

Prof. dr hab. inż. Lech Lichołai  
Politechnika Rzeszowska  
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Katedra Budownictwa Ogólnego  
al. Powstańców Warszawy 12  
35-959 Rzeszów

Rzeszów, 16-X-2023 roku

*Przejrzano  
25.10.2023*

DZIEKAN  
Wydziału Inżynierii Lądowej  
*[Signature]*  
prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz

WPEŁNEŁO

*25.10.2023  
585 / 2023*

## RECENZJA

### Rozprawy doktorskiej

Pani mgr inż. Ewy Sobczyńskiej

pt: „Dobór optymalnego składu zapraw glinianych  
do rekonstrukcji zabytkowych obiektów kamiennych”

wykonanej pod opieką;

Promotor: Pan prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz

Promotor pomocniczy: Pan dr inż. Wojciech Terlikowski

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Pana dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni - Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 06.07.2023 r. informujące, że Rada Naukowa Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej na posiedzeniu w dniu 04.07.2023 r. powołała moją osobę na Recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Ewy Sobczyńskiej pt.: „Dobór optymalnego składu zapraw glinianych do rekonstrukcji zabytkowych obiektów kamiennych” wraz z prośbą o opracowanie recenzji.

Dołączone zostało także pismo z Uchwałą nr 774/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport z dnia 04.07.2023 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Ewy Sobczyńskiej, podpisane przez Pana dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni - Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej oraz Pana dr hab. inż. Adama Rosińskiego, prof. uczelni - Sekretarza Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej.

## **2. Informacja dotycząca tytułu rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora**

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Dobór optymalnego składu zapraw glinianych do rekonstrukcji zabytkowych obiektów kamiennych”, wykonanej przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską jest poprawnie sformułowany i w sposób jednoznaczny zawiera przekaz dotyczący merytorycznej zawartości zrealizowanego opracowania. Tytuł ściśle związany jest z opracowaniem, jest trafny pod względem formalnym. Wartość naukowa przedstawionego tytułu jest właściwa i odnosi się do charakteru wykonanej rozprawy doktorskiej.

## **3. Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych**

Niniejsza recenzja dotyczy wykonanej rozprawy doktorskiej pt: „Dobór optymalnego składu zapraw glinianych do rekonstrukcji zabytkowych obiektów kamiennych”, której Autorką jest Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska. Rozprawa została zrealizowana pod opieką Promotora Pana prof. dr hab. inż. Andrzeja Garbacza oraz Pana Promotora pomocniczego dr inż. Wojciecha Terlikowskiego. Wykonana praca doktorska została napisana w języku polskim. Praca zawiera streszczenie w języku polskim zawarte na stronie 5 oraz Summary w języku angielskim zawarte na stronie 7.

Wykonana rozprawa doktorska liczy sto dziewięćdziesiąt sześć stron i liczy dwanaście ponumerowanych rozdziałów. Kolejnymi rozdziałami są: 1. Przedmiot i cel pracy (str. 13), 2. Zabytkowe konstrukcje kamienne - zasady konserwacji, materiały, technologie (str. 17), 3. Wymagane właściwości zaprawy glinianej do rekonstrukcji (str. 43), 4. Program i zakres badań (str. 59), 5. Materiały zastosowane do badań (str. 93), 6. Wyniki badań (str. 111), 7. Analiza przeprowadzonych badań (str. 145), 8. Algorytm wyboru glinianej zaprawy rekonstrukcyjnej dla danego stanowiska archeologicznego (str. 171), 9. Podsumowanie i wnioski do dalszych badań (str. 173), 10. Bibliografia (str. 177), 11. Spis ilustracji (str. 189), 12. Spis tabel (str. 195).

Zaproponowany przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską strukturalny układ rozprawy, wyrażony poprzez kolejne rozdziały i ich kolejność należy uznać za prawidłowy.

Rozdział pierwszy - Przedmiot i cel pracy - zawiera najważniejsze informacje wprowadzające do całości opracowania. Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska przedstawia motywacje dotyczące podjętych zagadnień realizowanych w ramach przedmiotowej pracy doktorskiej. Przytacza zasady, które powinny być przestrzegane, aby zachować dziedzictwo archeologiczne, które jest częścią dziedzictwa kulturowego, jak również

