

Spełnia wymogi formalne
8.01.2024

Prof. dr hab. inż. Joanna Bzówka
Katedra Geotechniki i Dróg
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska

Gliwice, 4 stycznia 2024 roku

WPLYNĘŁO - WBLIW

08-01-2024

ns/7/2024

O C E N A

osiągnięcia naukowego oraz aktywności naukowej,
dorobku zawodowego, dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzującego naukę
dr. inż. MARCINA CHWAŁY
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego,
prowadzonym przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja
i Transport Politechniki Wrocławskiej

1. Podstawy opracowania recenzji

Opinia w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Marciniowi Chwale została opracowana na podstawie zawiadomienia z dnia 15 listopada 2023 roku o wyznaczeniu mnie na Recenzenta i Członka Komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Marcinowi Chwale z Politechniki Wrocławskiej, w oparciu o uchwałę Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Wrocławskiej, nr 385/63/RDND06/2021-2024 z dnia 8 listopada 2023 roku o powołaniu komisji habilitacyjnej.

Wraz z pismem Przewodniczącego Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport prof. Wojciecha Puły z dnia 10 listopada 2022 roku, nr W2/1362/2023, do opracowania opinii zostały przesłane następujące dokumenty:

- 1.1. Wniosek Pana dr inż. Marcina Chwały z dn. 26 lipca 2023 roku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport,
- 1.2. Dane Wnioskodawcy do korespondencji i kontaktu (załącznik 1),
- 1.3. Kopia dyplomu nadania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej budownictwo (załącznik 2),
- 1.4. Autoreferat przedstawiający opis kariery zawodowej w j. polskim (załącznik 3),
- 1.5. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport (załącznik 4),
- 1.6. Wykaz dorobku naukowego z afiliacją Autora do PWR – Baza DONA – Bibliografia dorobku Politechniki Wrocławskiej (załącznik 5),
- 1.7. Publikacje wchodzące w cykl publikacji będących głównym osiągnięciem naukowym Habilitanta wraz z oświadczeniami współautorów o wkładzie Habilitanta w ich powstanie (załącznik 6),
- 1.8. Pozostałe publikacje Habilitanta w czasopiśmie ze wskaźnikiem *Impact Factor* (IF) (załącznik 7),
- 1.9. Pozostałe publikacje Habilitanta (załącznik 8),
- 1.10. Wersja elektroniczna wniosku wraz z załącznikami, tożsama z wersją papierową.

2. Zakres oceny

Ocena jest dokonywana zgodnie z wymogami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2022 r., poz. 574 z późn. zm.), zgodnie z wymaganiami określonymi w art. 219.

3. Podstawowe informacje o Habilitancie

Dr inż. Marcin Chwała tytuł zawodowy inżyniera na kierunku budownictwo, specjalności geotechnika i hydrotechnika uzyskał w styczniu 2012 roku na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Tytuł zawodowy magistra inżyniera na kierunku budownictwo, na specjalności budownictwo podziemne i inżynieria miejska uzyskał w lipcu 2013 roku, również na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Praca magisterska pt.: „Zastosowanie losowego mechanizmu Prandtla oraz losowego mechanizmu Hilla w obliczeniach niezawodności ław fundamentowych” została wyróżniona przez Polski Komitet Geotechniki.

Na podstawie rozprawy doktorskiej pt.: „Ocena losowej nośności posadowienia bezpośredniego metodą kinematyczną”, przygotowanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Wojciecha Puły, Habilitant uzyskał stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo 28 listopada 2018 roku; praca doktorska została wyróżniona.

Od października 2017 roku do marca 2019 roku dr inż. Marcin Chwała był zatrudniony na stanowisku asystenta badawczo-dydaktycznego, zaś od kwietnia 2019 roku jest zatrudniony na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego w Katedrze Geotechniki, Hydrotechniki, Budownictwa Podziemnego i Wodnego na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej.

Dr inż. Marcin Chwała jest Autorem bądź współautorem 35 publikacji, w tym 16 artykułów, 11 referatów konferencyjnych, 1 rozdziału w monografii, 1 komunikatu konferencyjnego. 15 artykułów znajduje się na liście filadelfijskiej, a sumaryczny *Impact Factor* wynosi 55,256.

Dr inż. Marcin Chwała podczas sesji konferencyjnych miał 15 wystąpień konferencyjnych, z czego 11 było w j. angielskim.

Na wyróżnienie zasługują odbyte przez Habilitanta staże naukowe, i tak:

- 3-miesięczny staż w ramach programu Erasmus+ w Università degli Studi „G. d’Annunzio” Chieti-Pescara we Włoszech pod opieką prof. Giovanni Vessi (marzec – maj 2017),
- 2-tygodniowy staż w ramach programu Erasmus+ w Institute for Risk and Reliability w Leibniz University Hannover (październik 2021),
- 6-miesięczny staż w ramach stypendium Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (program im. Bekkera) w Institute for Risk and Reliability w Leibniz University Hannover (marzec – wrzesień 2022),
- 2-tygodniowy staż z program Erasmus+ w International Research School of Planetary Sciences we Włoszech pod opieką prof. Goro Komatsu (kwiecień 2023).

