

Spełnia wymogi formalne 16.01.2024

Prof. dr hab. inż. Jarosław Przewłócki
Wydział Architektury Politechniki Gdańskiej
ul. Gabriela Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

Gdańsk, 4.01.2024 r.

WPLYNĘŁO - WBLIW

16-01-2024

12/28/2024

RECENZJA

Osiągnięć naukowych, dorobku naukowego, dydaktycznego i zawodowego dr inż.
Marcina Chwały

I. PODSTAWY OPRACOWANIA

Podstawą formalną recenzji jest Uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria, Geodezja i Transport Politechniki Wrocławskiej z dnia 08 listopada 2023 roku, podpisane przez jej przewodniczącego prof. dr hab. inż. Wojciecha Pułę, w sprawie powołania mnie na Recenzenta Komisji Habilitacyjnej, mającej na celu przeprowadzenia postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport Panu dr. inż. Marcinowi Chwale oraz zawiadomienie podpisane przez prof. dr hab. inż. Andrzeja Ożyhara, Prorektora ds. Nauki Politechniki Wrocławskiej, z dnia 15.11.2023 r., na wniosek Rady Doskonałości Naukowej w dniu 14 października 2023 roku (DRKN.Z2.400.157.2023).

Podstawą prawną recenzji są:

- Ustawa z dnia 14.03.2003 r. O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016 r. poz. 882).
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z dnia 30 sierpnia 2018 r. poz. 1668).
- Rozporządzenie Ministra MNiSW z dnia 1.09.2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz. U. z 2011 r. poz. 1165).
- Rozporządzenie Ministra MNiSW z dnia 19.01.2019 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o tytuł naukowy (Dz. U. z 2018 r. poz. 261).
- Ustawa z dnia 13 stycznia 2023 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2023 r. poz. 212).

II. MATERIAŁY PRZEKAZANE PRZEZ WNIOSKODAWCĘ

- Wniosek przewodni,
- dane wnioskodawcy,
- kopia dyplomu potwierdzającego uzyskanie stopnia naukowego doktoratu,
- autoreferat,
- wykaz osiągnięć naukowych,
- wykaz dorobku naukowego w bazie DONA (Bibliografia dorobku PWr),
- cykl publikacji będący głównym osiągnięciem naukowym habilitanta wraz z oświadczeniami współautorów o wkładzie habilitanta w ich powstanie,
- pozostałe publikacje habilitanta w czasopiśmie ze wskaźnikiem Impact Factor (IF),
- pozostałe publikacje habilitanta,
- pendrive z wersją elektroniczną dostarczonych materiałów.

Niestety, dostarczone materiały zostały opracowane w sposób mało przejrzysty. Znalezienie w nich niektórych informacji okazało się być dość pracochłonne i znacznie wydłużające czas niezbędny do opracowania recenzji. Dotyczy to między innymi chaosu

odnośnie sposobu przedstawiania publikacji a także danych bibliometrycznych. Przykładowo, zarówno w autoreferacie jak i wykazie osiągnięć naukowych autor wymienia 11 publikacji stanowiących główne osiągnięcie, z czego osiem zostało opublikowanych w czasopiśmie z bazy JCR, jedno w czasopiśmie z Listy Filadelfijskiej i dwa w recenzowanych materiałach konferencyjnych zagranicznych konferencji. Następnie podaje artykuły opublikowane w czasopiśmie naukowych i nieujęte w tym cyklu (w liczbie 7) oraz jednego rozdziału w monografii. Dodatkowo pisze, że 15 razy wygłaszał referaty na konferencjach naukowych. W sumie daje to 34 publikacje podczas gdy w wykazie dorobku wykazanego w bazie DONA widnieje 29 publikacji z afiliacją do PWr i kłopotliwe było znalezienie pozostałych. W załączniku „publikacje w czasopiśmie z IF” zawarty jest 11 artykułów natomiast w pozostałych „pozostałe publikacje” jest 12 prac. Niestety, w kilku przypadkach brakuje podstawowych informacji o załączonych publikacjach, a przede wszystkim zabrakło ich spisu. W wykazie osiągnięć i autoreferacie pojawiają się też skopiowane te same obszerne informacje. Wydaje się, że niepotrzebnie wymieniane są tu dwukrotnie prawie wszystkie konferencje, uzupełnione w drugim przypadku o udział własny. Literatura cytowana w autoreferacie, o ile w ogóle jest potrzebna, obejmuje niemal cztery strony. Takie działania „pompują” i tak rozległą już dokumentację.

Szereg usterek technicznych a także błędów merytorycznych występuje w autoreferacie. Przykładowo habilitant pisze, iż ocena miary niepewności związana z przestrzenną zmiennością parametrów podłoża spotkała się „z rosnącym zainteresowaniem ze strony środowiska akademickiego ostatnich latach”, podając literaturę z ubiegłego roku (Phoon i in., 2022; Chwała i in., 2022). Należy zauważyć, że pierwsze prace na ten temat powstały już w latach osiemdziesiątych zeszłego wieku i warto by tu wymienić imiennie pionierów. Powołanie się tylko na najnowsze publikacje, w dodatku nie poświęcone tej tematyce (Phoon i in.), może prowadzić do błędnych wniosków. Pisze też, że najprostszym sposobem uwzględnienia przestrzennej zmienności parametrów podłoża „jest przypisanie pojedynczych zmiennych losowych poszczególnym wybranym parametrom podłoża”. Tak mogłoby być jedynie w przypadku, w pełni skorelowanych ze sobą zmiennych losowych tego samego parametru. Dobrze jednak, że dalej precyzuje to do zmiennych, których charakterystyki statystyczne wyznacza się w całym obszarze badanego podłoża oraz jedynie tym, objętym wpływem konstrukcji. Dalej stwierdza też, że „podejście oparte na pojedynczej zmiennej losowej ma aktualnie marginalne zastosowanie”. Ale w jakim sensie teoretycznym czy praktycznym? Z tym pierwszym można by się w pewnym stopniu zgodzić, gdyż zdecydowana większość publikacji idzie w kierunku uwzględnienia przestrzennej zmienności w analizie, z zastrzeżeniem co do słowa „marginalne”. Jeśli chodzi o podejście praktyczne, to generalnie panuje niechęć inżynierów (z różnych powodów) do analizy probabilistycznej czy niezawodnościowej, a w światowej literaturze rzadko opisywane są takie przypadki. Dobrze by było, gdyby na palcach jednej ręki można było policzyć krajowych inżynierów projektujących fundament z wykorzystaniem przestrzennej zmienności parametrów podłoża.