w celu zapewnienia rzetelności dociekań naukowych różnych obiektów i obszarów badawczych. Doktorantka zwraca uwagę potrzebę zachowania autentyczności obiektów po rekonstrukcji, dlatego ważny jest przemyślany i prawidłowy dobór metod i materiałów do prowadzenia prac rekonstrukcyjnych, które wymagają w większości przypadków właściwego prowadzenia prac inżynierskich, z reguły zależnych od wymagań konserwatorskich. Autorka pracy podaje, że wśród obiektów zabytkowych znacząca ich grupa posiada kamienne rozwiązania konstrukcyjne w postaci murów nieregularne (dzikich, półdzikich), które wykonane są z ciosów i kamieni. Jako spoiwo zwykle użyta została zaprawa gliniana, której skład opiera się na glinie i piasku z okolicznych gruntów rodzimych. Mury takie posiadają niewielką wytrzymałość, małą spoiwość wewnętrzną oraz wynikającą z tego niezbyt zadowalającą trwałość, a ich struktura jest w dużym stopniu zdegradowana, co wynika z wielowiekowych oddziaływań czynników środowiskowych, ale również nierzadko z niszczących, świadomych, niepotrzebnych ludzkich działań. Doktorantka zaznacza, że na potrzeby przygotowania zabytkowych konstrukcji kamiennych do ekspozycji, bardzo ważne jest opracowanie programu niezbędnych działań inżynierskich dotyczących przede wszystkim naprawy, zabezpieczenia i umożliwienia dalszej eksploatacji tych historycznych obiektów. Istotne jest również określenie rodzaju wiązania muru, a także właściwości fizycznych zapraw i elementów murowych w celu przygotowania receptury zaprawy naprawczej. Autorka pracy określa cel rozprawy jako opracowanie algorytmu doboru składu zaprawy glinianej możliwej do zastosowania przy rekonstrukcji murów kamiennych, który umożliwi właściwy przebieg prac konserwatorskich analizowanych obiektów kamiennych. Doktorantka zaznacza, że należy wziąć pod uwagę nie tylko jej cechy wytrzymałościowe, ale także inne właściwości związane z ekspozycją zrekonstruowanych obiektów na działanie środowiska, zgodność zaproponowanego rozwiązania materiałowego z istniejącymi elementami murowymi oraz uzyskanie wymaganej autentyczności obiektów po rekonstrukcji. W ramach zakresu pracy Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska wyznacza dla wybranych składów zapraw, które możliwe są do zastosowania w warunkach prac wykopaliskowych różne właściwości; wytrzymałość na ściskanie i zginanie, przyczepność zaprawy do elementów kamiennych wraz z propozycją innowacyjnego podejścia do przeprowadzonego badania dla materiałów o niskich wytrzymałościach, moduł Younga, mrozoodporność, skurcz, porowatość, nasiąkliwość i podciąganie kapilarne, odporność zaprawy na działanie soli oraz analizę kolorystyczną zaprawy w odniesieniu do oryginalnych obiektów. Ponadto Doktorantka zaproponowała algorytm postępowania przy doborze zaprawy glinianej do rekonstrukcji zabytkowych murów kamiennych. W końcowej części tego rozdziału Autorka rozprawy przedstawia graficznie w sposób wyczerpujący schemat rozwiązania postawionego problemu badawczego.

Rozdział drugi - Zabytkowe konstrukcje kamienne - zasady konserwacji, materiały, technologie - rozpoczyna się od omówienia międzynarodowych zaleceń w konserwacji konstrukcji zabytkowych. Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska podkreśla, że

najważniejszym celem działań konserwatorskich jest ochrona dziedzictwa kulturowego dla przyszłych pokoleń, zaznaczając, że każdy zabytek jest jednak inny, posiada inne wartości i wymaga indywidualnego podejścia dla zapewnienia jego należytego stanu technicznego w kontekście długoletniej, dalszej użyteczności. Ważnym dokumentem jest Karta Ateńska, która akceptuje rozsądne stosowanie środków tworzonych przez współczesną technikę (np. rozwiązania żelbetowe), które, jeśli to tylko możliwe, nie powinny być widoczne, aby nie wpływać na wygląd rekonstruowanego obiektu. Doktorantka przedstawia zestaw założeń konserwatorskich, które powinny być stosowane przy rekonstrukcyjnych pracach dotyczących zabytków kamiennych przeznaczonych do ekspozycji jako „trwała ruina”, czyli w postaci obiektu zabytkowego, pozostającego w formie zabezpieczonego i ustabilizowanego reliktu. Autorka informuje, że ze względu na tradycję, w wykonanej pracy doktorskiej termin glina odnosi się do określenia gruntu, który z uwagi na swoje właściwości nadaje się do wykonywania zapraw budowlanych, a zaprawa gliniana określona jest jako mieszanina rozdrobnionej gliny, drobnego kruszywa (piasku) i wody. Natomiast jeżeli zostanie dodatkowo użyty cement, wówczas mamy do czynienia z zaprawą cementowo-glinianą. W dalszej części Doktorantka przedstawia opisowo i graficznie rodzaje murów kamiennych, informując, że jest to jeden z najstarszych materiałów konstrukcyjnych, który był powszechnie stosowany do połowy XX wieku. Zaprezentowane są mury nieregularne (dzikie, półdzikie, cyklopowe), półregularne (warstwowe, rzędowe, mozaikowe oraz regularne (z bloczków, z ciosów). Dodatkowo Autorka rozprawy podaje klasyfikację Witruwiusza dotyczącą rzymskich murów z kamienia i opisuje pięć głównych typologii wraz z ich graficznym przedstawieniem. Dalej Doktorantka zaznacza, że powszechnie stosowany jest również podział murów ze względu na liczbę warstw w danym murze. Kolejno Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska opisuje historyczne zaprawy zaznaczając, że dokładne określenie historii stosowanych materiałów wiążących jest procesem skomplikowanym i formułuje przypuszczenie się, że pierwszymi tego typu materiałami były glina oraz materiały bitumiczne, co potwierdzają liczne prowadzone wcześniej prace w tym zakresie. Następną grupą to materiały otrzymywane z wypalanych surowców - wapna i gipsu, których wytrzymałość była wyższa od glin i bitumów. W drugiej połowie XIX wieku nastąpił spadek stosowania zapraw wapiennych, co związane było z pojawieniem się cementu portlandzkiego, jednak w ostatnich latach nastąpił powrót do stosowania zapraw wapiennych przy pracach renowacyjnych dotyczących obiektów zabytkowych, z uwagi na możliwy niekorzystny wpływ cementów portlandzkich we współpracy z wieloma kamieniami naturalnymi. W sposób bardzo dokładny Doktorantka opisuje sposoby modyfikacji właściwości kamienia i zaprawy, poczynając od stosowania polimerów naturalnych, wśród których do najprostszych należała słoma i różne włókna roślinne, które zwiększały odporność na pękanie skurczowe i uszkodzenia mechaniczne. Dalej Autorka przedstawia inne możliwe naturalne, polimerowe wzmocnienia murowych konstrukcji. Kolejno Pani mgr

