rodzajach uszczelnień, o pracy konstrukcji i ruchach przerwy dylatacyjnej. Scharakteryzowano też rodzaje podłoża betonowego z uwzględnieniem stanów zawilgocenia lub zanieczyszczenia betonu w szczelinach przerw dylatacyjnych oraz sposobów przygotowania betonu. W rozdziale tym wprowadzono czytelnika w zagadnienie analiz rozciągania materiału wypełniającego przerwę dylatacyjną oraz analiz numerycznych przy pomocy metody elementów skończonych (MES). Rozdział ten składa się z 10 podrozdziałów i zakończony jest krótkim podsumowaniem ze wskazaniem na szeroki zakres problematyki związanej z tematem rozprawy doktorskiej. Podczas przeglądu literatury Autor zauważył brak podstawowych wytycznych i norm dotyczących wykonywania napraw w przerwach dylatacyjnych, zwłaszcza z uwzględnieniem stanu zawilgocenia betonu.

Przegląd literatury zawarto na 37 stronach.

**W tej części pracy Doktorant wykazał, że posiada niezbędną wiedzę teoretyczną do przeprowadzenia pracy badawczej w deklarowanym zakresie.**

Rozdział 4 składa się z ośmiu podrozdziałów tj. przygotowanie modelu przerwy dylatacyjnej, opis stanowiska badawczego i przebieg badania, charakterystyka materiałów żywicznych, opis przyjętych w pracy metod badawczych. Doktorant opisał trzy metody badawcze zastosowane w swojej dysertacji, przedstawił także metodykę badań właściwości mechanicznych pseudo plastycznych sześciu żywic stosowanych do uszczelnień przerw dylatacyjnych. Scharakteryzowano obszar utraty przyczepności żywicy, na podstawie którego opracowano oryginalne, zaproponowane w rozprawie, kryterium odkształcalności.

Rozdział 5 zdaniem recenzenta jest najciekawszy pod względem poznawczym i naukowym. Autor przedstawił w nim rezultaty i analizy badań własnych. Rozdział składa się z 13 podrozdziałów, które stanowią integralną całość i obejmują 97 stron. Doktorant przeprowadził analizę całego spektrum zagadnień mających wpływ na stan odkształcenia podczas rozciągania osiowego uszczelnień przerw dylatacyjnych. Każdy z podrozdziałów kończy się podsumowaniem, w którym Autor zamieścił najważniejsze spostrzeżenia i wnioski z części badawczej. Podrozdział 5.13 stanowi podsumowanie wyników badań opisanych w dysertacji oraz zestawienie w formie tabelarycznej rezultatów wpływu rodzaju wypełnienia w odniesieniu do przyjętego kryterium odkształcalności dla wszystkich analizowanych w pracy przypadków.

W rozdziale 6 przedstawiono metodę identyfikacji parametrów fizycznych materiału wypełniającego szczelinę modelu przerwy dylatacyjnej przy wykorzystaniu analizy numerycznej MES. Natomiast w rozdziale 7 zaprezentowano autorskie narzędzia do czyszczenia oraz nacinania powierzchni betonu, przerwy dylatacyjnej w celu zapewnienia jej odpowiedniej niezawodności. Przedstawiono także badania profilu i chropowatości powierzchni betonu w przerwie dylatacyjnej. W rozdziale 8 wskazano własną oryginalną metodykę wykonania uszczelnienia przerwy dylatacyjnej, której można wyróżnić dwa etapy: projektowy i wykonawczy. Rozdział 9 zawiera przykład praktycznego zastosowania opracowanej metodyki wykonania uszczelnienia przerwy dylatacyjnej w jednym z budynków biurowych zlokalizowanym w Krakowie. Autor w rozdziale 10 formułuje wnioski i uwagi końcowe, które potwierdzają rozwiązanie sformułowanego w pracy problemu badawczego, a także przedstawia kierunki dalszych prac naukowych.

