

Gdańsk, dnia 10 października 2023 roku

prof. dr hab. inż. Lech Bałachowski
Katedra Geotechniki i Inżynierii Wodnej
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Mateusza Jocz
pt. „Establishing own correlation between the results of in situ tests and soil parameters
which include both CPTU and DMT results”
promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Marek Lefik
promotor pomocniczy: prof. dr inż. Daniela Boso

1. Podstawa opracowania

Niniejszą recenzję pracy doktorskiej sporządziłem na podstawie uchwały Rady do spraw Stopni Naukowych w dyscyplinach Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, Architektura i Urbanistyka Politechniki Łódzkiej z dnia 29 sierpnia 2023 roku i otrzymanego egzemplarza rozprawy.

2. Tematyka i cel rozprawy

Przedmiotem rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Mateusza Jocz jest zagadnienie wyznaczania zależności korelacyjnych między parametrami geotechnicznymi wyznaczanymi w badaniach laboratoryjnych, a wynikami badań polowych z wykorzystaniem sondowania statycznego metodą CPTu i badania dylatometrycznego DMT. W tym celu Autor interpretuje wyniki badań polowych, przeprowadza badania laboratoryjne i wyznacza parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe próbek gruntu. Stosując zaawansowane metody matematyczne Doktorant wykorzystuje te wyniki do nauczenia systemu sztucznych sieci neuronowych interpretacji wyników takich badań w celu bezpośredniego wyznaczania parametrów geotechnicznych na podstawie pomiarów z badań polowych. Podjęta przez Doktoranta tematyka badawcza wpisuje się w ogólną tendencję do opracowywania takich zależności dla lokalnych warunków gruntowych. Nowością tego podejścia jest wykorzystanie sieci neuronowych do opracowania predykcji parametrów geotechnicznych na podstawie wyników zaawansowanych badań polowych. Autor korzysta tu z zebranych przez siebie wyników badań na 15 polstkach badawczych z różnych regionów Polski.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Recenzowana praca napisana jest w języku angielskim i liczy 140 strony tekstu z uwzględnieniem streszczenia, spisu oznaczeń, bibliografii oraz spisu ilustracji, tabel i załączników. Dodatkowo, praca zawiera liczne załączniki w postaci wykresów i tabel (w sumie 18 stron).

Doktorant podzielił tekst pracy na osiem rozdziałów o zróżnicowanej objętości. W rozdziale pierwszym Autor uzasadnia ważność podjętego tematu, przedstawia motywację oraz podaje cel i tezę pracy. Rozdział drugi zawiera zwięzły opis regulacji w zakresie badań polowych, definicje parametrów charakterystycznych i obliczeniowych gruntu. Doktorant podaje tu również informacje o źródłach niepewności w badaniach geotechnicznych oraz typowe zakresy zmienności poszczególnych parametrów gruntu lub wyników badań polowych.

W rozdziale trzecim Doktorant opisuje dwa podstawowe rodzaje badań polowych wykorzystywanych w rozprawie tj. sondowanie statyczne metodą CPTu oraz badanie dylatometryczne DMT oraz zwięźle opisuje zasady ich wykonywania.

Rozdział czwarty dotyczy podstaw interpretacji wyników badań CPTu i DMT, w którym Autor zamieszcza zasady interpretacji rodzaju zachowania się gruntu oraz przedstawia podstawowe zależności korelacyjne stosowane w interpretacji parametrów geotechnicznych wyznaczanych na podstawie powyższych badań.

W rozdziale piątym Doktorant opisuje dane wykorzystane w analizach w postaci wierceń, map geologiczno-inżynierskich, badań laboratoryjnych oraz sondowań dynamicznych i badań ścinania sondą skrzydełkową w węzłach badawczych. W rozdziale tym przedstawiono również listę inwestycji uwzględnionych w niniejszej rozprawie wraz z mapą ich lokalizacji i zakresem przeprowadzonych tam badań geotechnicznych. Autor podaje podstawy wstępnej interpretacji budowy podłoża w oparciu o wyniki badań CPTu i podziału na klastry. Ważnym elementem tego rozdziału jest porównanie wyników interpretacji badań polowych (CPTu i DMT), wykorzystując korelacje przedstawione w rozdziale 4, z parametrami geotechnicznymi wyznaczonymi w badaniach laboratoryjnych.