inż. Ewa Sobczyńska przedstawia polimery syntetyczne i wymienia, że do konserwacji konstrukcji zabytkowych często stosowane są polimery epoksydowe i akrylowe, silikony organiczne oraz fluoropolimery. Żywice epoksydowe mogą skutecznie penetrować i uszczelniać porowate podłoża, a pierwsze doniesienia o zastosowaniu systemów epoksydowo-aminowych do naprawy zniszczonych materiałów kamiennych pojawiły się w latach sześćdziesiątych XX wieku. Doktorantka informuje jednocześnie, że oprócz polimerów naturalnych jak również sztucznych stosowanych do poprawy właściwości zapraw, występują także innego rodzaju materiały do poprawy ich właściwości, zwracając uwagę, aby dobór dodatków nie wpłynął negatywnie na parametry nadające się do zastosowanie ich w zaprawach rekonstrukcyjnych. W dalszej części Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska opisuje stanowiska archeologiczne, gdzie odbywały się prace badawcze dotyczące rozważań naukowych prezentowanych w ramach niniejszej pracy doktorskiej. Przedstawione zostały stanowiska w Kerczu, Tanais, Egipcie. Doktorantka dokładnie opisała lokalizacje tych stanowisk, prowadzone prace badawcze, a ważną częścią są zamieszczone ilustracje, w tym fotografie fragmentów konstrukcji murowych.

W rozdziale trzecim - Wymagane właściwości zaprawy glinianej do rekonstrukcji - Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska przedstawia ważne rozważania normalizacyjne i techniczne dotyczące zapraw glinianych i cementowo-glinianych stosowanych w Polsce i w innych krajach. Doktorantka w sposób graficzny prezentuje wymagania, jakie należy uwzględnić przy wyborze zaprawy rekonstrukcyjnej i opisuje dalej właściwości mechaniczne, właściwości technologiczne, trwałość, kompatybilność (chemiczna, wilgotnościowa, wymiarowa, mechaniczna, historyczno-estetyczna, bioekologiczna). Autorka pracy zaznacza, że kompatybilność jest zagadnieniem trudnym do oceny i złożonym oraz, że podjęta została próba stworzenia narzędzia umożliwiającego ocenę ryzyka zastosowania konkretnego rozwiązania rekonstrukcyjnego, które można wykorzystać do wyboru najlepszego wariantu z wielu istniejących i dostępnych. Ponadto w tym rozdziale przedstawione zostały rozważania dotyczące zalecanych normowych i literaturowych właściwości glinianej zaprawy rekonstrukcyjnej. Autorka pracy zaprezentowała szczegółowo zagadnienia dotyczące cech technicznych glinianych zapraw rekonstrukcyjnych: uziarnienie i gęstość nasypowa, zawartość substancji organicznych i porytów, zawartość szkodliwych soli, konsystencja, wytrzymałość na ścislenie, przyczepność, skurcz, mrozoodporność i odporność na działanie soli, odporność na erozję wodną, nasiąkliwość, podciąganie kapilarne, porowatość, współczynnik przewodzenia ciepła, paroprzepuszczalność, moduł Younga, rozszerzalność cieplna, aspekty estetyczne. Zestawione informacje są bardzo potrzebną źródłową bazą wiedzy do prowadzenia badań naukowych w ramach przedmiotowej pracy doktorskiej.

W rozdziale czwartym - Program i zakres badań - Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska, przedstawia na wstępie cel prowadzonych badań, którym był dobór składu zaprawy glinianej, która możliwa będzie do zastosowania jako zaprawa naprawcza, podczas



rekonstrukcyjnych prac naprawczych zabytkowych konstrukcji kamiennych na opisanych w rozprawie stanowiskach archeologicznych. Ponadto drugim celem Doktorantki w ramach prowadzonych dociekań naukowych było opracowanie uniwersalnego algorytmu doboru zaprawy naprawczej do rekonstrukcji zabytkowych, przedstawionych w pracy historycznych murów. Schemat rozwiązania sformułowanego problemu badawczego, Autorka pracy przedstawia graficznie w postaci zestawienia kolejnych czynności naukowo-badawczych, skupiających się na analizie najważniejszych wymagań, którymi powinna charakteryzować się zaprawa gliniana przeznaczona do rekonstrukcji zabytkowych ustrojów konstrukcyjnych. W dalszej części rozdziału Doktorantka opisuje przyjętą metodykę badawczą i przedstawia przeprowadzone badania laboratoryjne wraz z prezentacją opisową i ilustracyjną (fotografie, schematy graficzne) aparatury naukowej, która posłużyła do przeprowadzenia badań doświadczalnych. Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska wykonała wiele specjalistycznych badań, przedstawianych je szczegółowo w kolejnych podrozdziałach: konsystencja, wytrzymałość na ścislenie i zginanie, przyczepność, skurcz, mrozoodporność, odporność na działanie soli, odporność na erozję wodną, nasiąkliwość, podciąganie kapilarne, porowatość, moduł Younga, aspekty estetyczne. Autorka pracy, w oparciu o analizę stanu wiedzy oraz doświadczenia z misji konserwatorskich proponuje aplikację, która pozwala na określenie ryzyka (niekompatybilności) zastosowania różnych składów zapraw dla kryteriów związanych z oceną glinianej zaprawy rekonstrukcyjnej dla murów kamiennych. Przyjęte kryteria - materiałowe, zrównoważonego rozwoju, środowiskowe i realizacyjne - są przedstawione w pracy w postaci zestawienia tabelarycznego. Na potrzeby określenia zasadności przeprowadzenia procesu rekonstrukcji Doktorantka zamieszcza w pracy propozycję skali punktowej. Zwraca uwagę na prawidłowy dobór aparatury badawczej i rzetelność przeprowadzonych badań doświadczalnych przez Autorkę wykonanej rozprawy doktorskiej.