III. PODSTAWOWE INFORMACJE O HABILITANCIE

Zgodnie z przedstawioną informacją, Pan dr inż. Marcin Chwała ukończył studia na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, uzyskując w roku 2012 roku tytuł zawodowy inżyniera na kierunku budownictwo, specjalność geotechnika i hydrotechnika. Tytuł magistra inżyniera w specjalności budownictwo podziemne i inżynieria miejska uzyskał w roku 2013 z oceną celującą. W roku 2017 rozpoczął pracę na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej jako asystent badawczo – dydaktyczny. Stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk technicznych został mu nadany uchwałą Rady Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej w

2018 roku, na podstawie rozprawy doktorskiej (z wyróżnieniem) „Ocena losowej nośności posadowienia bezpośredniego metodą kinematyczną”. Rok później rozpoczął pracę na macierzystej uczelni jako adiunkt badawczo – dydaktyczny, gdzie jest obecnie zatrudniony.

IV. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Generalnie habilitacja dotyczy szacowaniu nośności fundamentów bezpośrednich posadowionych na losowym podłożu o przestrzennie zmiennych parametrach gruntowych i stanowi kontynuację problematyki zawartej w rozprawie doktorskiej. Jest to wciąż aktualne i ważne zagadnienie w geotechnice. W podejściu probabilistycznym, podstawowe znaczenie ma tu miarodajne określenie charakterystyk losowych poszczególnych parametrów geotechnicznych, zwłaszcza tych opisujących korelację przestrzenną. Autor zaproponował oryginalny sposób rozpoznania losowego podłoża gruntowego w zależności od oddziałującej na nie konstrukcji. Uwzględnienie w procesie projektowania fundamentów optymalnego doboru położenia sondowań w przestrzennie zmiennym losowo ośrodku gruntowym niewątpliwie stanowi wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Również zaproponowana, nowatorska metoda losowych mechanizmów zniszczenia jest wartością dodaną. Warto zauważyć, że podejście autora ma też znaczenie praktyczne, gdyż ukierunkowane jest na wsparcie procesu projektowania programu badań geotechnicznych. Jest to szczególnie istotne w sytuacji ograniczonej wiedzy o podłożu, co najczęściej ma miejsce.

Główne osiągnięcie naukowe habilitanta „dotyczy rozwoju metod probabilistycznych w szacowaniu nośności fundamentów bezpośrednich i zaproponowania nowego podejścia pozwalającego na uwzględnienie i optymalny dobór położenia sondowań w procesie projektowania fundamentów”. Przedstawia je w formie cyklu jedenastu artykułów, z których większość została opublikowana w renomowanych czasopismach zagranicznych. Zgrupowane one są pod nazwą „**Szacowanie losowej nośności fundamentu bezpośredniego z optymalizacją lokalizacji sondowań**”:

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. *Geotechnique 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 Intl. 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>

Warto zauważyć, że jest on samodzielnym autorem większości z wymienionych powyżej publikacji, a także pierwszym współautorem pozostałych (za wyjątkiem jednego). Wszystkie artykuły realizują cztery zasadnicze cele głównego osiągnięcia naukowego.

A. Opracowanie numerycznie efektywnej metody pozwalającej na szacowanie nośności fundamentu bezpośredniego (traktowanej jako zmienna losowa) przy założeniu trójwymiarowej przestrzennej zmienności parametrów podłoża gruntowego.

Habilitant pisze, że jego „*motywacją do rozwoju metody pozwalającej szacować nośność fundamentu bezpośredniego były ograniczenia związane ze stochastyczną metodą elementów skończonych RFEM*”. Zastanawiam się dlaczego nie odniósł się on odniósł i nie motywował najnowszymi probabilistycznymi metodami, które już znane były szeroko gdy rozpoczynał w tym kierunku prace. Rzeczywiście ograniczenia metody RFEM, wynikające przede wszystkim z czasem obliczeń, były inspiracją dla wielu badaczy. Generalnie prace w tym zakresie prowadzone były w dwóch kierunkach. Z jednej strony upraszczały one funkcję stanu granicznego, a z drugiej miały na celu przyspieszenie obliczeń. I tak powstały tu m. in. metoda powierzchni odpowiedzi, metoda sztucznej sieci neuronowej czy algorytmy genetyczne. Istotne zastosowanie znalazły techniki redukcyjne, jak próbkowanie warstwowe (stratified sampling), wagowe (importance sampling) czy hipersześcianu łacińskiego (latin hypercube sampling). Wydaje się jednak, iż jak dotąd nie zaproponowano jeszcze uniwersalnej metody, która łączyłaby szybkość obliczeń z dokładnością uzyskanych wyników.