Rozdział szósty stanowi wprowadzenie do zagadnienia sztucznych sieci neuronowych, w którym Autor omawia dwa rodzaje sieci tj. MLP i LSTM oraz organizację procesu uczenia w tych sieciach. Przedstawia procedurę budowania zależności między wynikami badań polowych a parametrami geotechnicznymi uzyskanymi w badaniach laboratoryjnych. Jest to zasadnicza część pracy, w której Doktorant dokonuje podziału na rodzaje i grupy gruntów oraz przedstawia zmienne wprowadzane w procesie uczenia dotyczące parametrów mierzonych w badaniach CPTu i DMT, wyników wierceń oraz odpowiadające im zagłębienie. Parametrami wyjściowymi w procesie uczenia sieci neuronowej są wybrane parametry geotechniczne. Uzyskane z obliczeń stałe wartości parametrów geotechnicznych w obrębie danej warstwy są następnie modyfikowane, tak aby odzwierciedlić ich naturalną zmienność. Autor stosuje tu dwie grupy wzorów transformacyjnych w zależności od kształtu krzywej mobilizacji oporu stożka z głębokością.

W rozdziale siódmym Autor szczegółowo opisuje trzy modele korelacyjne, o wzrastającej złożoności, zastosowane podczas procesu uczenia sieci neuronowej. W modelu 1 wykorzystano jedynie sondowania statyczne metodą CPTu. Model 2 uzupełniono o wyniki wierceń. W modelu 3 dodatkowo uwzględniono wyniki badań dylatometrycznych. Autor omawia efektywność procesu zbieżności podczas uczenia. Szczegółowo opisuje zagadnienie wyznaczania rodzaju gruntu jako problem klasyfikacyjny. W kolejnych podrozdziałach omawia wyznaczanie stopnia plastyczności, kąta tarcia wewnętrznego, spójności, wytrzymałości na ścinanie bez odpływu, edometrycznego modułu ściśliwości pierwotnej i przedstawia wykresy tych parametrów w zależności od zastosowanego modelu korelacji (trzy modele) oraz przyjętego rodzaju sieci (LSTM lub MLP).

Rozdział ósmy stanowi zwięźle podsumowanie pracy, w którym Doktorant podkreśla komplementarny charakter badań CPTu i DMT oraz niezbędność badań CPTu i wierceń do opracowania wiarygodnych korelacji. Autor pomija korelacje opracowane wyłącznie na badaniach DMT ze względu na ich

niewystarczającą jakością. Autor dyskutuje wpływ złożoności modelu danych wejściowych na jakość predykcji sieci. Podkreśla, że bez względu na rodzaj zastosowanej sieci neuronowej, wynikiem analiz jest wysoka jakość otrzymanych korelacji.