W rozdziale piątym - Materiały zastosowane do badań - Doktorantka na wstępie podkreśla, że podczas prac rekonstrukcyjnych omawianych w przedmiotowej rozprawie doktorskiej, nadrzędną zasadą, która musi być brana pod uwagę, jest autentyczność wybranego rozwiązania, odpowiedniego na potrzeby możliwie najdokładniejszego sposobu odzwierciedlenia prawdy historycznej. Głównym spoiwem, na bazie którego wykonano zaprawy stosowane w analizowanych konstrukcjach murowych jest glina, która powinna zostać przebadana w celu określenia jej właściwości, a następnie na potrzeby opracowania sposobu jej wzmocnienia. Również bardzo istotna jest kompatybilność różnych, współpracujących ze sobą materiałów w danym ustroju konstrukcyjnym, także w aspekcie skutków długoterminowych. Z reguły, obiekt zabytkowy, który poddawany jest pracom naprawczym, przewidziany jest do publicznej ekspozycji jako trwała ruina, w swoim naturalnym krajobrazie, co wymaga zapewnienia właściwych cech, ściśle związanych z trwałością zastosowanego rozwiązania naprawczego. W tym kontekście dla tego

materiału - gliny - znajomość składu mineralogicznego, jest bardzo ważna z uwagi na jego wpływ na cechy techniczne finalnego, możliwego do zastosowania, materiałowego produktu. Doktorantka przedstawia skład mineralogiczny i frakcyjny gliny i zapraw z wykopalisk, zaznaczając, że w badanych próbkach występuje kwarc o dominującym udziale, a także kalcyt oraz skalenie sodowo-wapniowe i sodowo-potasowe. Zamieszczone są graficzne zestawienia uzyskanych wyników w postaci obrazów dyfrakcyjnych oraz termogramów wraz z właściwym komentarzem. W oparciu o uzyskane wyniki Autorka pracy pojęła próbę wyboru materiału zastępczego, którego właściwości odpowiadałyby glinie stosowanej w analizowanych układach konstrukcyjnych. Doktorantka wykonała specjalistyczne badania w tym zakresie, jak również dotyczące materiałów kamiennych.

W rozdziale szóstym - Wyniki badań - Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska przedstawia rezultaty prowadzonych prac naukowo-badawczych zrealizowanych w ramach przedmiotowej pracy doktorskiej. W tym rozdziale Doktorantka zestawiła w formie tabelarycznej, graficznej i opisowej wyniki z następujących, przeprowadzonych badań: wytrzymałość na ściskanie i zginanie, przyczepność, skurcz, mrozoodporność, odporność na działanie soli, odporność na erozję wodną, nasiąkliwość, podciąganie kapilarne, porowatość, moduł Younga, aspekty estetyczne. Każde opisane i udokumentowane badanie przedstawione jest w postaci oddzielnego podrozdziału. Wyniki z każdego badania są wnikliwie opisane.

Rozdział siódmy - Analiza przeprowadzonych badań - rozpoczyna się od rozważań dotyczących zasad punktacji przy stosowaniu metody oceny ryzyka dotyczącej konkretnego materiału rekonstrukcyjnego. Zostały opisane podsumowująco zasady oceny właściwości koniecznych do analizy przy ocenie wskaźnika ryzyka (niekompatybilności) zastosowania materiału zastępczego. W kolejno zamieszczanych tabelach zostały przedstawione: zasady punktacji kryterium zrównoważonego rozwoju, zasady punktacji kryterium materiałowego, zasady punktacji kryterium realizacyjnego oraz zasady punktacji kryterium środowiskowego. Doktorantka proponuje równocześnie, aby ocenę każdego z zagadnień dokonywać w skali od 0–10, gdzie 0 to wartość o najlepszej kompatybilności, zaś 10 to rozwiązanie najdalsze od rozwiązania kompatybilnego. W oparciu o uzyskane wyniki badań i przeprowadzone analizy przyjętych parametrów materiału kamiennego, a także doświadczenia z naukowych ekspedycji konserwatorskich, Doktorantka przeprowadziła analizę wskaźnika ryzyka (niekompatybilności) zastosowania materiału naprawczego dla pięciu wybranych i analizowanych składów zaprawy glinianej. Wykonana analiza ma na celu wybór najlepszego rozwiązania rekonstrukcyjnego. Przydzielone punkty dla każdego z kryteriów zostały zestawione w tabelach, a bazując na tych punktach został wyliczony wskaźnik niekompatybilności zastosowania każdego z analizowanych rozwiązań. Graficznie zostało zaprezentowane - przy pomocy wartości wskaźników ryzyka zastosowania materiału naprawczego - uszeregowanie zaproponowanych rozwiązań ze względu na ryzyko ich

