

Kraków, dn. 5.12.2022r

dr hab. inż. Jerzy Dec prof. AGH  
Katedra Geofizyki  
Wydział Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie  
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Eweliny Lier pt. „Opis parametrów drgań gruntu wywołanych wstrząsami górotworu uwzględniający kierunkowość tłumienia fal sejsmicznych”.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska pani mgr inż. Eweliny Lier zrealizowana została w obszarze nauk technicznych, dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Tematyka poruszona w omawianej pracy merytorycznie jest związana ze specjalnościami sejsmologia i sejsmometria, a przy realizacji pracy Autorka wykorzystwała modele oparte na metodzie analizy regresji oraz sztucznych sieciach neuronowych. Rozpatrywane przez Doktorantkę zagadnienia i uzyskane wyniki, odnoszą się do problematyki górniczej i są związane z wybraną dyscypliną. Dlatego wybór dyscypliny uważam za uzasadniony.

Cała praca pani mgr inż. Eweliny Lier posiada objętość 126 stron. Składa się z abstraktu, części zasadniczej oraz wykazu rysunków i tabel. Zasadnicza część to właściwa rozprawa doktorska obejmująca 109 stron bogato ilustrowanego tekstu oraz 7 stron spisu literatury. Spis literatury zawiera 81 pozycji w tym 2 pozycje współautorstwa Doktorantki. Organizacja tekstu rozprawy tworzy czytelny układ opisu pracy badawczej. Dodatkowo na nośniku CD Autorka zamieściła obszerne tabelaryczne załączniki.

Tekst rozprawy został podzielony na 11 głównych rozdziałów. Pierwszy z nich to wprowadzenie w tematykę pracy. W rozdziale drugim przedstawiony jest syntetyczny przegląd literaturowy dotyczący badań związanych z problematyką drgań gruntu

wywołanych działalnością górniczą, a w szczególności z zagadnieniem estymacji parametrów drgań, opisu ich właściwości i stosowanych metod badawczych.

Rozdział trzeci to przedstawienie zasadniczej tezy pracy, omówienie celu i zakresu pracy. Teza ta została sformułowana w brzmieniu „Istnieje związek pomiędzy przebiegiem zaburzeń tektonicznych obszaru górniczego kopalni a rozkładem maksymalnych amplitud przyspieszeń (prędkości) drgań powierzchni terenu generowanych przez wstrząsy górotworu indukowane prowadzoną działalnością górniczą”. Teza ta jest w dalszych częściach pracy pozytywnie weryfikowana.

W rozdziale czwartym Autorka omawia zjawisko amplifikacji drgań gruntu przez luźne utwory czwartorzędowe i przedstawia numeryczny schemat obliczania wartości prędkości drgań dla modelu warstwowych utworów podścielonych sztywnym podłożem. Finalnie podaje zależności określające przedziały występowania dominujących częstotliwości drgań dla składowych poziomych maksymalnych wartości prędkości i przyspieszeń. Są to zależności w funkcyjne, zależne od energii indukowanych wstrząsów górniczych.

Kolejny rozdział poświęcony jest omówieniu procesów przetwarzania zbiorów danych dla uzyskania wiedzy na temat zaistniałych zjawisk (tzw. Data Mining), w tym przypadku parametrów drgań. Proponowane są tu metody regresji prostej i wielokrotnej oraz zastosowanie bardzo popularnej i rozwijającej się techniki sieci neuronowych. Zawarte w rozdziałach czwartym i piątym rozważania przedstawione są zwięźle, a zarazem zrozumiale i wyczerpująco.

Ciekawy opis modeli zastosowanych do opisu pola przyspieszeń drgań gruntu znajdujemy w rozdziale szóstym. Przedstawione są tu modele regresyjne z uwzględnieniem anizotropii, a Autorka proponuje stworzenie zależności lokalnych, uwzględniających istnienie związku między występującymi w rejonie zaburzeniami tektonicznymi a rozkładem maksymalnych amplitud przyspieszeń drgań. Podobnie w przypadku sieci neuronowych zaproponowana jest ocena oszacowania wartości przyspieszeń drgań gruntu w bliskim sąsiedztwie występujących uskoków.

W kolejnym rozdziale przedstawiono opis rejonów badań oraz ich geologie i tektonikę. W obu lokalizacjach badań eksploatacja prowadzona jest systemem ścianowym, a dość skomplikowana tektonika sprzyja powstawaniu wstrząsów indukowanych o dużej energii. Dokumentowane jest to w następnym, ósmym rozdziale dotyczącym opisu zagrożenia sejsmicznego w obszarach wybranych do realizacji tematu pracy. Przedstawione są zarówno lokalizacje wysokoenergetycznych wstrząsów jak i sieć pomiarowa, na bazie której określone zostały parametry wstrząsów i maksymalne amplitudy przyspieszeń i prędkości drgań gruntu oraz czas ich trwania. Parametry te są odpowiedzialne za odczuwalne na powierzchni skutki wstrząsów i ewentualne ich negatywne oddziaływanie na infrastrukturę.