4. Ocena merytoryczna pracy

Rozprawa doktorska mgra inż. Mateusza Jocz dotyczy metody wyznaczania korelacji między wynikami badań polowych a wartościami wybranych parametrów geotechnicznych z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego. Autor wykorzystuje tu wyniki dwóch zaawansowanych metod badań polowych tj. CPTu i DMT, wykonanych na tych samych poletkach badawczych oraz wyniki wierceń badawczych. Pobrane próbki gruntu, pobrane podczas wierceń badawczych, poddane zostały standardowym badaniom laboratoryjnym, w których wyznaczono takie parametry geotechniczne jak efektywny kąt tarcia wewnętrznego, efektywną spójność, wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu, stopień plastyczności oraz edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej. Dodatkowo, w wybranych węzłach badawczych wykonano ścinania sondą skrzydełkową, wyznaczając w sposób bezpośredni wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu w terenie. Biorąc pod uwagę 136 dokumentacji geotechnicznych, Autor wybiera z nich 15 w celu dalszych analiz w ramach rozprawy doktorskiej. Lokalizacja tych badań bierze pod uwagę zasadnicze rodzaje gruntu występujące w Polsce oraz złożoną historię geologiczną z uwzględnieniem zlodowaceń. Są to zatem lokalizacje reprezentatywne umożliwiające sformułowanie ogólnych wniosków. Doktorant dysponuje rozbudowaną bazą danych wysokiej jakości, które wykorzystuje w metodzie sieci neuronowych, stosując dwa rodzaje sieci – LSTM i MLP. W początkowej fazie analiz interpretuje wyniki badań CPTu dzieląc podłoże na warstwy metodą klastrów wykorzystując algorytm centroidów (k-średnich) oraz metodę Calińskiego-Harabasz. Uzyskuje w ten sposób średnie wartości parametrów – stałe w obrębie klastra. W celu odzwierciedlenia naturalnej zmienności parametrów w obrębie danej warstwy Doktorant analizuje statystyczną zmienność wyników badań laboratoryjnych oraz badań CPTU i wyznacza współczynniki zmienności danego parametru geotechnicznego w rozpatrywanej warstwie. Modyfikuje w ten sposób średnią wartość danego parametru, stosując formuły transformacyjne zależne od rosnącego/malejącego oporu stożka q_c w danej warstwie. W analizach wykorzystuje wyniki wybranych 54 sondowań statycznych metodą CPTu, 10 badań dylatometrycznych, oraz wierceń usytuowanych w ich bliskim sąsiedztwie. Autor zestawia wyniki badań laboratoryjnych, porównując je z uzyskanymi na podstawie korelacji z wynikami badań CPTu i DMT, zawartych w załącznikach do normy PN-EN. Obserwuje tu duże rozbieżności, których przyczyn jednak nie komentuje.

Doktorant szczegółowo opisuje dwa rodzaje zastosowanych w pracy sieci neuronowych (MLP i LSTM) oraz opisuje trzy zastosowane modele o różnej złożoności. Pierwszy z nich wykorzystuje jedynie wyniki badań CPTu, drugi korzysta również z danych na podstawie odwiertów. Trzeci, najbardziej zaawansowany, uwzględnia dodatkowo wyniki badań dylatometrycznych. Autor wyodrębnia 10 rodzajów gruntu, które klasyfikuje w 5 grup. Oprócz klasycznych piasków i glin jest wśród nich również grupa gruntów pośrednich piaszczystych oraz pośrednich pylastych oraz grupa gruntów organicznych. Taki sposób podziału na grupy uważam za prawidłowy i bardzo użyteczny. Część zebranego zbioru danych (20%) Doktorant wykorzystuje w procesie uczenia sieci neuronowej minimalizując funkcję kosztu. Powyższa część zbioru danych bierze pod uwagę pełny możliwy zakres parametrów geotechnicznych oraz wszystkie podstawowe rodzaje gruntu. Autor analizuje proces zbieżności uzyskanego rozwiązania na podstawie dwóch wskaźników: błędu średniokwadratowego i pierwiastka z błędu średniokwadratowego. W przewidywaniach rodzaju gruntu na podstawie wyników CPTu sieć MLP daje lepszą predykcję niż sieć LSTM. Dodatkowe uwzględnienie wyników badań DMT

zdecydowanie poprawia zdolności obu rodzajów sieci neuronowych oraz redukuje poziom błędów. Autor prowadzi podobne analizy dla parametrów geotechnicznych podłoża, obserwując generalną tendencję polegającą na tym, że dokładność predykcji sieci neuronowej wzrasta wraz ze złożonością modelu danych wejściowych. W przypadku efektywnego kąta tarcia wewnętrznego oraz wytrzymałości gruntu na ścinanie bez odpływu poziom błędów z metody MLP jest mniejszy niż z metody LSTM. Odwrotną tendencję można zaobserwować dla efektywnej spójności. W przypadku edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej Autor wykorzystał wyniki badań DMT oraz badań laboratoryjnych w edometrze uzyskując bardzo dobrą jakość predykcji. Wynik ten jest zgodny z powszechną praktyką, która podkreśla dobrą zgodność osiadań wyliczonych z uwzględnieniem modułu gruntu w jednoosiowym stanie odkształcenia z badania dylatometrycznego z obserwacjami osiadań obiektów rzeczywistych. Autor zaznacza jednak, że wykorzystanie jedynie wyników badań dylatometrycznych do opracowania korelacji z parametrami geotechnicznymi nie daje jednak satysfakcjonującego rezultatu. Takie korelacje można jednak wyznaczyć korzystając wyłącznie z badań CPTu.