zastosowania. Kolejno Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska przedstawia badania w skali półtechnicznej, podczas których zostały wykonane murki z kamienia wapiennego trzeciorzędowego, w postaci wapienia pińczowskiego, w których zastosowano wybrane składy zaprawy glinianej. Całość została wystawiona na długotrwałe działanie czynników atmosferycznych. Wykonane murki zostały w połowie pokryte preparatem hydrofobizującym natomiast druga połowa została pozostawiona bez zabezpieczenia. W tej części pracy zamieszczona jest też dokumentacja fotograficzna z przeprowadzonych badań. Kolejno Doktorantka opisuje stan techniczny murków po sześciomiesięcznym okresie badawczym oraz przeprowadza ocenę zasolenia murków przy pomocy badania stężenia jonów azotanów, siarczanów oraz chlorków metodą półilościową, poprzez wizualne porównanie pól pasków testowych z polami kolorów na skali barw. Autorka pracy podsumowując te badania zaznacza, że w oparciu o uzyskane wyniki można stwierdzić pomijalnie niski stopień zasolenia konstrukcji, a badania w skali półtechnicznej pozwoliły ostatecznie na zaakceptowanie wybranego rozwiązania rekonstrukcyjnego dla zabytkowych murów kamiennych w basenie Morza Czarnego.

W rozdziale ósmym - Algorytm wyboru glinianej zaprawy rekonstrukcyjnej dla danego stanowiska archeologicznego - Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska przedstawia sformułowany algorytm postępowania, który umożliwi zaprojektowanie w warunkach prac wykopaliskowych, wspólnie z wybranymi badaniami laboratoryjnymi, składu rekonstrukcyjnej zaprawy glinianej na potrzeby spełnienia wymagań stawianych takim zaprawom oraz najmniejsze ryzyko jej zastosowania. Opisane są kolejne etapy i kroki działania w algorytmowej procedurze wyboru zaprawy. Doktorantka zaznacza także, że walidacja powinna zostać przeprowadzona po upływie co najmniej jednego sezonu wykopaliskowego i dodaje, że po tym okresie następuje akceptacja lub zmiana danego rozwiązania. Graficznie przedstawiony jest dobór rekonstrukcyjnej zaprawy glinianej do murów kamiennych.

Rozdział dziewiąty - Podsumowanie i wnioski do dalszych badań - zawiera sumaryczne, podsumowujące informacje wynikające ze zrealizowanej rozprawy doktorskiej. Doktorantka sformułowała ogólne wnioski z pracy, zaznaczając, że dobór składu zaprawy glinianej na bazie lokalnych surowców do celów rekonstrukcji zabytkowych konstrukcji kamiennych jest możliwy. Informuje także, że zaprawy gliniane bez dodatków odznaczają się niewielką trwałością, co wiąże się z koniecznością modyfikacji ich składu w celu jej poprawy jej cech technicznych. Ważne są także przedstawione, liczne wnioski szczegółowe, które zawierają wiele ważnych, precyzyjnych ustaleń, uzyskanych przez Doktorantkę na poszczególnych etapach realizacji przedmiotowej dysertacji doktorskiej.

Dalsze rozdziały znajdujące się w rozprawie (Bibliografia, Spis ilustracji, Spis tabel) są uzupełniającymi, potrzebnymi składowymi wykonanej przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską pracy doktorskiej.



Układ rozdziałów w recenzowanej rozprawie doktorskiej jest prawidłowy. Praca jest starannie przygotowana pod względem edycyjnym, dotyczy to zarówno części opisowej jak również graficznej. Kolejność rozdziałów, ich zawartość pozwala na podążanie za naukowymi rozważaniami prowadzonymi przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską.

#### **4. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej**

W rozdziale dziesiątym, zatytułowanym Bibliografia Doktorantka umieściła sto dwadzieścia pięć pozycji, a także w tym rozdziale znajdują się zgrupowane normy i regulacje w liczbie trzydzieści siedem. Wśród naukowych pozycji literaturowych dominują artykuły opublikowane w Czasopismach naukowych. Występują także, zwarte pozycje książkowe, a także referaty przedstawiane na różnych konferencjach oraz sprawozdania z prac konserwatorskich, prowadzonych w różnych lokalizacjach. Zestawienia norm i regulacji są odzwierciedleniem prowadzonych przez Autorkę rozważań naukowych, wymagających skorzystania z tego typu źródeł. Przedstawiony przez Doktorantkę zestaw różnych pozycji literaturowych jest adekwatny do naukowych dociekań Autorki, prowadzonych w przedmiotowej rozprawie doktorskiej. Zestawione pozycje literaturowe to w większości opracowania opublikowane w ostatnich kilku, kilkunastu latach. Zdarzają się pozycje starsze np. [1], [3], [38], ale ich obecność jest uzasadniona merytorycznie. Wszystkie pozycje zostały właściwie opisane pod względem formalnym, co jest ważne w kontekście możliwości sięgnięcia do materiałów źródłowych. Wartość naukowa przedstawionych pozycji literaturowych jest wysoka i stanowi właściwą podstawę do zrealizowania niniejszej pracy doktorskiej. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach wykonanej rozprawy doktorskiej jest pozytywna.