W ramach realizacji postawionego celu, autor „zaproponował” tzw. metodę losowych mechanizmów zniszczenia (*Random Failure Mechanism Method, RFMM*). Zaznaczył jednak, że jego wkład dotyczył współtworzenia z prof. W. Pułą podstaw teoretycznych metody czy opracowania procedury optymalizującej geometrię mechanizmu zniszczenia. Rodzi się zatem wątpliwość, a zatem i pytanie, czy pojawiające się w kilku miejscach słowa „autor zaproponował metodę” nie jest pewnym nadużyciem? Tym bardziej że napisał na str. 6 autoreferatu „*Metoda RFMM została zaproponowana w pracy z prof. Wojciechem Pułą (Puła i Chwała, 2018)*”.

Korzystając z kinematycznie dopuszczalnych mechanizmów zniszczenia, metoda RFMM pozwala na górne oszacowanie nośności fundamentów bezpośrednich. W ujęciu probabilistycznym, podłoże gruntowe rozpatruje się tu jako pole losowe, a uwzględnienie przestrzennej zmienności parametrów gruntu, w metodzie tej polega na jego dyskretyzacji do zestawu zmiennych losowych. Są to generowane na podstawie macierzy korelacji uśrednione wartości parametrów podłoża na liniach poślizgu przyjętego mechanizmu zniszczenia.

Metoda ta została opisana i zastosowana w pracach 1, 2, 4, 5, 8 i 9 do oceny nośności granicznej fundamentu dla kilku wybranych zagadnień brzegowych i zmiennego podłoża, w warunkach bez odpływu, zarówno dla ośrodka jednorodnego jak i uwarstwionego. W pracy (1) metodę zastosowano do wyznaczenia prawdopodobieństwa awarii ławy fundamentowej w płaskim stanie odkształcenia z uwzględnieniem możliwości wystąpienia niesymetrycznego

mechanizmu zniszczenia. W kolejnych dwóch artykułach rozszerzono ją do analizy zagadnienia trójwymiarowego, dla przypadku prostokątnego fundamentu posadowionego na jednowarstwowym (2) i dwuwarstwowym (4) podłożu. Co prawda autor stwierdził, że uwzględnienie przestrzennej zmienności w trzech wymiarach prowadzi do mniej konserwatywnych oszacowań nośności w porównaniu z podejściem dwuwymiarowym, jednak w istocie rzeczy nie jest to nic specjalnie odkrywczego.

Autor wykazał, że efektywność numeryczna proponowanej metody, choć wyższa niż w metodzie RFEM, nie jest jednak wystarczająca do realizacji kolejnych postawionych celów. Modyfikując ją poprzez przyjęcie stałej macierzy kowariancji w pracy (5), znacząco zredukował czas obliczeń, przy porównywalnej jakości, ok. 1000 do 10000 razy w stosunku do stochastycznej metody elementów skończonych. Należy jednak zauważyć, że wykorzystując szereg innych współczesnych probabilistycznych metod czy algorytmów generacji można by uzyskać porównywalne a być może nawet lepsze wyniki. Trudno się zatem zgodzić ze stwierdzeniem habilitanta, że *"Osiągnięta efektywność numeryczna nie ma aktualnie konkurencji wśród innych metod probabilistycznych uwzględniających przestrzenną zmienność parametrów podłoża"*. Należy tu zwrócić uwagę na to, że metoda ta jest jedynie górnym oszacowaniem nośności. Przyjęty trójwymiarowy mechanizm zniszczenia w ośrodku losowym nie musi być krytycznym, czyli o największym prawdopodobieństwie wystąpienia awarii (problem ten zostanie bliżej opisany w dalszej części opinii). W kolejnej publikacji (8) uwzględniono liniowy trend zmiany spójności również dla podłoża dwuwarstwowego, co często ma miejsce w gruntach spoistych. Ciekawa wydaje się tu propozycja zastosowanie kombinacji metod RFMM i metody różnic skończonych (RFDM), której zaletą jest zmniejszenie liczby realizacji. Pierwsza pozwala na szacowanie współczynnika zmienności nośności podłoża, a druga na wyznaczenie wartości średniej nośności. Wreszcie wpływ sposobu wyznaczania macierzy kowariancji na uzyskane charakterystyki statystyczne rozkładów nośności fundamentów zaproponowano w pracy (9). Analizowano tu wpływ iteracyjnego dostosowywania macierzy kowariancji do geometrii mechanizmu zniszczenia. Przede wszystkim autor wykazał, co jest niezmiernie istotne, że taka analiza wydłuża czasu obliczeń bez poprawy jakości wyników, zatem stała macierz kowariancji stosowana do probabilistycznej analizy jest wystarczająca.

