



# Wydział Inżynierii Lądowej

POLITECHNIKA WARSZAWSKA



**dr hab. inż. Grzegorz Kacprzak**

Wydział Inżynierii Lądowej

Politechnika Warszawska

Warszawa, dn. 09.05.2022 r.

**Zachodniopomorski  
Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
al. Piastów 50a, 70-311 Szczecin**

## Recenzja naukowa

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Adama Wasiluka pt. *Analiza wpływu niepewności na interpretacje wyników krzywej Q-s, przy wykonywaniu próbných statycznych obciążeń pali* wykonanej na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Zygmunta Meyera

Recenzję przygotowano na zlecenie Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego z dnia 07.03.2022 r. zgodnie z Ustawą z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. poz. 1669), art. 14 ust. 1 pkt 1, ust. 2 pkt 2 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.) oraz Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. *w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora* (Dz. U. poz. 261).

Przedłożona do recenzji rozprawa posiada formę pracy pisemnej.

Niniejsza recenzja ocenia rozprawę w aspekcie merytorycznym tzn. odpowiada na pytanie czy rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz czy przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

## Ogólna charakterystyka pracy

Praca doktorska Pana mgr inż. Adama Wasiluka składa się z dwóch części.

Pierwsza z nich stanowi zasadniczy tekst rozprawy obejmujący: 9 rozdziałów, bibliografię (103 publikacje, 3 materiały niepublikowane, 5 przywołanych norm branżowych), spis rysunków, spis zdjęć, spis tabel, spis załączników (wszystkie w języku polskim). Ta część pracy zajmuje łącznie 133 numerowanych stron.

Drugą częścią jest zbiór 4 załączników: Wyniki badań eksperymentalnych – wydruki z pomiarów testów statycznych, Wyniki badań eksperymentalnych obliczenia, Wyniki badań analitycznych – uwzględnienie wyniesienia, Wyniki badań analitycznych – zbiór 61 pali, analiza imperfekcji pomiaru.

Na początku pracy umieszczono spis treści w języku polskim (2 strony), streszczenie w języku polskim (2 strony) i angielskim (jedna strona), wykaz oznaczeń w języku polskim (3 strony).

Recenzent z dużą uwagą i dogłębnie zapoznał się z treścią rozprawy Pana mgr inż. Adama Wasiluka. W dalszej części recenzji wymienione są w punktach najważniejsze wnioski i uwagi z przeprowadzonej recenzji, ustosunkowujące się do wymogów określonych w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym.

### Temat, cel i założenia badawcze

Za ważne i celowe w praktycznej ocenie interakcji pali i ośrodka gruntowego podczas badań próbnych statycznych obciążeń pali należy uznać podjęcie przez Pana mgr inż. Adama Wasiluka tematu analizy wpływu założonej niepewności na interpretacje wyników krzywej Q-s.

Analiza wpływu niepewności na interpretacje krzywej Q-s została przeprowadzona w celu określenia istotności 2 czynników wpływających na przebieg zależności *Obciążenie przyłożone na pal* [kN] – *osiadanie głowicy pala* [mm] w postaci dopasowywania się pala do podłoża gruntowego oraz ugięcia przestrzeni gruntowej wywołanej wyniesieniem pali kotwiących. Autor rozprawy założył, że przy wykorzystaniu metody ekstrapolacji (modelu Meyera - Kowalowa) wyników Q-s w zakresie małych osiadań głowicy pala możliwe jest ustalenie niepewności wynikających ze sposobu prowadzenia próbnych statycznych obciążeń pali, a następnie uwzględnienie ich w finalnej interpretacji wyników testów terenowych.