#### **5. Wskazanie oraz ocena celu pracy Kandydatki do stopnia doktora**

Kandydatka do stopnia doktora, w wykonanej rozprawie, przedstawiła w części początkowej, jasno określony cel pracy. Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska wyraźnie zaznaczyła, że celem pracy jest opracowanie algorytmu doboru składu zaprawy glinianej, która będzie możliwa do zastosowania w czasie prac naprawczych, rekonstrukcyjnych murów kamiennych. Doktorantka dodaje, że w prowadzonych rozważaniach naukowych bierze pod uwagę właściwości wytrzymałościowe takiej zaprawy, jak również inne właściwości mające związek z umiejscowieniem odnowionych obiektów, które narażone są na bezpośrednie oddziaływania czynników środowiskowych. Autorka pracy rozważa również w ramach założonego celu rozprawy kompatybilność proponowanych rozwiązań materiałowych z istniejącymi, murowymi

ustrojami konstrukcyjnymi oraz spełnienie wymagań dotyczących zapewnienia autentyczności obiektów po pracach rekonstrukcyjnych. Z przedstawionym celem pracy integralnie związany jest zestaw skompletowanych przez Kandydatkę, potrzebnych pozycji literaturowych. Zaprezentowane przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską rozważania naukowe, umieszczone w kolejnych składowych niniejszej rozprawy są ściśle związane z określonym celem pracy. Przedstawione w pracy podsumowanie i sformułowane wnioski, ogólne i szczegółowe, pozwalają na stwierdzenie, że założony przez Kandydatkę cel pracy został osiągnięty. Kandydatka jednoznacznie wskazała cel wykonywanej pracy, a szczegółowa analiza wartości merytorycznej rozprawy pozwala na pozytywną ocenę celu pracy Kandydatki do stopnia doktora.

## **6. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych**

Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska przeprowadziła wiele prac badawczych w ramach przedmiotowej rozprawy doktorskiej dla osiągnięcia, założonego naukowego celu i przedstawienia wniosków końcowych. Doktorantka wskazała i zaproponowała metody badawcze, adekwatne do realizowanych zadań naukowych. Przede wszystkim należy zaznaczyć, że problematyka badawcza wykonanej rozprawy doktorskiej jest bardzo ważna w kontekście zachowania i przekazywania przyszłym pokoleniom architektonicznych przykładów dziedzictwa historycznego. Autorka pracy bardzo dobrze rozeznała tematykę obszaru naukowego, co zostało zaprezentowane w kolejnych składowych zrealizowanej dysertacji. Zestawione pozycje literaturowe posiadające duże wartości, świadczą o należyтым zapoznaniu się Doktorantki ze stanem wiedzy obejmującym tematykę rozważaną w niniejszej pracy doktorskiej. Ważne aspekty badań zostały określone przy wykorzystaniu własnych doświadczeń z przedstawionych w pracy misji konserwatorskich, które odbyły się w konkretnych lokalizacjach. Znacząca wartość prowadzonych dociekań naukowych to ustalenia mineralogicznego i frakcyjnego składu zaprawy glinianej stosowanej w rozpatrywanych, oryginalnych murowych rozwiązaniach konstrukcyjnych wraz z określeniem kryteriów dla glinianej zaprawy naprawczej, możliwej do zastosowania dla celów rekonstrukcyjnych. Na podkreślenie zasługuje przeprowadzenie przez Doktorantkę wielu badań laboratoryjnych, które pozwoliły na ustalenie wybranych, materiałowych cech technicznych. Istotną składową rozprawy jest propozycja aplikacji do określania poziomu ryzyka, wyrażonego jako niekompatybilność, możliwego do zastosowania rozwiązania rekonstrukcyjnego. Przedstawiona propozycja składu materiału zastępczego, o najniższym wskaźniku ryzyka związanego z jego możliwym zastosowaniem została poddana badaniom w skali półtechnicznej, na potrzeby zatwierdzenia wybranego rozwiązania zaprawy naprawczej. Merytoryczna analiza zrealizowanej pracy doktorskiej pozwala na stwierdzenie, że dla każdego naukowego

zadania badawczego, realizowanego zgodnie z celem i zakresem badań, Kandydatka do stopnia doktora wskazała i zastosowała właściwe metody badawcze. Przyjęte i zastosowane metody badawcze są mocną stroną wykonanej dysertacji doktorskiej.

## **7. Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań**

Zasadnicza część wykonanej rozprawy doktorskiej kończy się obszernym rozdziałem podsumowującym, zawierającym uzyskane wyniki i propozycje do prowadzenia dalszych prac naukowo-badawczych w tematyce wykonanej dysertacji. Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska zamieszcza tutaj informacje o najważniejszych, osiągniętych rezultatach, powstałych w wyniku realizacji programu badawczego, a także zamieszcza wnioski o charakterze ogólnym oraz wnioski o charakterze szczegółowym. Głównym wnioskiem ogólnym jest stwierdzenie, że można dobrać skład zaprawy glinianej w oparciu o występujące lokalne surowców na potrzeby rekonstrukcji zabytkowych, kamiennych układów konstrukcyjnych, z podkreśleniem ważności określenia składu mineralogicznego i frakcyjnego gliny z uwagi na ich zasadniczy wpływ na właściwości zaprawy. Ponadto Doktorantka zaznacza, że zaprawy gliniane bez dodatków odznaczają się niewielką trwałością, co powoduje potrzebę modyfikacji ich składu w celu poprawy cech technicznych. W ramach wniosków szczegółowych Autorka pracy podkreśla, że przeprowadzone w ramach założonych rozważań naukowych badania potwierdziły, że dobór składu frakcyjnego składników zaprawy rekonstrukcyjnej podobnej do występujących w oryginalnej zaprawie, zapewnia uzyskanie odpowiedniej tekstury. Również inny wniosek szczegółowy zawiera informację, że wyniki badań wskazują na przydatność zaproponowanej przez Doktorantkę skali punktowej wskaźnika ryzyka zastosowania rozwiązania rekonstrukcyjnego, przedstawionego w skali punktowej i określonego od poziomu niskiego ryzyka, poprzez ryzyko umiarkowane, aż do ryzyka wysokiego. Podsumowaniem rozdziału są przedstawione dalsze propozycje prowadzenia prac naukowo-badawczych, które mogą przynieść kolejne wnioski. Otrzymane przez Kandydatkę do stopnia doktora wyniki z przeprowadzonych badań zostały dokładnie omówione i precyzyjnie skomentowane. Omówienie przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską uzyskanych wyników badań oceniam pozytywnie, a otrzymane rezultaty posiadają znaczącą wartość w naukowym obszarze wchodzącym w skład Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport..