Metodę losowych mechanizmów zniszczenia zastosowano we wszystkich publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe. Ma ona jednak szereg ograniczeń. Jako górne oszacowanie nie zawsze pozwala na uzyskanie ścisłego rozwiązania pełnego układu równań teorii nośności granicznej, co wydaje się być szczególnie istotne w ośrodku stochastycznym. Brakuje tu analizy porównawczej z takim rozwiązaniem, a można by je uzyskać przykładowo stosując metodę charakterystyk. Szkoda że nie odniesiono się do rozwiązania ścisłego, zaproponowanego przez Recenzenta. Rodzi się więc pytanie jak blisko jest metoda RFMM od rozwiązania ścisłego. Nie jestem też pewien, czy porównanie „oszacowania” z rozwiązaniem uzyskanym przy wykorzystaniu RFEM jest właściwe. Porównywać powinno się rozwiązanie ścisłe, chyba że jest ono równoważne z górnym oszacowaniem. A z pewnością w ośrodku losowym tak nie jest. W proponowanej wersji, metoda RFMM jest ograniczona głównie do mechanizmu wieloblokowego i Prandtla, a w przypadku uwzględnienia ciężaru gruntu – mechanizmu Michałowskiego. Brakuje tu uzasadnienia, dlaczego akurat takie a nie inne rozwiązania, jak np. Brinch-Hansena czy Meyerhofa nie byłyby właściwsze? Jest to niezmiernie istotne, zwłaszcza dla rozpatrywanego przez habilitanta zagadnienia, gdzie podłoże traktowane jest jako przestrzennie zmienne pole losowe. W takim ośrodku poszukuje się krytycznego mechanizmu zniszczenia o największym prawdopodobieństwie, który nie musi się pokrywać z mechanizmem deterministycznym. Zagadnienie to jest ostatnio szeroko opisywane w światowej literaturze, w ramach tzw. „system reliability”. Habilitant w wielu miejscach stwierdza, że istotną zaletą proponowanej metody jest znacząca redukcja czasu obliczeń. Jest

to całkowicie oczywiste, bo trudno byłoby sobie wyobrazić aby podejście oparte na oszacowaniu było bardziej czasochłonne niż przy wykorzystaniu „dokładnej” metody. W przypadku podłoża dwuwarstwowego z góry narzucone są rodzaje gruntów (warstwa górna – jednorodny grunt niespoisty, a dolna – wyłącznie spoisty). Oczywiście często tak jest ale nie zawsze. Nie jestem też przekonany, czy w przypadku uwzględnienia w analizie przestrzennej zmienności spójności gruntu „czysto” spoistego istotnie można pominąć jego ciężar własny, jak twierdzi autor.

Kilkukrotnie w autoreferacie a także cyklu publikacji, powtarza się zdanie „*Funkcja kowariancji może być założona dowolnie, jednak najczęściej korzysta się z funkcji typu Markowa lub funkcji typu Gaussa*”. Trudno się z takim stwierdzeniem zgodzić, gdyż funkcje takie należy odpowiednio dopasować na podstawie wyników przeprowadzonych w terenie pomiarów. Może zatem warto byłoby też przeanalizować inne funkcje. Trochę niepokojące jest też zdanie „*Zamiennie będą używane pojęcia macierzy korelacji i macierzy kowariancji*”. Rzeczywiście jedną macierz można przekształcić w drugą ale nie odwrotnie. Podobnie jeśli chodzi o funkcje korelacji i kowariancji. Metody probabilistyczne generalnie są trudne w odbiorze przez inżyniera i nie powinno się tu wprowadzać zamętu. Warto również dodać, że w literaturze spotykane są nazwy być może bardziej właściwe w rozpatrywanym temacie, jak funkcja autokorelacji czy autokowariancji. W autoreferacie habilitant często nadużywa słowa równanie zamiast wzór czy wyrażenie. Najkrócej mówiąc w równaniu jest niewiadoma i można je opisać wzorem, a nie odwrotnie. Być może się mylę, bo habilitant prowadził kursy z matematyki, a może to jest tylko przejęzyczenie.

B. Zaproponowanie metody pozwalającej uwzględnić wpływ miejsc sondowania podłoża gruntowego na szacowanie nośności fundamentów bezpośrednich.

W praktyce, już na etapie projektowania badań geotechnicznych, niezmiernie istotny dla projektowanej konstrukcji jest odpowiedni sposób rozpoznania podłoża, a w przedłożonym do opinii cyklu publikacji, dobór liczby i położeń sondowań. Powinny one dostarczyć możliwie najwięcej informacji pozwalających na maksymalnie zredukowanie niepewności w wyznaczeniu nośności. Zagadnienie to w przypadku fundamentów bezpośrednich posadowionych na przestrzennie zmiennym losowo ośrodku gruntowym jest stosunkowo mało rozpoznane w literaturze. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż habilitant podjął próbę jego rozwiązania. Opisał to w pracach (3) i (6), proponując w nich podstawy teoretyczne metody pozwalającej na uwzględnienie lokalizacji sondowań przy szacowaniu nośności fundamentu posadowionego na przestrzennie zmiennym losowo podłożu. Linia sondowania została skorelowana ze wszystkimi obszarami dyssypacji występującymi w mechanizmie zniszczenia, co pozwoliło na wyznaczenie kowariancji między sondowaniami. Na tej podstawie opracowano algorytm na generację uśrednionych parametrów podłoża, dla dwóch sondowań i pojedynczego fundamentu. Taki sposób pozwolił na poszukiwanie statystycznie najlepszych położeń sondowań w przypadku ograniczonej wiedzy o samym podłożu. Warto dodać, że autor implementował metodę subset simulation, służącą głównie do szacowania małych prawdopodobieństw awarii. Należy zgodzić się z habilitantem, że zaproponowane podejście jest oryginalne i nowatorskie. Trochę natomiast kontrowersyjne wydaje się być stwierdzenie „*zaproponowana metoda otwiera szerokie możliwości analiz niedostępnych w ramach istniejących metod*”, zwłaszcza w kontekście innego zdania „*rozwiązanie tego zagadnienia jest możliwe wyłącznie dzięki bezkonkurencyjnej efektywności metody RFMM*”.