Na końcu pracy znajdują się streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spis literatury. Bibliografia wykorzystana w pracy jest obszerna i obejmuje 221 pozycji, wśród których można wyróżnić monografie, publikacje w czasopismach naukowych, referaty konferencyjne, normy polskie i europejskie, a także strony internetowe (w tym 147 pozycji w języku polskim i 74 pozycji w językach obcych: angielskim, niemieckim i francuskim).

### **3. Ocena rozprawy**

#### **3.1. Ocena merytoryczna**

Dobór tematu, zakres i cel recenzowanej rozprawy bardzo dobrze wpisują się w zagadnienia praktyczne i naukowe w dziedzinie budownictwa betonowego obecnie rozpatrywane w Polsce i na świecie. Tytuł rozprawy jest jednoznaczny i zrozumiały, dobrze oddaje problem naukowy przedstawiony w rozprawie.

Koncepcja pracy opiera się na realizacji problemu naukowego, głównego celu, jakim jest identyfikacja wpływu podłoża oraz wypełnienia na niezawodność uszczelnienia przerwy dylatacyjnej w konstrukcjach żelbetowych. Rozwiązanie problemu badawczego wymagało odpowiednich metod badawczych, zastosowania niekonwencjonalnej aparatury oraz korzystania z wielu źródeł informacji. Doktorant szczegółowo scharakteryzował materiały wyselekcjonowane do badań oraz w sposób bardzo czytelny, również w formie graficznej, omówił procedury badawcze.

Autor podjął się rozwiązania problemu naukowego w oparciu o realizację szeregu badań i analiz dotyczących m.in. rozciągania osiowego opracowanych modeli przerwy dylatacyjnej. Autor wybrał sześć powszechnie stosowanych do dylatacji żywic, które zastosował na podłożach nieczyszczonych, czyszczonych ręcznie i czyszczonych mechanicznie za pomocą własnych, nowatorskich narzędzi. Dodatkowo każdy powyższy model zastosowano w różnych stanach wilgotności: suchym, wilgotnym, mokrym i zanieczyszczonym bentonitem. Celowo dokonano takiego wyboru i selekcji materiałów, aby uzyskać możliwie szerokie zróżnicowanie stanu powierzchni podłoża betonowego i użytego materiału wypełniającego. Łącznie przeprowadzono 72 serie badań.

Przyjęty program badań, poparty analizą literatury oraz szczegółowymi planami eksperymentów, jak i same metody badawcze uważam za właściwe.

Zagadnienie jest potraktowane kompleksowo, tzn. rozprawa zawiera zarówno studia teoretyczne oraz szeroki zakres badań empirycznych i numerycznych w zakresie omawianego problemu naukowego, które zostały poparte wnioskami z obiektu doświadczalnego.

Uważam, że sformułowany problem badawczy jest wystarczająco oryginalny, a opracowana autorska metodyka wykonania uszczelnienia przerwy dylatacyjnej, pozwalająca na poprawę jej trwałości, w zależności od sposobu przygotowania powierzchni betonu, stanu jego zawilgocenia lub zanieczyszczenia oraz charakterystyka wypełnienia żywicznego modelu przerwy dylatacyjnej z wykorzystaniem analiz numerycznych modelu przerwy dylatacyjnej w odniesieniu do warunków rzeczywistych stanowi istotne novum wprowadzone przez Autora.

Autor scharakteryzował również wypełnienie żywicznego modelu przerwy dylatacyjnej z wykorzystaniem analiz numerycznych modelu przerwy dylatacyjnej w odniesieniu do warunków rzeczywistych.

Ciekawym zadaniem, które postawił sobie Autor była próba oceny przyczepności żywicy do podłoża betonowego na podstawie badań chropowatości. Autor słusznie zauważył, że styk dwóch materiałów dotyczy zjawisk trójwymiarowych, więc ich analiza nie może ograniczyć się jedynie do analizy 2D profilu betonu. Konieczne są zatem analizy trójwymiarowe, które Autor konsekwentnie wykonał w pracy.