## **8. Informacja dotycząca praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań**

Uzyskane wyniki badań, przeprowadzonych przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską w ramach przedmiotowej rozprawy doktorskiej zasługują na rozważenie możliwości ich praktycznego zastosowania. Powszechnie występujące, zabytkowe obiekty

budowlane, związane z historycznymi konstrukcjami murowymi borykają się z technicznymi problemami wynikającymi z upływającego czasu i ciągłej ekspozycji na oddziaływania czynników atmosferycznych. Przekłada się to na obniżenie właściwości zapraw występujących w tych rozwiązaniach konstrukcyjnych, co ma z kolei wpływ na trwałość i niezawodność takich zabytkowych przykładów, budowlanego dziedzictwa historycznego. Dobrej jakości zaprawy występujące w konstrukcjach murowych i charakteryzujące się stabilnymi cechami technicznymi są gwarantem zapewnienia możliwości wieloletniego użytkowania tych ustrojów konstrukcyjnych. W przedmiotowej dysertacji Doktorantka wykonała szereg prac naukowo-badawczych zmierzających w kierunku ustalenia składu zaprawy glinianej, która może być przeznaczona do rekonstrukcji historycznych murów kamiennych. Autorka pracy, w podsumowaniu stwierdza po przeprowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej pracach naukowo-badawczych, że możliwe jest ustalenie składu zaprawy glinianej na bazie lokalnych surowców do celów rekonstrukcji zabytkowych konstrukcji kamiennych. Doktorantka w prowadzonych rozważaniach naukowych wzięła pod uwagę właściwości wytrzymałościowe, właściwości związane z ekspozycją zrekonstruowanych obiektów na działanie czynników środowiskowych, kompatybilność zastosowanego rozwiązania materiałowego oraz konieczność zapewnienia autentyczności obiektów po rekonstrukcji. Należy zatem stwierdzić, że uzyskane przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską wyniki badań dają możliwości ich praktycznego zastosowania w kontekście zachowania dziedzictwa historycznego murowanych obiektów zabytkowych.

#### **9. Informacje o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej**

Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska wykonała wartościowe rozważania naukowe w ramach zrealizowanej dysertacji doktorskiej. Po szczegółowym zapoznaniu się z merytoryczną zawartością przedmiotowej pracy doktorskiej nasuwają się pewne spostrzeżenia, uwagi krytyczno-dyskusyjne:

- wykonana rozprawa nie zawiera jasno określonej tezy pracy (oczywiście w tekście znajdują się sformułowania posiadające charakter tezy, np. na str. 15, 61, 173), jednak jednoznaczne umieszczenie tezy pracy w tekście rozprawy jest pomocne - proszę o komentarz Doktorantki,
- str. 88 jest napisane: „...stworzono aplikację pozwalającą na określenie ryzyka (niekompatybilności) zastosowania określonych składów zapraw dla podanych kryteriów ...” - proszę (w trakcie obrony pracy) o rozszerzenie tej informacji zwłaszcza o możliwych pracach rozwojowym w kierunku jej uniwersalności,

- na str. 175 jest napisane – „Prowadzone będą także dalsze obserwacje murków testowych ...” proszę o informację czy planowane są modyfikacje (np. materiałowe lub inne) tych murków na potrzeby prowadzenia kolejnych badań ?
- jakie jest zdanie Doktorantki na temat badań w komorach do przyspieszonych badań starzeniowych ? czy byłyby pomocne w prowadzonych przez Doktorantkę rozważaniach naukowych ?
- czy Doktorantka rozważała potrzebę wykonania analizy statystycznej uzyskanych wyników z badań ?
- proszę o komentarz Doktorantki na temat możliwości prowadzenia podobnych do zaprezentowanych w przedmiotowej rozprawie doktorskiej badań, czy też przyjętych metod badawczych przy innych obiektach zabytkowych.