Doktorant jasno pokazał, że przewidywane wartości parametrów geotechnicznych na podstawie wyliczeń sieci neuronowych są dokładniejsze, gdy stosujemy co najmniej dwa źródła danych (CPTu i wiercenia, DMT i wiercenia, CPTu, DMT i wiercenia). Istotnym osiągnięciem Autora jest również wykazanie, że uwzględnienie naturalnej zmienności parametrów geotechnicznych w obrębie rozważanej warstwy poprawia predykcję sieci, zmniejszając jej błąd szacowania nawet do 50%. Stwierdzenie to nie dotyczy jednak wyznaczania stopnia plastyczności gruntu.

Chciałbym podkreślić wszechstronność metod badawczych użytych w analizowanej rozprawie doktorskiej. Mgr inż. Mateusz Jocz stosuje zaawansowane metody matematyczne, uwzględnia wyniki nowoczesnych badań polowych oraz standardowych badań laboratoryjnych i rozpatruje modele danych wejściowych o różnym stopniu złożoności. Autor rozprawy wykazuje się dobrą znajomością badań laboratoryjnych, badań polowych oraz analiz z wykorzystaniem sieci neuronowych na poziomie zaawansowanym. Praca ma zatem interdyscyplinarny charakter i wymagała od Doktoranta bardzo dużego nakładu pracy.

5. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

W rozprawie Autor przedstawia podstawowe klasyfikacje zachowania się gruntu na podstawie badań CPTu i DMT oraz wybrane zależności korelacyjne do wyznaczania parametrów geotechnicznych na podstawie wyników powyższych badań. W literaturze jest wiele korelacji, które dają wartości bliższe pomierzonym w badaniach laboratoryjnych. Jest oczywiście sprawą dyskusyjną jakie korelacje należałoby przyjąć w rozpatrywanych analizach. Rozumiem jednak stanowisko Doktoranta, który wybrał korelacje zawarte w załącznikach do aktualnej normy. Przyjęcie tych korelacji oraz inne czynniki powoduje, że wartości parametrów geotechnicznych wyznaczone przez Doktoranta w badaniach laboratoryjnych różnią się istotnie od wyznaczonych z powyższych korelacji. Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej jest znacząco wyższy od uzyskanych z korelacji na podstawie CPTu (Rysunek 5.6). Ciekawym byłoby tu porównanie z wartościami wyznaczonymi z badania DMT. Należałoby też podać zakres naprężeń, w którym wyznaczono wartość edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej w badaniach laboratoryjnych. W rozprawie brakuje również porównania wartości c_u uzyskanych z korelacji na podstawie badań dylatometrycznych, a uzyskanymi w laboratorium, gdyż Rysunek 5.7 stanowi powtórzenie części Rysunku 5.6. Ponadto, o ile jest to możliwe, możnaby tu również przedstawić wyniki c_u uzyskane z badania ścinania sondą skrzydełkową.

Z drugiej strony, wartości parametrów wytrzymałościowych uzyskane z korelacji są większe od wyznaczonych w laboratorium. Brakuje tu informacji jak wyznaczono wartości efektywne spójności i kąta tarcia wewnętrznego w gruntach spoistych w badaniach polowych (patrz pozycje literatury). Nie ma też informacji o tym, jakie warunki drenażu stosowano w badaniach trójosiowego ściskania. Na wybranych poletkach doświadczalnych Doktorant porównuje wartości parametrów uzyskanych na podstawie korelacji z badań polowych z wybranymi wynikami standardowych badań laboratoryjnych. Obserwuje tu dość duże rozbieżności, ale ich szczegółowo nie komentuje, ani nie wyjaśnia ich przyczyn. Jakie mogą być zatem powody tak znacznych rozbieżności? Czy powyższe rozbieżności oraz niedoskonałości mechanizmu poboru próbek i samych badań laboratoryjnych wpływają na proces uczenia sieci neuronowej?