Dr inż. Marcin Chwała od 2019 roku pełni funkcję sekretarza w Czasopiśmie *Studia Geotechnica et Mechanica*, a od 2021 roku jest członkiem Editorial Board (Early Career) w Czasopiśmie *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, wydawanym przez Tylor and Francis. Ponadto, dr inż. Marcin Chwała jest edytorem numeru specjalnego w Czasopiśmie *Geological Journal*, wydawanym przez Wiley pt.: „Design and Construction of Tunnels and Tunneling Geological Issues”.

Habilitant był uczestnikiem inicjatywy mentoringowej „*Mentoring Initiative*”, pod opieką mentora prof. Yan Lavallee.

W swoim dorobku Habilitant może pochwalić się wykonaniem ponad 20 recenzji dla następujących Czasopism: *Studia Geotechnica et Mechanica*, *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Computers and Geotechnics*, *Acta Geotechnica*, *Transport in Porous Media*.

Habilitant od maja 2013 roku do sierpnia 2017 roku, z trzymiesięczną przerwą w 2017 roku na odbycie stażu, był pełnoetatowym pracownikiem Przedsiębiorstwa Realizacyjnego Inora Sp. z o.o.

Od 2019 roku dr inż. Marcin Chwała jest członkiem Polskiego Komitetu Geotechniki oraz członkiem International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE).

4. Ocena osiągnięcia naukowego

Głównym osiągnięciem naukowym dr inż. Marcina Chwały jest cykl 11 publikacji pt.: „*Szacowanie losowej nośności fundamentu bezpośredniego z optymalizacją lokalizacji sondowań*”, spośród których 6 jest samodzielnych i 5 jest współautorskich.

Cykl publikacji:

- 1) Puła, W., Chwała, M. (2018): Random bearing capacity evaluation of shallow foundations for asymmetrical failure mechanisms with spatial averaging and inclusion of soil self-weight. *Computers and Geotechnics*, 101, 176-195.
- 2) Chwała, M. (2019a): Undrained bearing capacity of spatially random soil for rectangular footings. *Soils and Foundations*, 59(5), 1508-1521.
- 3) Chwała, M. (2019b): Bearing Capacity for Spatially Random Soil Considering Cone Penetration Test Locations. *Proceedings of the 7th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR)*.
- 4) Chwała, M., Puła, W. (2020): Evaluation of shallow foundation bearing capacity in the case of a two-layered soil and spatial variability in soil strength parameters. *Plos one*, 15(4), e0231992.
- 5) Chwała, M. (2020a): On determining the undrained bearing capacity coefficients of variation for foundations embedded on spatially variable soil. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 42(2), 125-136.
- 6) Chwała, M. (2020b): Soil sounding location optimisation for spatially variable soil. *Géotechnique Letters*, 10(3), 409-418.
- 7) Chwała, M. (2021a): Optimal placement of two soil soundings for rectangular footings. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13(3), 603-611 (i późniejsze Corrigendum).
- 8) Chwała, M., Kawa, M. (2021): Random failure mechanism method for assessment of working platform bearing capacity with a linear trend in undrained shear strength. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13(6), 1513-1530.
- 9) Chwała, M. (2022): An iterative algorithm for random upper bound kinematical analysis. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 44(1), 13-25.
- 10) Chwała, M., Jerez, D.J., Jensen, H.A., Beer, M. (2022): Random Failure Mechanism Method in Optimal Borehole Placement for Shallow Foundation Design Under Spatially Variable Conditions. *Proc. of the 8th Int. Symp. on Reliability Engineering and Risk Management (ISRERM 2022)*.

- 11) Chwała, M., Jerez, D.J., Jensen, H. A., Beer, M. (2023): Performance assessment of borehole arrangements for the design of rectangular shallow foundation systems. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2023.05.009>

W kontekście tematyki zastosowań metod probabilistycznych w geotechnice, główne osiągnięcie Habilitanta dotyczy rozwoju metod probabilistycznych w szacowaniu nośności fundamentów bezpośrednich i propozycji nowego podejścia pozwalającego na uwzględnienie i optymalny dobór położenia sondowań w procesie projektowania fundamentów.

Dr inż. Marcin Chwała wyznaczył następujące cztery cele, które zamierzał osiągnąć w cyklu 11 publikacji:

- 1) Opracowanie numerycznie efektywnej metody pozwalającej na szacowanie nośności fundamentu bezpośredniego (traktowanej jako zmienna losowa) przy założeniu trójwymiarowej przestrzennej zmienności parametrów podłoża gruntowego,
- 2) Zaproponowanie metody pozwalającej uwzględnić wpływ miejsc sondowania podłoża gruntowego na szacowanie nośności fundamentów bezpośrednich,
- 3) Opracowanie procedur optymalizacyjnych pozwalających na poszukiwanie najlepszych możliwych miejsc sondowania podłoża gruntowego w procesie projektowania fundamentów bezpośrednich,
- 4) Rozszerzenie metody z punktu 1) i 2) w celu umożliwienia uwzględnienia większej liczby fundamentów i większej liczby sondowań.