### Struktura i zawartość pracy

Na początku pracy znajduje się Spis treści oraz Streszczenie w języku polskim i angielskim. Następnie przedstawiono Wykaz oznaczeń używanych w pracy. W Streszczeniu Autor rozprawy przedstawia poszczególne rozdziały. Na str. 4 Autor pisze, że: „W rozdziale 8 przedstawiono podsumowanie badań, sformułowano wnioski i omówiono program dalszych badań”. W rzeczywistości jest 9 rozdziałów. Recenzent zaleca przemyślenie czy nie usunąć Rozdziału 9, tak jak miał to w zamierzeniu Autor rozprawy, łącząc go wspólnie z Rozdziałem 8.

Praca składa się z 9 rozdziałów. Otwiera ją 1. Wstęp, który zawiera klasyfikację pali, omówienie sposobu badania pali w terenie oraz uzasadnienie podjęcia tematu. Autor trafnie wskazuje na konieczność ciągłych badań umożliwiających rozpoznanie udziału poboczniczy i podstawy pala w przenoszeniu obciążenia. Interpretacja statycznych prób obciążeniowych pali, wchodzących w zakres

tych badań, niejednokrotnie pomija złożoność samego testu. Brak uwzględnienia zjawisk możliwych do wystąpienia podczas badania prowadzi do błędnego oszacowania zależności Q-s.

We Wstępie nakreślono problem w sposób ogólny. Przekazana została w nim myśl przewodnia pracy. Wstęp wprowadza w tematykę pracy, sygnalizuje znaczenie możliwego błędnego oszacowania zależności Q-s na bezpieczeństwo obiektów budowlanych. Logicznym następstwem Wstępu jest Rozdział 2 gdzie jasno określono cel, tezę, zakres rozprawy oraz metody i narzędzia badawcze wykorzystane w analizie. Stąd rozdział został podzielony na 4 podrozdziały.

Rozdział 3 został podzielony na 4 podrozdziały: 3.3, 3.4, 3.5 i 3.6. Należy poprawić numerację podrozdziałów. W Rozdziale 3 przeprowadzono przegląd istniejącej literatury w zakresie metod interpretacji wyników testów statycznych pala. W podrozdziale 3.3 przedstawiono 12 wybranych empirycznych metod interpretacyjnych dla badań terenowych, najczęściej prezentowanych w literaturze. Jednocześnie wskazano na istniejące różnice w analizie wyników z próbnych obciążeń. W podrozdziale 3.4, na podstawie analizy dostępnej literatury, wskazano dwa główne źródła niepewności przy projektowaniu pali: błędy na etapie badań ośrodka gruntowego oraz niedokładność modeli analitycznych (min. ze względu na uproszczenia złożonych zjawisk w podłożu w celu budowy użytecznych modeli). W takim przypadku zapas bezpieczeństwa zwykle szacuje się z porównania wyników terenowych badań pali z wynikami z modeli analitycznych na podstawie wstępnie określonej geologii. Autor słusznie zauważa, że co do zasady zakłada się, że interpretacja Q-s pozbawiona jest jakichkolwiek niepewności. Stoi to w sprzeczności z wnioskami ze Wstępu pracy co pokazuje, w zestawieniu z przywołanymi publikacjami, że Autor jako pierwszy podjął się oryginalnego rozwiązania problemu naukowego poprzez wykonanie oceny istotności niepewności krzywej modelu Q-s oraz niepewności samego badania próbnego.

Rozdział 4 został podzielony na 5 podrozdziałów. Ponownie podrozdziały posiadają niepoprawną numerację: od 4.3 do 4.7. Rozdział 4 przedstawia wybrane narzędzie badawcze – model Meyera – Kowalowa z koniecznością jego modyfikacji poprzez włączenie analizowanych parametrów niepewności  $s_o$  – niepewność wynikająca z samego testu rozumiana jako dopasowywanie się gruntu do pala w trakcie próby terenowej oraz  $s_k$  – niepewność wynikająca z wyniesienia pali kotwiących. Zdaniem recenzenta tekst „W dalszej części rozprawy przedstawione zostaną przykłady zastosowania proponowanej modyfikacji modelu M-K z uwzględnieniem niepewności pomiaru...” powinien znaleźć się na końcu Rozdziału 4.