W pracy zauważyłem pewne zamieszanie dotyczące pojęć związanych z wytrzymałością na ścinanie gruntów spoistych. Na stronie 52 Doktorant opisuje trzy rodzaje badań wytrzymałości na ścinanie w aparacie trójosiowego ściskania. Wytrzymałość gruntu spoistego w warunkach bez odpływu c_u może być wyznaczona w aparacie trójosiowego ściskania w badaniu UU (bez konsolidacji i bez odpływu) lub w badaniach CU (z konsolidacją i odpływem wody), przy czym to drugie badanie jest bardziej wiarygodne, jeśli chodzi o wyznaczenie tego parametru. Wytrzymałość gruntu spoistego w warunkach z odpływem (tj. spójność efektywną c') można wyznaczyć w aparacie trójosiowego ściskania, wykonując badanie CU i mierząc ciśnienie wody w porach gruntu lub przeprowadzając badanie CD (z konsolidacją i odpływem wody). Nie można zatem wyznaczyć tego parametru z badania UU jak sugeruje Autor na rysunku 4.5. W gruntach spoistych normalnie skonsolidowanych wartość spójności efektywnej będzie bliska zeru, a w gruntach prekonsolidowanych będzie ona miała pewną wartość dodatnią. Przeprowadzone przez Doktoranta analizy wartości spójności efektywnej dotyczą zatem gruntów prekonsolidowanych. W jakim rodzaju badania trójosiowego wyznaczono c_u na stronie 77?

Czy Autor próbował oszacować stopień prekonsolidacji badanych próbek gruntów spoistych? Jak można oszacować wartość OCR na podstawie wyników badań CPTU i DMT? Na stronie 119 Doktorant wyznacza wartość „spójności” na podstawie badań DMT. Można się domyślać, że jest to raczej wartość wytrzymałości na ścinanie bez odpływu. Czy sposób wyboru rodzaju funkcji transformacyjnej do uzyskania naturalnej zmienności parametru geotechnicznego, inny w przypadku gdy opór stożka q_c rośnie lub maleje w zakresie danej warstwy, można powiązać z jej prekonsolidacją?

Jaki jest wpływ poziomu naprężenia w gruncie/głębokości sondowania na uzyskane wyniki analiz? Moim zdaniem nie można stosować bezpośrednio tej metody w strefie przypowierzchniowej, gdyż nie ma tu zastosowania schemat fundamentu głębokiego w interpretacji sondowań statycznych. Mówimy tu o sytuacji, gdy stożek znajduje się na głębokości mniejszej od głębokości krytycznej. Należy zwrócić uwagę, iż zarówno badania laboratoryjne przy bardzo niskim poziomie naprężenia jak i przy bardzo wysokim jego poziomie stwarzają dodatkowe i wymagające wyzwania badawcze.

W pracy doktorskiej brakuje komentarza, dlaczego do analiz przyjęto wybrane parametry geotechniczne, a pominięto na przykład stopień zagęszczenia. Jestem tutaj świadomy trudności w oszacowaniu tego parametru w warunkach terenowych. Ciekawym zagadnieniem badawczym byłoby również oszacowanie wskaźnika prekonsolidacji rozpatrywanej warstwy gruntu.

W procesie uczenia sieci neuronowych Autor wykorzystuje wyniki badań laboratoryjnych. Na stronie 121 pisze, że w przypadku wytrzymałości na ścinanie bez odpływu wykorzystano badania ścinania sondą skrzydełkową. Proszę o uściślenie tej kwestii.

Na stronie 58 (Rysunek 4.5) Doktorant zamieszcza schemat wyznaczania wytrzymałości gruntu na ścinanie w warunkach pełnego lub częściowego nasycenia porów gruntu wodą. Bardziej

odpowiednie byłoby tutaj zamieszczenie schematu odpowiadającego wyznaczaniu wytrzymałości na ścinanie w przypadku gruntów normalnie skonsolidowanych i prekonsolidowanych.

Autor nie podaje informacji o poziomie zwierciadła wody gruntowej w węzłach badawczych w uwzględnionym zbiorze badań polowych. Czy wszystkie rozpatrywane profile dotyczyły gruntów w pełni nawodnionych? Czy zastosowane procedury badawcze można ekstrapolować na przypadek gruntów częściowo nasyconych wodą? Czy poziom zwierciadła wody gruntowej lub stopień nasycenia gruntu wodą nie powinien być wówczas przyjęty jako jeden z parametrów? Zagadnienie gruntów częściowo nasyconych w dużej mierze związane jest z interpretacją wyników sondowań statycznych na niewielkich głębokościach.