Cel 1:

Metoda szacowania losowej nośności fundamentów i jej zastosowanie do analizy ławy fundamentowej

- w ramach cyklu publikacji Habilitant zaproponował metodę losowych mechanizmów zniszczenia (*Random Failure Mechanism Method*, RFMM), której nazwa po raz pierwszy została użyta w pracy (Chwała i Kawa, 2021), a podwaliny zostały opracowane w publikacji (Puła i Chwała, 2018). Habilitant współtworzył podstawy teoretyczne metody, opracował procedury optymalizujące geometrię mechanizmu zniszczenia oraz zaimplementował metodę w środowisku *Mathematica*,
- w metodzie RFMM dyskretyzuje się pole losowe do zestawu skorelowanych zmiennych losowych.

Metoda szacowania nośności fundamentów prostokątnych

- w pracy (Chwała, 2019a), Autor rozszerza metodę RFMM do analizy zagadnienia trójwymiarowego w przypadku prostokątnego fundamentu bezpośredniego posadzonego na podłożu jednowarstwowym w warunkach bez odpływu. Implementacja RFMM do zagadnienia trójwymiarowego pozwoliła Habilitantowi na uzyskanie pierwszych dostępnych w literaturze kompleksowych analiz fundamentu prostokątnego posadzonego na podłożu o cechach przestrzennie zmiennych. Było to możliwe dzięki wysokiej efektywności numerycznej zaproponowanego podejścia oraz jego implementacji w środowisku *MatLab*,
- Habilitant wszystkie wyrażenia całkowe wyprowadził i zaimplementował w środowisku *MatLab*,
- wykazał, że uwzględnienie przestrzennej zmienności w trzech wymiarach jest istotne w analizie bezpieczeństwa fundamentów i prowadzi do mniej konserwatywnych oszacowań nośności w porównaniu z podejściem dwuwymiarowym,
- dzięki metodzie RFMM Autor przeanalizował znacznie szerszą grupę przypadków, włączając w to analizę wpływu długości fundamentu na wartości średnie

- i współczynniki zmienności nośności przy wykorzystaniu do tego celu standardowego komputera osobistego,
- w pracy (Chwała, 2020a), Autor pokazuje, że dla założonego mechanizmu zniszczenia w warunkach bez odpływu przyjęcie stałej macierzy kowariancji ma marginalny wpływ na jakość osiągniętych wyników. Przyczynia się to do znacznego skrócenia czasu obliczeń; jest to redukcja czasu obliczeń od ok. 1000 do 10000 razy w stosunku do losowej metody elementów skończonych przy zachowaniu porównywalnej jakości rezultatów.

Metoda szacowania nośności łąw fundamentowych na podłożu uwarstwowionym

- w pracy (Chwała i Puła, 2020), Autor stosuje metodę RFMM do analizy płaskiego stanu odkształcenia także w przypadku podłoża dwuwarstwowego. Uwzględniono różne długości fundamentu w celu realistycznego oszacowania wpływu przestrzennej zmienności drugiej warstwy gruntowej na nośność fundamentu,
- w pracy dotyczącej nośności podłoża uwarstwowionego (Chwała i Kawa, 2021), Autor rozszerzył metodę RFMM o możliwość uwzględnienia liniowego trendu zmian spójności, który ma wpływ na geometrię mechanizmu zniszczenia. Ponadto, przeprowadzono również porównanie RFMM z losową metodą różnic skończonych RFDM. Jako rezultat porównania Autorzy zaproponowali zastosowanie kombinacji metod RFMM i RFDM, w której za pomocą RFMM szacuje się współczynnik zmienności nośności podłoża, natomiast za pomocą RFDM wyznacza się wartość średnią nośności.

Badanie wpływu sposobu wyznaczania macierzy kowariancji na szacowanie nośności w metodzie RFMM

- w pracy (Chwała, 2022), Autor analizuje wpływ sposobu wyznaczania macierzy kowariancji na otrzymane charakterystyki rozkładów nośności fundamentów. Jako przykładów używa implementacji RFMM z wcześniejszych prac, tj. dla fundamentów prostokątnych (Chwała, 2019a; Chwała, 2020a) oraz dla łąw fundamentowych w przypadku podłoża uwarstwowionego (Chwała i Puła, 2020; Chwała i Kawa, 2021),
- Autor dowodzi, że stosowanie procedury iteracyjnego wyznaczania macierzy kowariancji powoduje znaczne wydłużenie czasu obliczeń, co w świetle braku poprawy jakości rezultatów nie daje żadnych korzyści. To pokazuje, że stała macierz kowariancji jest wystarczająca, aby poprawnie uwzględnić charakter przestrzeni zmienności parametrów podłoża w zastosowaniach rozpatrywanych w przedstawionym przez Habilitanta cyklu publikacji.