C. Opracowanie procedur optymalizacyjnych pozwalających na poszukiwanie najlepszych możliwych miejsc sondowania podłoża gruntowego w procesie projektowania fundamentów bezpośrednich.

Zagadnienie optymalizacji, czyli w tym przypadku poszukiwanie najlepszych możliwych miejsc sondowania jest ściśle związane z metodyką pozwalającą uwzględnić wpływ tych lokalizacji na szacowanie nośności. Nie jestem przekonany, czy zasadny jest tu podział na dwa cele II i III. Nie mniej zaproponowane przez habilitanta podejście (prace 6, 7 i 10) jest godne uznania.

Zagadnienie optymalizacji dotyczącej lokalizacji dwóch sondowań dla pojedynczego fundamentu, habilitant analizował w pracy (6), przy zastosowaniu metody subset simulation. Ważnym wnioskiem z przeprowadzonej dla takiego przypadku analizy jest spostrzeżenie, że „optymalne położenia sondowań są niezależne od przyjętej struktury korelacyjnej”. Całkiem oczywiste, a w omawianym kontekście trywialne wydaje się natomiast stwierdzenie, że *najlepiej jest umiejscowić sondowania na osi symetrii fundamentu równoległej do dłuższego boku w równych odległościach od środka fundamentu*”. W pracy (7) autor przeprowadził szereg obliczeń dla różnych wymiarów fundamentów oraz korelacji przestrzennej wyrażonej poprzez skalę fluktuacji. Co najważniejsze wykazał, że wpływ poziomej skali fluktuacji na optymalne położenia sondowań jest bardzo ograniczony. Ma to szczególnie istotne znaczenie w zastosowaniach praktycznych, gdy ograniczona jest wiedza o podłożu. Należy jednak zauważyć, że fakt iż pozioma skala fluktuacji parametrów wytrzymałościowych ma niewielki wpływ na nośność fundamentu znany jest w literaturze.

Bardzo ciekawe, nowatorskie i uniwersalne podejście do zagadnienia optymalizacji położenia sondowań zaproponowane jest w pracy (10), gdzie wykorzystana została niedawno opracowana przez współautorów metoda *Asymptotic Bayesian Optimization* (ABO). Funkcją celu jest tu minimalizacja odchylenia standardowego nośności fundamentu, przy ograniczeniu dostępnego obszaru poszukiwań. Ideą zastosowania tej metody 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. Należy zgodzić się z habilitantem, że zaproponowane podejście można zastosować do opracowania ogólnych wytycznych lokalizacji sondowań przy projektowaniu fundamentów bezpośrednich, co jest ważne w zagadnieniach praktycznych.

D. Rozszerzenie metody z punktu I i II w celu umożliwienia uwzględnienia większej liczby fundamentów i większej liczby sondowań.

Powyższy cel, w którym analizę rozszerzono na dwa lub więcej fundamentów, jest kontynuacją poprzedniego. Jego realizację przedstawiono w pracy (11), będącej ostatnią z cyklu osiągnięcia. Ponownie zastosowano tu metodę RFMM w połączeniu z metodą ABO. W przeciwieństwie jednak do pojedynczego fundamentu, gdzie miarą zmienności jest minimalizacja odchylenia standardowego lub współczynnika zmienności nośności, zaproponowano tu inne miary efektywności położenia sondowań. Istotne jest, że mogą one być wykorzystane przy wykorzystaniu dowolnej innej metody, z jedynym ograniczeniem jakim jest jej efektywność numeryczna. Zastosowanie różnych definicji miar skutkuje różnymi efektywnościami układu sondowań, co z kolei jest uwarunkowane rodzajem konstrukcji. Należało tu zatem utworzyć nowe macierze kowariancji, uwzględniające dodatkowo korelacje pomiędzy obszarami dyssypacji pomiędzy poszczególnymi fundamentami. Należy podkreślić, że zaproponowane podejście w pełni realizuje postawiony cel, a biorąc pod uwagę, iż ramach

różnych metod można było korzystać ze wszystkich zaproponowanych miar, wydaje się być uniwersalne.

Można by polemizować, czy wyodrębnienie przedmiotowego celu od dwóch poprzednich, tak jak to miało poprzednio miejsce jest zasadne (wydaje się być nieco sztuczne). Nie ma to jednak istotnego znaczenia dla oceny całokształtu osiągnięcia naukowego. Przedstawione podejście z pewnością jest oryginalne i nowatorskie, w dodatku z potencjałem praktycznym.

Reasumując należy stwierdzić, że osiągnięcie naukowe stanowiące cykl publikacji jedenastu publikacji zgrupowanych pod nazwą „Szacowanie losowej nośności fundamentu bezpośredniego z optymalizacją lokalizacji sondowań” jest cennym wkładem zarówno o charakterze teoretycznym jak i praktycznym w ramach niezawodności konstrukcji a więc i dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

DODATKOWE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE

Poza głównym osiągnięciem naukowym, habilitant przedstawił dwa dodatkowo wyodrębnione osiągnięcia, również składające się z cykli publikacji.

1. Stworzenie metody linii łamanych (broken line method) do szacowania stateczności skarp i nośności fundamentów w ramach oszacowania górnego nośności.