Doktorant korzysta ze standardowych badań laboratoryjnych. Jaka była jakość pobieranych próbek i ich stopień naruszenia. Czy wpływa to w sposób istotny na procedury badawcze i jakość uzyskanych korelacji? Jaka jest wrażliwość zastosowanej metody badawczej na niską jakość danych wejściowych?

W rozdziale 7 Autor zamieszcza szereg wykresów predykcji różnych parametrów geotechnicznych. Bardzo użytecznym byłoby tu zamieszczenie informacji lub profilu odwiertu z podaniem położenia zwierciadła wody gruntowej, rodzaju i stanu gruntu i ewentualnie jego prekonsolidacji.

Autor przedstawia szereg klasyfikacji gruntu na podstawie badań CPTu, nie analizuje jednak nowszej propozycji Robertsona z 2016 roku, gdzie podzielono grunty ze względu na charakterystykę zmian objętości gruntu podczas ścinania (kontraktancja-dylatacja). Biorąc pod uwagę szeroki zakres badań laboratoryjnych przeprowadzonych przez Autora oraz zebrany bogaty materiał badawczy, porównanie wyników badań laboratoryjnych i rezultatów powyższej klasyfikacji mogłoby, w dalszej perspektywie, stanowić pewne uzupełnienie i rozwinięcie podjętych badań.

Przedstawiona rozprawa doktorska napisana jest w sposób bardzo przejrzysty i zrozumiały. Na uwagę zasługuje również czytelna i dopracowana szata graficzna. Poniżej podaję kilka uwag dotyczących strony formalnej rozprawy doktorskiej. Zestawiłem tu drobne zauważone błędy edytorskie.

- Tabela 2.1 – kolumna Methods,
- Tabela 4.2 – attraction a ,
- Rysunek 4.7 – należy zaznaczyć wpływ ściśliwości piasku,
- Rysunki 5.6 i 5.7 zawierają błędne jednostki w opisie osi,
- Rysunek 5.7 zawiera błędne dane,
- Strona 74 u dołu – błędne odwołanie do Rysunku 5.4,
- W przypadku efektywnych parametrów wytrzymałościowych gruntu należy stosować oznaczenia c' oraz ϕ' ,
- Strona 100 – niewłaściwe odwołania do wzorów transformacyjnych,
- W podpisie do Rysunku 7.36 pojawia się pojęcie „zmodyfikowany model nr 3”. Co on oznacza?

Pragnę jednak podkreślić, że powyższe drobne uwagi edytorskie w żaden sposób nie pomniejszają przedstawionych w rozprawie doktorskiej własnych i oryginalnych osiągnięć Autora.

Literatura:

- 1) Zhongkun Ouyang and Paul W. Mayne, Effective friction angle of clays and silts from piezocone penetration tests, Canadian Geotechnical Journal 2017
- 2) Ouyang and Mayne, Effective friction angle of soft to firm clays from flat dilatometer, Geotechnical Engineering, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, <http://dx.doi.org/10.1680/jgeen.16.00073>, Paper 1600073

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgra inż. Mateusza Jocz stanowi cenny materiał badawczy dotyczący sposobu wyznaczania parametrów geotechnicznych podłoża na podstawie wyników badań CPTu i DMT z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. Praca ta stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wnosi oryginalne elementy poznawcze. Oceniana rozprawa doktorska całkowicie spełnia wymogi określone w odpowiednich przepisach. Pragnę podkreślić, że Autor wykazuje się w rozprawie zaawansowaną wiedzą teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport oraz umiejętnością prowadzenia badań naukowych. Zawarte w pracy sformułowania i rozwiązania problemu badawczego potwierdzają, że Doktorant zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) sprostął wymaganiom stawianym kandydatom do stopnia naukowego doktora. Wniosuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Mateusza Jocz pt., „Establishing own correlation between the results of in situ tests and soil parameters which include both CPTU and DMT results” do publicznej obrony.