Cel 2:

Uwzględnienie lokalizacji sondowań w przypadku pojedynczego fundamentu

- Autor założył następujące wymagania wobec nowego podejścia pozwalającego na uwzględnienie lokalizacji sondowań lub otworów badawczych: zachowanie wysokiej numerycznej efektywności, co było wynikiem chęci stosowania metody do poszukiwania optymalnych położeń sondowań oraz jej rozszerzenia do większej liczby fundamentów i sondowań oraz skupienie się na sytuacji, w której jest bardzo mało informacji o podłożu lub w ogóle takiej informacji nie ma w obszarze rozważanej inwestycji,
- metoda została tak zaprojektowana, aby jej obszarem aplikacyjnym było wsparcie na etapie projektowania badań geotechnicznych,

- zasadniczy wpływ na umieszczenie sondowań ma charakter współpracy konstrukcji z podłożem gruntowym,
- zaproponowana przez Habilitanta metoda jest unikalna i otwiera szerokie możliwości analiz niedostępnych w ramach istniejących metod,
- w pracach (Chwała, 2019b; Chwała, 2020b), Autor zaproponował podstawy teoretyczne metody pozwalającej na uwzględnienie lokalizacji sondowań przy szacowaniu nośności fundamentu posadowionego na podłożu o cechach przestrzennie zmiennych; zastosowano mechanizm zniszczenia dla fundamentu prostokątnego w warunkach bez odpływu,
- w proponowanej przez Autora metodzie linia sondowania została skorelowana ze wszystkimi obszarami dyssypacji występującymi w mechanizmie zniszczenia, a kowariancje były wyznaczane za pomocą odpowiednich równań (w zależności od liczby sondowań); uśrednione parametry podłoża generowane są za pomocą opracowanego algorytmu (Chwała, 2019a) z niewielkimi modyfikacjami,
- metoda Autora pozwala na poszukiwanie najlepszych ze statystycznego punktu widzenia położenia sondowań w przypadku ograniczonej wiedzy o samym podłożu.

Cel 3:

Optymalizacja położenia sondowań

- w pracy (Chwała, 2020b), został sformułowany przez Habilitanta algorytm, który uwzględnia lokalizację sondowań dla pojedynczego fundamentu oraz zostało podane rozwiązanie zagadnienia optymalizacyjnego dla dwóch sondowań stosując autorską implementację metody *subset simulation*, służącej do szacowania małych prawdopodobieństw awarii i do zagadnień optymalizacyjnych,
- Autor zaobserwował, że podczas analiz dla dwóch sondowań optymalne położenia sondowań są niezależne od przyjętej struktury korelacyjnej; w każdym z rozpatrzonych przypadków najlepiej jest umiejscowić sondowania na osi symetrii fundamentu równoległej do dłuższego boku w równych odległościach od środka fundamentu,
- w pracy (Chwała, 2021a), Autor analizował różne sytuacje obliczeniowe, tj. różne rozmiary fundamentów i różne wartości skali fluktuacji, pokazując, że poprzez odpowiednie znormalizowanie rezultatów, układają się one na jednej krzywej,
- Habilitant wykazał, że wpływ poziomej skali fluktuacji na optymalne położenia sondowań jest bardzo ograniczony; optymalne położenia sondowań oscylują w pobliżu 0,3 długości fundamentu,
- w pracy (Chwała i in., 2022), Autorzy przedstawili nowe i bardziej uniwersalne podejście w stosunku do wcześniej zaproponowanej metody (Chwała, 2020b). Nowe podejście opiera się na metodzie *Asymptotic Bayesian Optimization* (ABO), w której ideą jest przekształcenie problemu optymalizacyjnego w zadanie uzyskania położenia sondowań ze specjalnie zadanego rozkładu gęstości prawdopodobieństwa tak, aby w kolejnych etapach procedury otrzymywane rozkłady położenia sondowań były coraz bardziej skoncentrowane w pobliżu położenia optymalnych,
- w pracy (Chwała i in., 2022) pokazano wysoką skuteczność ABO w rozwiązywaniu zagadnienia optymalizacyjnego, polegającego na poszukiwaniu optymalnych położenia sondowań dla pojedynczego fundamentu.

Cel 4:

Rozszerzenie metody do wielu fundamentów i sondowań

- w pracy (Chwała i in., 2023) została rozszerzona do większej liczby fundamentów metoda RFMM. Ważnym aspektem jest zaproponowanie odpowiednich miar

- efektywności położenia sondowań. Autorzy zaproponowali sześć uniwersalnych miar pozwalających na ocenę efektywności położenia sondowań,
- zastosowanie różnych definicji miar skutkuje różnymi efektywnościami układu sondowań. Dobór odpowiedniej miary jest uwarunkowany rodzajem rozpatrywanej konstrukcji. Zaproponowane przez Autorów podejście pozwala również uwzględnić wagi dla poszczególnych fundamentów, które mogłyby być wprowadzone np. przez projektanta konstrukcji. Autorzy opracowali tę część tak, aby w ramach różnych metod można było korzystać ze wszystkich zaproponowanych miar.