Na uwagę zasługuje fakt, że Pan mgr inż. Krzysztof Wróblewski widzi potrzebę kontynuacji prac badawczych związanych z wpływem różnych czynników tj. jak obniżona temperatura, działanie wody pod ciśnieniem, cykliczne ściskanie i rozciąganie na pracę oraz niezawodność wypełnienia szczeliny dylatacyjnej. Wyniki eksperymentalnych testów rozciągania zostaną wykorzystane do opracowania modelu numerycznego w przypadku różnych rozmiarów szczelin. Świadomość potrzeby kontynuacji badań dobrze świadczy o dojrzałości naukowej Autora i jego krytycznym podejściu do uzyskiwanych wyników badań.

Zapewnienie trwałości eksploatacyjnej wypełnienia szczeliny dylatacyjnej w konstrukcjach żelbetowych jest ważnym, aktualnym problemem budownictwa ogólnego. W związku z tym temat recenzowanej rozprawy jest niezwykle istotny w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, posiada również duże znaczenie aplikacyjne w zakresie trwałości, niezawodności uszczelnienia przerwy dylatacyjnej.

Na zakończenie ogólnej oceny merytorycznej należy również zaznaczyć, że Pan mgr inż. Krzysztof Wróblewski opublikował w 2020 roku część wyników swojej rozprawy w czasopiśmie zagranicznym *Materials* o wysokim  $IF = 3,057$ , respektowanym w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.

### 3.2. Uwagi merytoryczne

Opublikowanie badań Autora w formie niniejszej rozprawy doktorskiej jest bardzo cenną inicjatywą, która nie tylko porządkuje dotychczasową wiedzę o wpływie rodzaju podłoża i wypełnienia na niezawodność uszczelnienia przerwy dylatacyjnej w konstrukcjach żelbetowych, ale wytycza jednocześnie kierunki dalszych badań i analiz Autora.

Niezależnie od mojej pozytywnej oceny wartości merytorycznej rozprawy doktorskiej, z obowiązku recenzenta wykażę poniżej jej dyskusyjne strony:

✓ Autor zbyt ogólnie scharakteryzował przyjęty do badań beton. Nie podano receptury betonu, wskaźnika  $w/c$ , a wiadomo, że parametr ten wpływa na strukturę betonu, jego powierzchnię i przede wszystkim chropowatość, co w konsekwencji później ma przełożenie na przyczepność żywicy do podłoża betonowego. Czy możliwe jest uzupełnienie tych danych?

✓ Do badań zakwalifikowano 6 różnych żywic powszechnie stosowanych jako wypełnienie przerw dylatacyjnych. Każda z żywic charakteryzowała się różnymi parametrami, które Autor podał w odpowiednich tabelach. Jednakże poszczególne tabele 4.6, 4.8, 4.10, 4.12, 4.14 i 4.16

nie są ze sobą spójne, podają różne, czasami zupełnie inne cechy żywic, trudno tutaj o analogię. Autor nie podał, co było właściwym kryterium wyboru konkretnych żywic dostępnych na rynku, np. czy była to lepkość, czy może wodoszczelność? Proszę o doprecyzowanie.

✓ Wyniki uzyskane z badań nie zostały poddane szczegółowej analizie statystycznej w zakresie ich istotności. Otrzymane wyniki badań powinno się oceniać statystycznie, określając jednorodność, poziom ufności, prawdopodobieństwo i dokładność oceny przy małej liczbie prób, co umożliwiłoby przeprowadzenie pogłębionych analiz jakościowych i ilościowych. Nieznane są wartości współczynników rozproszenia, świadczące o wielkościach rozrzutów wyników badań. Autor jedynie subiektywnie dochodzi do wniosków: np. str. 95 – „W seriach między próbkami B1/R1, B2/R2 różnice te były znacznie mniejsze”, str. 101 - „rezultaty z badań...odbiegały istotnie od pozostałych rezultatów”. Są to sformułowania nieprecyzyjne. Należałoby przynajmniej podać w pracy o ile procent wartość badanej cechy zmalała lub wzrosła. Analizy takie pojawiły się jedynie przy badaniu chropowatości.