Dodatkowe osiągnięcie nr 1 zostało przedstawione w formie trzech publikacji:

- a. Chwała M. Upper-bound approach based on failure mechanisms in slope stability analysis of spatially variable c - ϕ soils. *Computers and Geotechnics*. 2021, vol. 135, art.104170, s. 1-19.
- b. Chwała M., Zhang W.: Broken line random failure mechanism method in foundation bearing capacity assessment for spatially variable soil. *Computers and Geotechnics*. 2022, vol. 150, art. 104903, s. 1-14.
- c. Chwała M., Zhang W.: Multi-block failure mechanism approach with broken lines in bearing capacity estimation of spatially variable soil. 8th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR) : geotechnical risk : big-data, machine learning and climate change : 14-16 December 2022, Newcastle, Australia / ed. Jinsong Huang [i in.]. Singapore: Research Publishing, cop. 2022. s. 297-302.

Osiągnięcie składa się z cyklu trzech publikacji, w tym dwóch z wysoko punktowanych czasopism wpisanych na listę MNiSW, oraz referatu konferencyjnego. W jednej habilitant jest samodzielnym autorem a w dwóch pozostałych pierwszym współautorem. Z formalnego punktu widzenia spełnia więc podstawowe wymagania stawiane osiągnięciu naukowemu.

Habilitant zaproponował nową metodę, nazywając ją metodą linii łamanych (*broken line method*). Wykorzystał pewne zalety zarówno metody RFMM jak i losowej metody elementów skończonych (RFEM). Tę pierwszą zmodyfikował przyjmując wieloblokowe mechanizmy zniszczenia. Zgodnie z drugą, podłoże gruntowe rozpatrywał jako pole losowe dyskretyzując je do kwadratowych elementów, reprezentowanych przez współrzędne ich środków. W takim układzie, przy zmieniającym się losowo kącie tarcia wewnętrznego, linia poślizgu nie jest prostą ale łamaną, co niewątpliwie lepiej opisuje problem. W efekcie pozwoliło to na osiągnięcie kompromisu pomiędzy dokładnością a czasem obliczeń w zaproponowanym podejściu.

Metodę linii łamanych wraz z zastosowaniem do analizy stateczności skarpy autor opisał w pracy (a). Wykorzystał tu jedno i trzyblokowe mechanizmy zniszczenia, a uzyskane wyniki porównał z górnym oszacowaniem otrzymanym w ramach random finite element limit analysis

(RFELA), uzyskując bardzo dobrą zgodność zarówno w kontekście geometrii mechanizmów zniszczenia, jak i wartości współczynnika stateczności. Opracował tu także metodę optymalizacyjną opartą na metodzie *subset simulation*, pozwalającą na uzyskanie najniższej wartości oszacowania górnego w zależności od mechanizmu zniszczenia. W efekcie ponownie pozwoliło to na znaczne skrócenie czasu obliczeń w stosunku do metody RFELA.

W pracach (b) i (c) habilitant zastosował proponowaną metodę do zagadnienia nośności fundamentów bezpośrednich. Przede wszystkim wprowadził tu i przeformułował warunki zapewniające poprawność mechanizmu zniszczenia w trakcie procedury optymalizacyjnej. Co istotne wykazał, że zastosowanie mechanizmu jednostronnego do analizy nośności jest wystarczające w przypadku gruntu o cechach przestrzennie zmiennych. Dowiódł również, iż najmniejsze wartości nośności fundamentu są obserwowane dla mechanizmów zniszczenia o najmniejszych objętościach, co może mieć zastosowanie praktyczne, np. przy ulepszeniu podłoża pod fundamentem.

Należy podkreślić, że zaproponowana w ramach dodatkowego osiągnięcia naukowego metoda linii łamanych wraz z implementacją jest oryginalna i nowatorska, oferuje szerokie możliwości zastosowań. Choć uwzględnia szereg mankamentów poruszonych przy głównym osiągnięciu i wciąż wymaga jeszcze „dopracowania”, niewątpliwie jest cenna i warta uznania. Uważam zatem, że opiniowany w ramach dodatkowego osiągnięcia naukowego **cykl publikacji spełnia z formalnego i merytorycznego punktu widzenia wymagania stawiane osiągnięciu naukowemu.**

Dodatkowe osiągnięcie nr 2 zostało przedstawione w formie sześciu współautorskich publikacji:

2. **Analiza nośności i osiadania ławy fundamentowej z uwzględnieniem przestrzennej zmienności parametrów podłoża.**

- Puła W., Chwała M.: On spatial averaging along random slip lines in the reliability computations of shallow strip foundations. *Computers and Geotechnics*. 2015, vol. 68, s. 128-136.
- Puła W., Pieczyńska-Kozłowska J.M., Chwała M.: Search for the worst-case correlation length in the bearing capacity probability of failure analyses: *Geo-Risk 2017 : reliability-based design and code developments*, Denver, Colorado, June 4-7, 2017 / eds. Jinsong Huang [i in.]. Reston : American Society of Civil Engineers, cop. 2017. s. 534-544.
- Pieczyńska-Kozłowska J.M., Chwała M., Puła W.: 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*. 2023, vol. 17, nr 2, s. 330-345.
- Teshager D., Chwała M., Puła W.: Probabilistic foundation settlement using a hardening soil model on layered and spatially variable soil: *ISRERM 2022 : 8th International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management*, 4-7 September 2022 Hannover, Germany / ed. by Michael Beer [i in.]. Singapore : Research Publishing, [2022]. s. 454-459.
- Teshager D., Chwała M., Puła W.: Probabilistic analysis of shallow foundation settlement on layered soil using a hardening soil model: *Geo-Risk 2023 : Advances in modeling uncertainty and variability*, July 23-26, 2023 Arlington, Virginia / ed. Jianye Ching, Shadi Najjar, Zenon Medina-Cetina. Reston: American Society of Civil Engineers, cop. 2023. s. 317-325.