Zaproponowana przez Habilitanta metoda do poszukiwania optymalnych położenia sondowań w trójwymiarowych zagadnieniach nośności fundamentów bezpośrednich, oparta na RFMM, oferuje unikalne możliwości analizy tego typu zagadnień. Podczas tworzenia i rozwoju, metoda ta była ukierunkowana na wsparcie procesu projektowania badań geotechnicznych w sytuacji ograniczonej wiedzy o podłożu. Jak podkreśla Habilitant, metoda będzie dalej rozwijana, począwszy od rozszerzenia metody optymalizacyjnej na rezultaty osiągnięte w pracy (Chwała i in., 2023), czyli na zastosowanie do wielu fundamentów i wielu sondowań. Dr inż. Marcin Chwała podkreśla również, że będzie pracował nad możliwością uwzględniania rzeczywistych wyników sondowań statycznych oraz nad rozwojem i popularyzacją metody w środowisku geotechników w Polsce i na świecie.

5. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych Habilitanta

Poza głównym osiągnięciem naukowym ocenianym powyżej, Habilitant wyróżnił dwa dodatkowe osiągnięcia:

- 1) Stworzenie metody linii łamanych (*broken line method*) do szacowania stateczności skarp i nośności fundamentów w ramach oszacowania górnego nośności,
- 2) Analiza nośności i osiadania ławy fundamentowej z uwzględnieniem przestrzennej zmienności parametrów podłoża.

Dodatkowe osiągnięcie nr 1 oraz publikacje z nim związane:

Chwała, M. (2021b): Upper-bound approach based on failure mechanisms in slope stability analysis of spatially variable $c-\phi$ soils. *Computers and Geotechnics*, 135, 104170.

Chwała, M., Zhang, W. (2022a): Broken line random failure mechanism method in foundation bearing capacity assessment for spatially variable soil. *Computers and Geotechnics*, 150, 104903.

Chwała, M., Zhang, W. (2022b): Multi-Block Failure Mechanism Approach with Broken Lines in Bearing Capacity Estimation of Spatially Variable Soil. *Proc. of the 8th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR)*.

- Habilitant, korzystając z zalety metody RFMM, zaproponował i opracował nową metodę linii łamanych (*broken line method*), która korzysta z wieloblokowych mechanizmów zniszczenia, zapewniając konkurencyjny czas obliczeń w stosunku do metod opartych na elementach skończonych. Zaproponowana przez dr inż. Marcina Chwałę metoda łączy zalety metod RFMM oraz RFEM dając w rezultacie rozwiązanie kompromisowe. Metoda została po raz pierwszy przedstawiona w pracy (Chwała, 2021b) w zastosowaniu do stateczności skarp, a następnie została

rozwinęta do zagadnień nośności fundamentów bezpośrednich (Chwała i Zhang, 2022a, 2022b),

- w pracy (Chwała, 2021b), Autor przedstawił szczegółowy algorytm pozwalający na analizę stateczności skarpy za pomocą jedno- i trybłokowych mechanizmów zniszczenia; Autor pokazuje, że można osiągnąć satysfakcjonujący kompromis pomiędzy dokładnością a czasem obliczeń w proponowanej metodzie,
- Habilitant opracował autorską metodę optymalizacyjną, opartą na metodzie *subset simulation*, zaś w przypadku mechanizmu trybłokowego, z uwagi na skrócenie czasu obliczeń, uwzględnił dodatkową procedurę, która poprawia rozwiązanie znalezione za pomocą metody *subset simulation* (tzw. *local search procedure*). Uzyskane czasy obliczeń są konkurencyjne w stosunku do bardzo efektywnej metody RFELA, średnio 300 razy krótsze dla mechanizmu jednobłokowego i 5 razy krótsze dla mechanizmu trybłokowego. Metoda w zastosowaniach do analizy stateczności skarp daje możliwość dalszego rozwoju w zakresie uwzględnienia szczelin oraz zastosowań w analizie prawdopodobieństwa awarii,
- w pracy (Chwała i Zhang, 2022a) metoda linii łamanych została zaaplikowana do zagadnienia nośności fundamentów bezpośrednich. Autorzy uwzględnili możliwość wystąpienia jednostronnych mechanizmów zniszczenia, zatem pełne rozwiązanie dla podłoża o cechach przestrzennie zmiennych zawierało analizę trzech mechanizmów zniszczenia: lewostronnego, prawostronnego i dwustronnego,
- Habilitant wykazał, że otrzymane najmniejsze wartości nośności fundamentu są obserwowane dla mechanizmów zniszczenia o najmniejszych objętościach. To wskazuje, że ulepszenie własności podłoża w niewielkiej objętości może znacznie poprawić niezawodność konstrukcji.