Rozdział dziewiąty stanowi istotę realizacji badań i weryfikację postawionej tezy. Wyniki dokumentowane są bogatą szatą graficzną oraz zestawieniami tabelarycznymi. Dla poszczególnych stanowisk wykorzystanych do analizy danych sejsmicznych określone zostały współczynniki amplifikacji w funkcji częstotliwości, w przedziałach istotnych z punktu widzenia zagadnień sejsmometrycznych i oddziaływania drgań, szczególnie na budowlę. Uzyskane wartości wskazują na istotę zjawiska amplifikacji i jego zależności od zróżnicowania budowy geologicznej. Uwzględnienie tego parametru istotnie wpływa na kształtowanie się rozkładu pola przyspieszeń, szczególnie dla modelu anizotropowego.

W przypadku analizy drgań generowanych zdarzeniami sejsmicznymi w sąsiedztwie uskoku Autorka wprowadziła w równaniach dodatkowo człon związany z energią sejsmiczną. Uzyskane tak rozkłady pola przyspieszeń charakteryzują się większym gradientem zmian w kierunku wertykalnym do rozciągłości uskoku. Oś dłuższa eliptycznych izolinii wartości przyspieszeń jest zaś zbliżona do linii przebiegu uskoku. Uzyskane wyniki wyraźnie wskazują na zależność rozkładu pola przyspieszeń od tektoniki i położenia epicentrum przy uskoku.

W oparciu o rozwiązania uzyskane przy zastosowaniu sieci neuronowych Autorka stwierdza, że sieci neuronowe mogą zostać z powodzeniem zastosowane do prognozy przyspieszeń drgań gruntu, w tym dla zdarzeń indukowanych cechujących się kierunkiem propagacji fal sejsmicznych zgodnym z przebiegiem uskoku.

W rozdziale dziesiątym przedstawione zostały przykłady zastosowania modeli uwzględniających kierunkowość tłumienia drgań. Zarówno w przypadku epicentrów

zlokalizowanych tak w sąsiedztwie Uskoku Rydułtowskiego jak i Uskoku Bieruńskiego lepszy wynik estymacji rozkładu pola przyspieszeń drgań gruntu uzyskano przy zastosowaniu analizy regresji dla modelu anizotropowego z członem odpowiedzialnym za energię wstrząsu.

Reasumując uzyskane wyniki wskazują na kierunkowość zmian parametrów ośrodka wpływających na propagację fal sejsmicznych, co weryfikuje pozytywnie postawioną tezę rozprawy.

Rozprawa doktorska pani mgr inż. Eweliny Lier ma charakter praktyczny o rozbudowanej warstwie teoretycznej z jednoczesnym przełożeniem prezentowanych rozważań na bardzo istotne zagadnienia modelowe. Wyniki wykonanych przez Doktorantkę obliczeń i analiz mają też charakter poznawczy. Cały zastosowany aparat obliczeniowy służy bowiem wyznaczaniu ważnych estymatorów geofizycznych dla lepszego prognozowania oddziaływania zjawisk sejsmicznych na powierzchnię. Temat rozprawy jest ważny z poznawczego i praktycznego punktu widzenia. Wykorzystanie bowiem matematycznych modeli do estymacji parametrów drgań związanych ze wstrząsami indukowanymi pozwala na tworzenie coraz to bardziej wiarygodnych prognoz zagrożenia sejsmicznego powierzchni, w tym lokalnych i regionalnych. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom możliwe jest obliczenie parametrów modelu dla danego rejonu i na tej podstawie opracowanie powierzchniowych rozkładów przyspieszeń i prędkości drgań gruntu dla spodziewanego wstrząsu o danej energii. Doktorantka podjęła się rozwiązania ambitnego zagadnienia, które w znaczący sposób przyczynia się do postępu w zakresie minimalizacji zagrożeń związanych z sejsmicznością indukowaną w na obszarze GZW. Przedstawione przez doktorantkę rozważania, wyniki końcowe oraz sformułowane wnioski w pełni weryfikują postawioną w rozdziale trzecim tezę.

Tekst rozprawy i przedstawione w nim rozważania tworzą logiczną całość i nie stwarzają problemów z zapoznaniem się z treścią i zrozumieniem meritum zagadnienia. Ogólne wrażenie co do konstrukcji rozprawy doktorskiej, opracowania edycyjnego i graficznego jest bardzo dobre. Zauważa się staranność Doktorantki i umiejętność logicznego przedstawienia kolejnych etapów postępowania związanego z obliczeniami poszczególnych parametrów drgań danych i analizą uzyskanych wyników.

Recenzent nie zgłasza uwag krytycznych tak do zawartości treści merytorycznej jak i do formy redakcyjnej rozprawy.

Przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska pani mgr inż. Eweliny Lier pt. „Opis parametrów drgań gruntu wywołanych wstrząsami górotworu uwzględniający kierunkowość tłumienia fal sejsmicznych” jest w moim przekonaniu oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego.

Autorka rozprawy doktorskiej, wykazała dużą wiedzę teoretyczną i praktyczną w zakresie swojej dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Rozprawa ta w pełni odpowiada wymogom określonym w art.13 Ustawy z dnia 14.03.2003r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003.65.595 z późn. zm.).

W związku z powyższym wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o dopuszczenie pani mgr inż. Eweliny Lier do dalszego postępowania w ramach przewodu doktorskiego.

Ponadto, mając na uwadze dużą wartość merytoryczną rozprawy, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Eweliny Lier pt. „Opis parametrów drgań gruntu wywołanych wstrząsami górotworu uwzględniający kierunkowość tłumienia fal sejsmicznych”.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Lier', written in a cursive style.