✓ Pytaniem otwartym pozostaje kwestia, jak zmieniałyby się odkształcenia żywicy w modelu szczeliny dylatacyjnej w warunkach zimowych, ponieważ niektóre żywice w temperaturach poniżej 0°C stają się kruche.

✓ Analizy wyników badań chropowatości betonu zawarte w punkcie 7.2.2. są bardzo interesujące i jak najbardziej poprawne. Jednakże badania literaturowe, jak i badania własne recenzenta potwierdzają, że nie tylko takie parametry jak średnia chropowatość powierzchni  $S_a$ , czy też objętość wgłębień pustek powietrznych  $V_{vv}$ , które są przedmiotem analiz w pracy, decydują o przyczepności stosowanych żywic.

Według Hay i in. [*Theoretical model for the wetting of a rough surface. J. Colloid. Interface. Sci.*, 325(2008) 472–7] przyczepność utrudniają liczne drobne pory i puste przestrzenie na powierzchni materiału (w efekcie mamy do czynienia z wysokimi parametrami  $S_a$  i  $V_{vv}$ , a więc podwyższoną szorstkość). Jest to szczególnie widoczne, gdy stosuje się preparat o wysokim napięciu powierzchniowym i lepkości, a więc zastosowane w pracy żywice, które następnie przyczepiają się do wierzchołków chropowatej powierzchni, gdy pory i puste przestrzenie są węższe niż cząsteczki żywicy [A.B.D. Cassie, S. Baxter, *Wettability of porous surfaces, Trans. Faraday Soc.* 40(1944) 546–550]. Wówczas powstaje warstwa graniczna osłabiająca przyczepność, ponieważ pęcherzyki powietrza są uwięzione pod warstwą żywicy. Zjawisko to może mieć miejsce w przypadku betonów nieczyszczonych B i czyszczonych ręcznie R. Prognozując przyczepność żywicy do betonu na podstawie chropowatości, można odnieść się do badań porowatości betonu, a dokładniej, do średnicy porów na powierzchni podłoża betonowego. Oczywiście analizy te są zbyteczne w przypadku podłoża betonowego poddanego drastycznej obróbce mechanicznej za pomocą nowatorskiego urządzenia Autora pracy. Czy Doktorant rozważał takie badania w pracy?

Innym bardzo interesującym badaniem, świadczącym o adhezji pomiędzy żywicą a podłożem, mógłby być kąt zwilżania żywicą podłoża betonowego, a następnie wyliczenie swobodnej energii powierzchniowej i pracy adhezji. Prawdopodobnie istniałaby możliwość skorelowania tych wyników z odkształceniami żywic. Wyniki te miałyby jeszcze większe znaczenie użytkowe. Uwaga recenzenta nie jest zarzutem stawianym pracy, a raczej sugestią do rozważenia w dalszej działalności naukowej Doktoranta.

### 3.3. Uwagi dotyczące układu rozprawy, języka i redakcji pracy

Praca jest kompletna, jej układ jest czytelny, logiczny i prawidłowy. Praca napisana jest poprawną polszczyzną i czyta się ją z zainteresowaniem. Praca nie zawiera błędów ortograficznych, niezręczności językowych, błędów stylistycznych i gramatycznych.

Czasami pojawiają się drobne błędy np. na str. 62 – „próbki służce go konstruowania”, zamiast „służące do”, str. 249, 251 – „conajmniej” zamiast „co najmniej”, str. 249 – „odsaaniu” zamiast „odsysaniu wody”, str. 249 – „podoża” zamiast „podłoża”.