Dodatkowe osiągnięcie nr 2 oraz publikacje z nim związane:

Pieczyska-Kozłowska, J.M., Chwała, M., Puła, W. (2023): Worst-case effect in bearing capacity of spread foundations considering safety factors and anisotropy in soil spatial variability. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 17(2), 330-345.

Puła, W., Chwała, M. (2015): On spatial averaging along random slip lines in the reliability computations of shallow strip foundations. *Computers and Geotechnics*, 68, 128-136.

Puła, W., Pieczyńska-Kozłowska, J.M., Chwała, M. (2017): Search for the worst-case correlation length in the bearing capacity probability of failure analyses. In *Geo-Risk 2017*, 534-544.

Teshager, D.K., Chwała, M., Puła, W. (2022): Shallow foundation settlement using a hardening soil model for spatially variable soil. *Proc. of the 8th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR)*, 278-284.

Teshager, D.K., Chwała, M., Puła, W. (2023): Probabilistic Analysis of Shallow Foundation Settlement on Layered Soil Using a Hardening Soil Model. In *Geo-Risk 2023*, 317-325.

- Habilitant w pracy (Puła i Chwała, 2015) rozwijał podejście oparte na mechanizmie zniszczenia Prandtla (1920) i teorii lokalnych uśrednień Vanmarcke'a (1983). Metoda różniła się od aktualnego sformułowania metody RFMM. Macierz kowariancji była uzależniona od jednej wartości kąta tarcia wewnętrznego, zaś współczynniki macierzy kowariancji były obliczane z wcześniej wyznaczonych

aproksymacji funkcjami wielomianowymi. Uwzględniono wpływ wartości współczynnika korelacji pomiędzy wartościami spójności oraz kąta tarcia wewnętrznego,

- Habilitant wykazał, że założenie braku korelacji pomiędzy kątem tarcia wewnętrznego i spójnością daje najbardziej konserwatywne oszacowanie wskaźników niezawodności,
- w pracach (Puła i in., 2017; Pieczyńska-Kozłowska i in., 2023), Autorzy analizowali za pomocą losowej metody elementów skończonych efekt najgorszego przypadku (*worst-case effect*). Dr inż. Marcin Chwała był odpowiedzialny za analizę empirycznych skumulowanych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa nośności łąwy fundamentowej. W pracy pokazano, że wartość poziomej fluktuacji, dla której obserwuje się największą wartość prawdopodobieństwa awarii jest uzależniona od wartości współczynnika bezpieczeństwa (FS),
- w pracach (Teshager i in., 2022, 2023), Habilitant stosował pola losowe do opisu przestrzennej zmienności parametrów podłoża występujących w analizowanych modelach oraz ich implementacji w ramach oprogramowania Z_Soil. Dotychczasowe analizy i wyniki mają charakter wstępny, związany przede wszystkim z prezentacją doświadczeń w stosowaniu modelu *Hardening Soil* w analizach probabilistycznych.

Poza głównym cyklem 11 publikacji w skład dorobku naukowego dr inż. Marcina Chwały wchodzi 7 artykułów, z czego 6 jest opublikowanych w czasopismach indeksowanych w bazie JCR oraz 12 artykułów w recenzowanych materiałach konferencyjnych i jeden rozdział w monografii.

Łączny dorobek stanowi 14 artykułów w czasopismach indeksowanych w bazie JCR o łącznym wskaźniku *Impact Factor* w roku opublikowania $IF = 55,256$. Indywidualny wkład Habilitanta w ich powstanie jest znaczący, co pokazują procentowe udziały współautorów przypisane do poszczególnych artykułów. Ponadto, na podkreślenie zasługuje fakt, że większość artykułów została opublikowana w uznanych na arenie międzynarodowej Czasopismach, takich jak: *Computers and Geotechnics* (4), *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* (3), *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards* (2), *Soils and Foundations* (1), *Geotechnique Letters* (1), *Studia Geotechnica et Mechanica* (1), *Plos One* (1) oraz *Forests* (1).

W tym miejscu warto zauważyć, że Habilitant opracował również kilkanaście recenzji artykułów z przeznaczeniem do publikacji w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, np.: *Studia Geotechnica et Mechanica*, *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, *Computers and Geotechnics*, *Acta Geotechnica*, *Transport in Porous Media*.

Niewątpliwie, na rozwój naukowy dr inż. Marcina Chwały ma wpływ współpraca z przedstawicielami zagranicznych instytucji naukowych, w tym odbyte staże naukowe we Włoszech i w Niemczech, dzięki którym Habilitant nawiązał wiele kontaktów z zagranicznymi profesorami, co zaowocowało m.in. wspólnymi badaniami i publikacjami.

Dzięki współpracy z ośrodkami zagranicznymi, Habilitant jest promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich dla Daniela Teshagera - doktoranta Szkoły Doktorskiej Politechniki Wrocławskiej oraz Fouzi Mancera – doktoranta na University of Biskra w Algierii.