Rozdział 5 stanowi weryfikację wybranej metody badawczej na podstawie porównania z wynikami z 5 statycznych próbnych obciążeń pali wielkośrednicowych. Wartym podkreślenia jest fakt, że zmodyfikowany przez Autora rozprawy model M-K zweryfikowano przy wykorzystaniu wyników w zakresie dużych osiadań głowicy pala, dla których osiągnięto nośności graniczne. Same wyniki testów statycznych pali wykonanych w ramach badań eksperymentalnych przedstawiono w Załączniku 1. Wyniki aproksymacji wykonanych w terenie testów statycznych przedstawiono w Załączniku 2. Aproksymacje wyników wskazują, że model klasyczny M-K i model zmodyfikowany M-K umożliwiają bardzo dobrą ocenę nośności granicznej pala (odchyłka pomiędzy wartościami wyznaczonymi a pomierzonymi wynosiła max. 6%).

Rozdział 6 stanowi logiczne następstwo Rozdziału 5. Po przeprowadzeniu weryfikacji dla pełnego zbioru danych tzn. przy znanej wartości nośności granicznej, będącej głównym parametrem krzywej



M-K, Autor rozprawy przeprowadza analizę statystyczną 61 badań statycznych różnych rodzajów pali, z różnych lokalizacji. W analizie autor posługuje się modelem klasycznym M-K i modelem zmodyfikowanym M-K, co umożliwi mu na wyciągnięcie wniosków na temat istotności przedmiotowych niepewności w ocenie zależności Q-s.

W Rozdziale 6, w podrozdziale 6.1 należy połączyć pierwsze dwa zdania (str. 71).

Podrozdział 6.7 podsumowuje przeprowadzoną analizę i przedstawia bardzo ciekawe wnioski: dzieli 61 przebadanych pali na trzy grupy, przez co udowadnia, że uwzględnione niepewności w zmodyfikowanym modelu M-K, ma wpływ na interpretację wyników. We wszystkich grupach zaobserwowano zmianę nośności granicznej pala. Charakter Q-s zmienił się dla grupy 2 i 3. Trzecia grupa dodatkowo wskazuje, że uwzględnienie niepewności przejawia się w odwróceniu udziału składowych oporu pala w przenoszeniu obciążenia.

W Rozdziale 7 przedstawiono praktyczny algorytm szacowania pełnej zależności Q-s wraz z oceną nośności granicznej pala na podstawie testu statycznego, w tym niepełnego testu bez osiągnięcia nośności, ograniczonego w zakresie małych osiadań. W przedstawionej metodzie uwzględniono mogące wystąpić niepewności. W rozdziale przedstawiono przykłady liczbowe.

W Rozdziale 8 przedstawiono podsumowanie badań i sformułowano osiem wniosków końcowych. Udowodniono postawioną na początku pracy tezę, że możliwe jest ustalenie i uwzględnienie dwóch typów niepewności w interpretacji statycznych obciążeń próbnych pali. Wskazano na istotny wpływ uwzględnienia wskazanych niepewności na ocenę nośności granicznej pala oraz na udział poboczniczy i podstawy w przenoszeniu obciążenia.

W Rozdziale 9 przedstawiono program dalszych badań analitycznych i eksperymentalnych mających na celu wypracowanie jeszcze lepszej metodyki szacowania pełnej zależności Q-s (dla pełnego zakresu osiadań) z oceną nośności granicznej pala na podstawie statycznych obciążeń próbnych pala z wykorzystaniem modelu M-K.