Uważam, że kolejność rozdziałów i podrozdziałów w logiczny sposób przedstawia treści pracy. Z treści rozdziału trzeciego jasno wynika problematyka badawcza jaką Autor przedstawił w swojej rozprawie, jednak nasuwa się wniosek, że rozdział ten powinien poprzedzać rozdział drugi, w którym zawarto problem naukowy, cel i zakres pracy. Dość często spotyka się taki układ pracy, w którym cel i zakres pracy znajdują się w rozdziale po wprowadzeniu i przeglądzie literatury.

Dobrą praktyką stosowaną przy opracowaniu dysertacji naukowych jest zamieszczenie na końcu pracy spisu rysunków i tabel. W recenzowanej pracy zabrakło tego elementu. Nie jest to oczywiście wymagane, ale spis taki ułatwiłby czytelnikom szybki wgląd do wyników z badań wykonanych w pracy.

Budzą uznanie rysunki, schematy obrazujące przyjętą metodykę badawczą (Rys. 4.1, 6.1), czy ocenę niezawodności wykonania naprawy (Rys. 8.1). W sposób bardzo czytelny i estetyczny wprowadzają czytelnika w zestawienie przypadków i metod badawczych, co ułatwia lekturę i zrozumienie przyjętych licznych wariantów i założeń w pracy.

Niekiedy w pracy niepotrzebnie pojawia się forma „dla”. Jest to najpopularniejszy rusecizm, który wszedł do obiegu w odmianie ogólnopolskiej języka polskiego, np. str. 139 i wiele innych – „dla sposobu przygotowania podłoża”, str. 184 – „dla zapewnienia niezawodności”, mogłoby być „w celu zapewnienia”, str. 187, 216 i wiele innych – „dla żywicy”, przecież można napisać: „w przypadku żywicy”. Nie zawsze jest to możliwe do uniknięcia, ale w miarę możliwości należy tego typu błędy językowe wyeliminować w pracy.

Autor w pracy przyjął bezosobową formę czasownika lub w 3 os. I. pojedynczej lub I. mnogiej. Niepotrzebnie więc na str. 64 i 220 Autor napisał: *Jestem pomysłodawcą opracowania.*

Przedstawione powyżej uwagi nie są istotne z punktu widzenia merytorycznej zawartości pracy i w żaden sposób nie wpływają na jej wysoką ocenę. Uwagi krytyczne recenzenta mogą być pomocne przede wszystkim przy przygotowaniu tekstu celem wydania monografii naukowej.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska posiada potencjał, aby stać się wartościową monografią naukową, z korzyścią zarówno dla Autora, jak i jego macierzystego ośrodka naukowego.

#### **4. Wniosek końcowy**

Uważam, że główny cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty. Przedstawiona rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a Doktorant udowodnił, że ma wiedzę i posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w deklarowanym zakresie. Rozprawa wykazała bardzo dobrą ogólną wiedzę Autora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.

Opiniowaną pracę oceniam pozytywnie. Dotyczy to zarówno jej strony naukowej jak i formalnej, które nie budzą zastrzeżeń. Autor rozprawy wykazał się pracowitością, pasją, innowacyjnością, precyzją w opracowaniu wyników badań. Praca wypełnia istniejącą lukę na rynku literatury naukowej z obszaru inżynierii lądowej, uzupełniając braki w zakresie wiedzy o zapewnieniu trwałości i niezawodności uszczelnień przerw dylatacyjnych w konstrukcjach żelbetowych.

Uwagi krytyczne przedstawione w recenzji nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy. Mają one charakter dyskusyjny i porządkujący.

**Uważam, że praca Pana mgra inż. Krzysztofa Wróblewskiego w pełni zasługuje na wyróżnienie zarówno pod względem naukowym, jak i praktycznym i niniejszym uprzejmie proszę Radę Dyscypliny Naukowej o pozytywne rozpatrzenie takiego wniosku.**

W związku z powyższym uważam, że recenzowana praca doktorska spełnia wszystkie wymagania przewidziane przez Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 r. (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późn. zmianami) oraz Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19.01.2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 19.01.2018, poz. 261) i **wnoszę wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**



Danuta Barnat-Hunek