Reasumując ocenę dorobku naukowego dr inż. Marcina Chwały, należy podkreślić Jego znaczny wkład wniesiony do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport w postaci autorskiej metody pozwalającej na optymalizację położenia sondowań statycznych podłoża w analizie nośności fundamentów bezpośrednich posadowionych na podłożu o cechach przestrzennie zmiennych. Jak dowodzi Habilitant, proponowana metoda została zrealizowana przez Niego od koncepcji, poprzez opracowanie teoretyczne, aż do jej implementacji.

6. Ocena dorobku zawodowego

Dr inż. Marcin Chwała swoje doświadczenie zawodowe/inżynierskie od maja 2013 roku do sierpnia 2017 roku (z wyłączeniem 3-miesięcznego okresu, w którym przebywał na stażu zagranicznym) zdobywał w Przedsiębiorstwie Realizacyjnym Inora Sp. z o.o. Zajmował się m.in. projektowaniem konstrukcji geotechnicznych z zastosowaniem zbrojenia geosyntetycznego i prowadzeniem szkoleń dla firm projektowych z zakresu stosowania materiałów geosyntetycznych.

Praca zawodowa niewątpliwie pozwoliła zdobyć Habilitantowi doświadczenie z zakresu praktyki geotechnicznej, jak również doświadczenie w zarządzaniu czasem i współpracą z uczestnikami procesu inwestycyjnego. Podczas 4-letniego okresu zatrudnienia, dr inż. Marcin Chwała wielokrotnie uczestniczył w krajowych konferencjach naukowo-technicznych, prezentując m.in. realizacje firmy Inora.

W trakcie pracy w Przedsiębiorstwie Realizacyjnym Inora Sp. z o.o., Habilitant opracowywał projekty technologiczne i projekty zamienne dotyczące konstrukcji ziemnych zbrojonych materiałami geosyntetycznymi, m.in. projekt technologiczny murów oporowych przy obiekcie MG6, będący częścią zadania „Zaprojektowanie i wybudowanie obwodnicy Kłodzka w ciągu DK33 wraz z łącznikiem DK46”. Wysokość murów oporowych zbrojonych siatkami geosyntetycznymi osiągała ok. 10 m po obu stronach nasypu drogowego.

W ramach zespołowej pracy w Katedrze Geotechniki, Hydrotechniki, Budownictwa Podziemnego i Wodnego, dr inż. Marcin Chwała współpracował m.in. z KGHM Polska Miedź S.A. w Lubinie Oddział Zakład Hydrotechniczny oraz Multiconsult Polska Sp. z o.o.

Jako dopełnienie dorobku zawodowego należy jeszcze dodać uczestnictwo Habilitanta w różnych kursach i szkoleniach, które rozwijały Jego umiejętności i kompetencje. Dr inż. Marcin Chwała był uczestnikiem następujących kursów i szkoleń:

- „Introduction to R for data science” - kursu prowadzonego online w 2017 roku,
- w ramach projektu „Innowacyjna uczelnia – innowacyjny nauczyciel” finansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego w okresie 2018-2019 uczestniczył w serii kursów języka angielskiego,
- „Baesian method and tools for geotechnical practice” – kursu, który odbył się w grudniu 2019 roku,
- „V Warsztaty modelowania komputerowego w geotechnice” – w warsztatach prowadzonych przez prof. Andrzeja Trutego i dr inż. Krzysztofa Podlesia w Korbielowie w lutym 2020 roku,
- szkolenia dot. grantów Maria Skłodowska-Curie oraz ERC (2021, 2022),
- szkolenia ze statystyki (2022),
- kursy z platformy Nature Masterclasses: „Persuasive Grant Writing”, „Advancing your scientific presentations”, „Networking for researchers”,
- warsztaty „Action learning – problem solving” (2023).

7. Ocena dorobku dydaktycznego

Dr inż. Marcin Chwała w trakcie trwania studiów doktoranckich oraz w trakcie zatrudnienia na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej prowadził zajęcia dydaktyczne dla studentów I i II stopnia, w tym m.in.:

- wykłady: „Matematyka – wybrane zagadnienia”, „Analiza matematyczna 2.1”, „Selected topics in mathematics”,
- ćwiczenia projektowe: „Fundamentowanie”, „Fundamentowanie – głębokie wykopy”, „Fundamentowanie – wybrane zagadnienia”,
- ćwiczenia audytoryjne: „Matematyka – wybrane zagadnienia”, „Analiza matematyczna 2.1”, „Zagadnienia brzegowe teorii sprężystości i plastyczności”, „Selected topics in mathematics”,
- laboratorium: „Zaawansowane metody obliczeniowe”.

Dr inż. Marcin Chwała był promotorem 9 prac inżynierskich oraz jednej pracy magisterskiej.

Od roku akademickiego 2023/2024 prowadzi nowe wykłady z przedmiotu „Równania różniczkowe” dla studentów studiów I stopnia.

Habilitant uczestniczył również w procesie składania wniosku grantowego w programie Erasmus Mundus pt.: „*European Master in Advances Solid Mechanics STRAINS*”. Konsorcjum składa się z uczelni wyższych z Francji, Belgii, Polski, Grecji i Włoch. Wniosek uzyskał finansowanie z Komisji Europejskiej i w październiku 2021 roku pierwsi studenci rozpoczęli naukę.