Przedstawiony powyżej cykl publikacji trudno nazwać osiągnięciem naukowym. Wszystkie te prace w istocie dotyczą podobnej tematyki, związanej z analizą fundamentów

posadowionych na przestrzennie zmiennym losowo podłożu. Wydaje się, że niektóre z nich z powodzeniem można by uwzględnić w osiągnięciu głównym i dodatkowym nr 1. Mimo iż prace te są wartościowe, habilitant jest jedynie współautorem i w dodatku nie pierwszym. Jako osiągnięcia naukowe należy uznać **główne osiągnięcie oraz tylko dodatkowe nr 1.**

Za najważniejszy wkład wniesiony w dyscyplinę inżynieria lądowa, geodezja i transport habilitant uważa **stworzenie autorskiej metody pozwalającej na optymalizację położenia sondowań statycznych gruntu (CPT) w analizie nośności fundamentów bezpośrednich posadowionych na podłożu o cechach przestrzennie zmiennych**, z czym należy się zgodzić.

Po zapoznaniu się z osiągnięciami naukowymi Pana dr inż. Marcina Chwały, stwierdzam, że stanowi to znaczący wkład w rozwój badań dotyczących niezawodności konstrukcji budowlanych będącej elementem dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Nie mam wątpliwości, że wykazane osiągnięcia habilitanta spełniają ustawowe wymagania.

V. OCENA AKTYWNOŚCI I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

Dorobek naukowy habilitanta obejmuje w sumie 29 opublikowanych prac, z czego 16 to artykuły, jeden rozdział w monografii, 11 referatów konferencyjnych oraz jeden komunikat konferencyjny. Należy podkreślić, że 15 artykułów znajduje się na tzw. liście filadelfijskiej, a 12 referatów ukazało się w recenzowanych materiałach konferencyjnych. Łączny Impact Factor jego publikacji IF=55,256; indeks Hirsha wg bazy Scopus H=10 (198 cytowań); wg Web of Science H=8 (151 cytowań). Są to bardzo przyzwoite wskaźniki bibliometryczne.

Poza publikacjami stanowiącymi główne i dodatkowe osiągnięcia naukowe (łącznie 16), w skład dorobku naukowego habilitanta wchodzi 13 publikacji, z czego 6 wydanych w czasopiśmie indeksowanym w bazie JCR (łączny wskaźnik Impact Factor czasopism w roku opublikowania artykułów wynosił 24.723). Łącznie 15 razy wygłaszał referaty na konferencjach, z tego 11 razy w języku angielskim i 4 w języku polskim. Dodatkowo podaje sześć prac nieopublikowanych, w tym rozprawę doktorską. Niestety, jak wcześniej wspominałem, zawarte w załącznikach publikacje usystematyzowane są w chaotyczny sposób.

Należy wyraźnie stwierdzić, że wszystkie prace habilitanta w istocie rzeczy są monotematyczne, mieszczą się w bardzo wąskiej, choć trudnej specjalizacji. Niektóre artykuły oraz prawie wszystkie referaty konferencyjne powielają wyniki badań zamieszczone w dwóch cyklach prac stanowiących osiągnięcia naukowe. Szkoda że habilitant nie wyszedł trochę poza schemat. Z drugiej jednak strony, w ciągu ostatnich kilku lat, po zakończeniu doktoratu, jego aktywność naukowa jest imponująca zarówno pod względem ilościowym jak i przede wszystkim jakościowym.

Wkrótce po uzyskaniu stopnia dr nauk technicznych, habilitant uzyskał grant (NCN) MINIATURA 2, pt. „Ocena losowej nośności fundamentów bezpośrednich z uwzględnieniem przestrzennej zmienności parametrów gruntu oraz lokalizacji sondowań podłoża”. W roku 2022 otrzymał grant na rozpoczęcie współpracy naukowej i wygłoszenie serii wykładów dla School of Civil Engineering, Chongqing University w ramach „High-end Foreign Expert Introduction program, Ministry of Science and Technology, China. W tym samym czasie uzyskał też stypendium na staż podoktorski NAWA Bekker.

Po zapoznaniu się z dorobkiem naukowym Pana dr inż. Marcina Chwały, obejmującym opublikowane prace naukowe, wygłoszone referaty na konferencjach, tematycznych, uzyskane granty czy stypendium stwierdzam, że jest on aktywny naukowo i wkład jaki wnosi w rozwój badań dotyczących współczesnej inżynierii lądowej, można uznać za wystarczający w staraniach o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego.

VI. OCENA DOROBKU ZAWODOWEGO

Przed rozpoczęciem pracy na uczelni, habilitant w latach 2013 do 2017 był słuchaczem studiów doktoranckich i jednocześnie pracował w Przedsiębiorstwie Realizacyjnym Inora Sp. z o. o. Zajmował się tam m.in. projektowaniem konstrukcji geotechnicznych z zastosowaniem zbrojenia geosyntetycznego i prowadzeniem szkoleń dla firm projektowych z zakresu stosowania materiałów geosyntetycznych. Na jego rozwój zawodowy istotny wpływ miało także uczestnictwo w szeregu szkoleń i warsztatów zarówno krajowych jak i zagranicznych. Biorąc powyższe pod uwagę należy **pozytywnie ocenić doświadczenie zawodowe**.