### **Oryginalność i wartość naukowa pracy**

Korzystając z wyżej przeprowadzonej analizy zawartości pracy wynika, że przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w postaci ustalenia i uwzględnienia dwóch rodzajów niepewności w szacowaniu nośności granicznej pala, ocenie zależności *Obciążenie przyłożone na pal* [kN] – *osiadanie głowicy pala* [mm], jak również udziału poboczniczy i podstawy pala w przenoszeniu obciążenia. W rozprawie uwzględniono niepewności wynikające z dopasowania się gruntu do pala w trakcie badania oraz niepewności wynikające z ugięcia przestrzeni gruntowej wokół badanego pala wskutek ruchu pionowego w górę pali kotwiących. Autor rozprawy stworzył własną oryginalną metodę analizy w postaci zmodyfikowanego modelu Meyera – Kowalowa. Model został zweryfikowany przy wykorzystaniu wyników w zakresie dużych osiadań głowicy pala, dla których osiągnięto nośności graniczne (na podstawie 5 statycznych prób terenowych). Autor rozprawy przeprowadził analizę statystyczną 61 badań statycznych różnych rodzajów pali, z różnych lokalizacji posługując się dwoma narzędziami badawczymi: modelem klasycznym M-K i własnym, zmodyfikowanym modelem M-K, co umożliwiło mu na wskazanie istotnego wpływu wskazanych niepewności na ocenę nośności granicznej pala oraz na udział poboczniczy i podstawy w przenoszeniu

obciążenia. Autor rozprawy udowodnił, że posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

### **Styl, język i redakcja pracy**

Praca prezentuje dobry poziom redakcyjny. Napisana jest językiem technicznym z użyciem poprawnej i fachowej terminologii. Od strony stylistycznej nie można dopatrzeć się jakichkolwiek uchybień i niedociągnięć. Język pracy jest poprawny, czyta się ją z zainteresowaniem. Sprawia wrażenie napisanej z dużą uwagą i starannością. Zdania są formułowane w sposób jasny i przejrzysty. Praca została poprawnie podzielona na rozdziały i podrozdziały. Należy poprawić numerację podrozdziałów w Rozdziale 3 i 4. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów precyzyjnie określają przedstawioną w nich treść. Poprawnie i konsekwentnie stosowane są odwołania do załączonej bibliografii w postaci: [numer w bibliografii].

Podpisy pod rysunkami są sformułowane poprawnie, umożliwiając czytelnikowi zrozumienie przedstawionej treści. Podpisy należy uznać za kompletne pod względem odwołania do źródeł.

### **Ocena końcowa**

Podjęty w pracy doktorskiej temat ma istotne znaczenie dla właściwego określenia przebiegu zależności *Obciążenie przyłożone na pal [kN] – osiadanie głowicy pala [mm]* oraz oceny nośności granicznej pojedynczego pala w zakresie pełnego spektrum możliwych osiadań głowicy pala, na podstawie wyników próbnych statycznych obciążeń pali. Autor rozprawy wykazał się umiejętnością dostrzegania istotnych problemów badawczych oraz samodzielnego tworzenia aparatu naukowego (w tym modelu matematycznego oraz algorytmu obliczeniowego), niezbędnego dla prowadzenia badań. Posiadana przez niego rozległa wiedza teoretyczna, a także duże doświadczenie praktyczne, pozwoliły mu na zbadanie postawionego problemu w oryginalny sposób, przy użyciu autorskiej metody. Oceniana rozprawa doktorska jest pracą o znaczących walorach poznawczych i aplikacyjnych dla środowiska inżynierskiego.

Zdaniem recenzenta, w świetle obowiązujących przepisów dotyczących stopni naukowych i tytułu naukowego, przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr inż. Adama Wasiluka pt. „Analiza wpływu niepewności na interpretacje wyników krzywej Q-s, przy wykonywaniu próbnych statycznych obciążeń pali” zrealizowana na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Zygmunta Meyera spełnia warunki i kryteria stawiane pracom doktorskim. W związku z powyższym możliwe jest dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego oraz do publicznej obrony.

dr hab. inż. Grzegorz Kacprzak

Wydział Inżynierii Lądowej  
Politechnika Warszawska