8. Ocena dorobku organizacyjnego i popularyzującego naukę

Habilitant ma również w swoim dorobku doświadczenie w organizacji różnych konferencji naukowych, w tym m.in.:

- był członkiem komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji „*Machine Learning and Risk Assessment in Geoengineering*” (MLRA 2021), która odbyła się we Wrocławiu w październiku 2021 roku,
- prowadził sesję podczas międzynarodowej konferencji „*International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management*”, która odbyła się w Hanowerze we wrześniu 2022 roku,
- współprzewodniczył sesji pt.: „*Reliability assessment of subsoil modeling in geoenvironmental applications*” podczas 8th International Symposium for Geotechnical Safety & Risk w grudniu 2022 roku,
- pełnił funkcję sekretarza naukowego konferencji XLIV Zimowej Szkoły Mechaniki Górotworu i Geoinżynierii, która odbyła się w Karpaczu w marcu 2023 roku,
- współprzewodniczył sesji pt.: „*Uncertainty assessment of Geotechnical and Geological Models in Reliability Evaluation of Civil Engineering Structures*” podczas konferencji GEO-RISK 2023, która odbyła się w lipcu 2023 roku.

Od 2019 roku Habilitant pełni rolę sekretarza w Czasopiśmie naukowym *Studia Geotechnica et Mechanica*, a od 2021 roku jest członkiem Editorial Board (Early Career) w Czasopiśmie *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, wydawanym przez Tylor and Francis, które jest jednym z ważniejszych Czasopism w dziedzinie stosowania metod probabilistycznych w geotechnice.

Dr inż. Marcin Chwała na zaproszenie koła naukowego „Mole” w czerwcu 2019 roku wygłosił referat popularyzatorski podczas seminarium „Nowoczesne Metody

w Fundamentowaniu”, który dotyczył zagadnień związanych z losową oceną nośności posadowienia bezpośredniego.

W swoim dorobku Habilitant ma wielorakie osiągnięcia i nagrody, takie jak np.: uzyskanie tytułu finalisty I Olimpiady Astronomicznej (2007), zajęcie I miejsca w XXIV Ogólnopolskim Młodzieżowym Seminarium Astronomiczno-Astronomicznym (2008), nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej przyznaną w 2015 roku za osiągnięcia naukowe oraz nagrody Rektora Politechniki Wrocławskiej za wyróżniający się wkład w działalności uczelni (2019, 2020, 2021, 2022).

Ponadto, dr inż. Marcin Chwałę otrzymał stypendium Prezesa Rady Ministrów dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych (2007) oraz stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców przyznane w 2022 roku.

Polski Komitet Geotechniki wybrał dr inż. Marcina Chwałę jako reprezentanta Polski do przedstawienia referatu podczas 26th European Young Geotechnical Engineers Conference (EYGEC), która odbyła się w pobliżu Graz w Austrii we wrześniu 2018 roku, zaś Rektor Politechniki Wrocławskiej powołał Habilitanta do Academia Iuvenum jako reprezentanta dyscypliny inżynieria lądowa i transport na lata akademickie 2021/2022 – 2022/2023, a następnie jako reprezentanta dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport na lata akademickie 2023/2024 – 2024/2025. Świadczy to o zaufaniu środowiska naukowego i powierzeniu reprezentowania dyscypliny dr inż. Marcinowi Chwałę.

9. Wniosek końcowy

Zgodnie z wymaganiami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2022 r., poz. 574 z późn. zm.), dr inż. Marcin Chwałę przedstawił swoje osiągnięcie naukowe jako cykl 11 publikacji. Tematyka osiągnięcia jest z całą pewnością aktualna i ważna dla dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Oprócz tego podstawą do oceny dorobku dr inż. Marcina Chwałę był szereg innych dokumentów uzupełniających oraz autoreferat zawierający opis działalności naukowej, zawodowej, dydaktycznej, organizacyjnej oraz popularyzującej naukę.

Po zapoznaniu się z dorobkiem Habilitanta, z całym przekonaniem stwierdzam, że świadczy on o dojrzałości Habilitanta, umiejętności samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów naukowych, a tym samym osiągnięcia założonych przez siebie celów naukowych i zawodowych. Dorobek dydaktyczny, organizacyjny, doświadczenie we współpracy z przemysłem, jak również we współpracy międzynarodowej, uzupełniają w sposób wzorowy aktywność naukowo-badawczą dr inż. Marcina Chwałę.

Reasumując, stwierdzam, że Pan dr inż. Marcin Chwałę wniósł znaczny wkład naukowy do dyscypliny, którą reprezentuje. Pozytywnie opiniuję wniosek dr inż. Marcina Chwałę o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport i wnoszę o dopuszczenie Habilitanta do dalszych czynności w postępowaniu habilitacyjnym.