Praca jest starannie przygotowana pod względem edycyjnym – wyjątek na str. 16: „Testowe zaimplementowanie wybranego składu i jest analiza” - powinno być raczej: „... i jej analiza”

#### **10. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**

Rozprawa doktorska, wykonana przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską bardzo dobrze wpisuje się we współczesne rozważania naukowe dotyczące należytego utrzymania stanu technicznego i estetycznego zabytkowych obiektów budowlanych w kontekście zachowania dziedzictwa historycznego. Do najważniejszych, oryginalnych zagadnień dotyczących rozwiązania problemu naukowego można zaliczyć:

- określenie zbioru właściwości jakie powinna spełniać gliniana zaprawa rekonstrukcyjna do murów kamiennych, jak również zdefiniowanie kryteriów dotyczących właściwości mechanicznych, technologicznych, trwałości i kompatybilności,
- dokonanie doboru materiału zastępczego oraz zaproponowanie składu zaprawy glinianej do badań,
- wykonanie badań laboratoryjnych mających na celu określenie wybranych cech technicznych analizowanych przez Doktorantkę zapraw,
- dokonanie oceny ryzyka zastosowania zapraw o wybranych składach, z założeniem dotyczącym wybrania zaprawy glinianej do badań w skali półtechnicznej,
- wykonanie badań w skali półtechnicznej,
- opracowanie algorytmu doboru składu zaprawy glinianej przeznaczonej do prac rekonstrukcyjnych murów kamiennych.

Dysertacja doktorska, zrealizowana przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego. Doktorantka, swoimi rozważaniami naukowymi, prowadzonymi w ramach przedmiotowej pracy doktorskiej wniosła wkład

do Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport oraz wykazała oryginalność rozwiązania problemu naukowego poprzez trafne przyjęcie założeń badawczych i konsekwentne rozwiązywanie kolejnych zadań badawczych wraz ze sformułowaniem wniosków końcowych o charakterze ogólnym i szczegółowym.

#### **11. Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydatki do stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**

Po szczegółowym zapoznaniu się z całością opracowanej przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską rozprawy doktorskiej „Dobór optymalnego składu zapraw glinianych do rekonstrukcji zabytkowych obiektów kamiennych”, stwierdzam, że wykonana rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydatki do stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria lądowa, geodezja i transport. Doktorantka w swojej pracy prowadziła badania naukowe mające ścisły związek z wiedzą teoretyczną, potrzebną do przedstawienia założeń badawczych wraz z analizą stanu wiedzy oraz do prowadzenia niezbędnych rozważań naukowych zmierzających do sformułowania wniosków końcowych. Kandydatka wykazała się wiedzą teoretyczną na poszczególnych etapach realizacji przedmiotowej pracy doktorskiej. Zwraca również uwagę szczegółowa, teoretyczna analiza stanu wiedzy w obszarze naukowym obejmującym problematykę badawczą podjętą przez Doktorantkę. Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska, korzystając z wiedzy teoretycznej wykonała założone prace naukowo-badawcze oraz postępując zgodnie z przyjętym celem badawczym, osiągnęła pozytywne rezultaty i wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w dyscyplinie Inżynieria lądowa, geodezja i transport.

#### **12. Podsumowanie**

Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska w wykonanej dysertacji doktorskiej pt: „Dobór optymalnego składu zapraw glinianych do rekonstrukcji zabytkowych obiektów kamiennych”, zrealizowanej pod opieką naukową Pana Promotora prof. dr hab. inż. Andrzeja Garbacza oraz Pana Promotora pomocniczego dr inż. Wojciecha Terlikowskiego, zajęła się ważną tematyką naukową dotyczącą wielowątkowych aspektów związanych z utrzymaniem w należyтым stanie technicznym i estetycznym zabytkowych konstrukcyjnych ustrojów murowych. Praca doktorska wnosi nowe wartości w badawczym obszarze, dotyczącym materiałowych rozwiązań w elementach konstrukcyjnych zabytkowych obiektów budowlanych, do dyscypliny naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport. Cel wykonanej pracy został osiągnięty, świadczą o tym uzyskane wyniki z przeprowadzonych badań naukowych. Wykonana



przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską praca doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie sformułowanego problemu naukowego, a także posiada znaczne wartości w zakresie zastosowania otrzymanych wyników badań naukowych w sferze gospodarczej. Znajdujące się w recenzji dyskusyjne uwagi o charakterze krytycznym nie pomniejszają pozytywnej oceny zrealizowanej dysertacji doktorskiej.

### **13. Wniosek końcowy**

Przedstawiona do recenzji przedmiotowa rozprawa doktorska pt: „Dobór optymalnego składu zapraw glinianych do rekonstrukcji zabytkowych obiektów kamiennych”, wykonana przez Panią mgr inż. Ewę Sobczyńską, pod opieką naukową Pana Promotora prof. dr hab. inż. Andrzeja Garbacza oraz Pana Promotora pomocniczego dr inż. Wojciecha Terlikowskiego, spełnia wymagania określone w art. 186 ust. 1 pkt 5 oraz w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 roku poz. 478 ze zm.) oraz spełnia wymagania określone w art. 13 ust.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.).

W związku z powyższym przedstawiam pozytywną konkluzję i uprzejmie wnoszę o przyjęcie przedmiotowej rozprawy doktorskiej oraz wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Ewy Sobczyńskiej do kolejnych etapów przewodu doktorskiego - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 roku poz. 478 ze zm.) art. 191.1.

Jednocześnie zgłaszam wniosek o wyróżnienie wykonanej rozprawy doktorskiej. Uzasadnieniem wniosku jest zrealizowanie badań naukowych posiadających innowacyjne znaczenie w zaprezentowanych metodach badawczych, znajdujących zastosowanie w budowlanych obiektach zabytkowych, w kontekście poszanowania i zachowania konstrukcyjnych rozwiązań materiałowo-technologicznych dziedzictwa historycznego. Pani mgr inż. Ewa Sobczyńska przeprowadziła oryginalne rozważania naukowe, zgodnie z przyjętymi założeniami i posiadające równocześnie aspekty praktycznego zastosowania.