VII. OCENA DOROBKU O ODBYTYCH STAŻACH W KRAJOWYCH LUB ZAGRANICZNYCH OŚRODKACH NAUKOWYCH LUB AKADEMICKICH

Habilitant kilkakrotnie odbywał staże w ramach programu Erasmus+:
3-miesięczny staż na włoskim uniwersytecie Università degli Studi w roku 2017,
2-tygodniowy staż w Institute for Risk and Reliability (Leibniz University Hannover) w 2021 roku,
2-tygodniowy staż w International Research School of Planetary Sciences (Pescara, Włochy) w roku 2023.

W 2022 roku przebywał na 6-miesięcznym stażu finansowanym w ramach stypendium Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (program im. Bekkera) w Institute for Risk and Reliability (Leibniz University Hannover).

Podczas tych pobytów prowadził badania związane z zastosowaniem sondowań statycznych CPT w analizach probabilistycznych oraz optymalizacji położenia sondowań. Na ich podstawie opublikował kilka artykułów i przygotował jeden referat na międzynarodowej konferencji.

W roku 2022 uzyskał roczny grant na rozpoczęcie współpracy naukowej i wygłoszenie serii wykładów dla School of Civil Engineering, Chongqing University w ramach „High-end Foreign Expert Introduction program, Ministry of Science and Technology, China”. Jednak z uwagi na pandemię i brak możliwości wyjazdu do Chin, współpraca była prowadzona w sposób zdalny.

W ramach członkostwa w Komitecie Technicznym ISSMGE (*International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*), TC-304 (*Engineering Practice of Risk Assessment & Management*), w latach 2021-22 współpracował ze znanymi badaczami zajmującymi się szacowaniem ryzyka i niepewności w geotechnice, jak prof. K.K. Phoon (Singapore University of Technology and Design), prof. Limin Zhang (Hong Kong University of Science and Technology) czy prof. Jianye Ching (National Taiwan University). Efektem tej współpracy było opracowanie i opublikowanie kilku wartościowych artykułów.

Reasumując należy stwierdzić, że habilitant doskonale wykorzystał doświadczenie oraz wyniki uzyskane w trakcie odbytych staży i szerokiej współpracy z zagranicznymi ośrodkami naukowymi, znacznie powiększając swój dorobek naukowy.

VIII. OCENA DOROBKU W ZAKRESIE DZIAŁALNOŚCI ORGANIZACYJNEJ I POPULARYZACJI NAUKI

Habilitant był członkiem komitetu organizacyjnego konferencji „Machine Learning & Risk Assessment in Geoenvironment (MLRA 2021)” w 2021 roku. Prowadził sesję podczas konferencji „International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management”, w Hanowerze w 2022 roku. Współprzewodniczył sesji pt. „Reliability assessment of subsoil modelling in geoenvironment applications”, która odbyła się w ramach „8th International

Symposium for Geotechnical Safety & Risk” w roku 2022 oraz sesji pt. „Uncertainty Assessment of Geotechnical and Geological Models in Reliability Evaluation of Civil Engineering Structures” podczas konferencji GEO-RISK w 2023 roku. Pełnił też rolę Sekretarza Naukowego konferencji „XLIV Zimowa Szkoła Mechaniki Górotworu i Geoinżynierii”, która odbyła się w Karpaczu w bieżącym roku. Od 2019 roku pełni rolę sekretarza w czasopiśmie naukowym „Studia Geotechnica et Mechanica”, a od roku 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.

Warto też dodać, że habilitant uzyskał szereg nagród i wyróżnień. Był między innymi finalistą Olimpiady Astronomicznej, zajął pierwsze miejsce w XXIV Ogólnopolskim Młodzieżowym Seminarium Astronomiczno–Astronautycznym. Otrzymał stypendium Prezesa Rady Ministrów dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych oraz stypendium Ministra Edukacji i Nauki przyznane dla wybitnych młodych naukowców, a także wielokrotnie uzyskał Nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej za wyróżniający się wkład w działalność uczelni.

Osiągnięcia w zakresie działalności organizacyjnej i popularyzacji nauki należy uznać za wystarczające dla wymagań jakie Kandydat powinien spełniać w tym zakresie.

IX. OCENA DOROBKU W ZAKRESIE DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ

W ramach dydaktyki habilitant prowadził na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej wykłady, ćwiczenia i zajęcia projektowe z takich przedmiotów jak fundamentowanie, matematyka (wybrane zagadnienia), analiza matematyczna, zaawansowane metody obliczeniowe czy zagadnienia brzegowe teorii sprężystości i plastyczności. Zajęcia prowadził dla studentów zarówno studiów pierwszego jak i drugiego stopnia, również w języku angielskim. Był promotorem 9 prac inżynierskich oraz 1 pracy magisterskiej. Jest też promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich. Należy stwierdzić, że nabyte doświadczenie w zakresie działalności dydaktycznej stanowi doskonałą podstawę do prowadzenia przez niego badań naukowych.

Osiągnięcia w zakresie działalności dydaktycznej pozwalają na określenie jej jako standardowe, mieszczące się w ramach pensum pracownika akademickiego.

X. WNIOSEK KOŃCOWY

Biorąc pod uwagę wszystkie uwagi i szczegółowe oceny zamieszczone w recenzji – uwzględniające kryteria ocen uwzględnione w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 2011 roku, zgodnie ze stosownymi zapisami obowiązującej Ustawy prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 2018 roku, Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym z 2003 roku wraz z późniejszymi poprawkami oraz Ustawy z roku 2023 o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, **moja ocena wskazanych osiągnięć naukowo-badawczego Pana dr inż. Marcina Chwały oraz całokształtu dorobku pozwala na stwierdzenie, że stanowią one znaczący wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Przedstawiony mi do recenzji wniosek oceniam pozytywnie.**

