

Prof. dr hab. inż. Zenon Pilecki
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
ul. Wybickiego 7A
31-261 Kraków,

Kraków, 30 września 2022

Recenzja
rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Mateusza Cwiękały
pt. „Analiza przemieszczeń w strefie epicentralnej zjawisk sejsmicznych indukowanych
eksploatacją górniczą”

Rozprawa doktorska została opracowana w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach pod kierunkiem promotora Pana prof. dr hab. inż. Grzegorza Mutke i Pana dr inż. Andrzeja Araszkiwicza jako promotora pomocniczego

1. Informacje wstępne

Recenzję rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Mateusza Cwiękały opracowałem na podstawie pisma Pana prof. dr hab. inż. Stanisława Pruska Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa z dnia 25 lipca 2022 r., o znakach NOP/204/2022/R.

Przewód doktorski Doktoranta prowadzony jest zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki w związku z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Zgodnie z wymogami Ustawy rozprawa doktorska powinna być *oryginalnym rozwiązaniem przez Doktoranta określonego zagadnienia naukowego oraz wykazywać jego ogólną wiedzę teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej*. Do tych trzech wymagań ustawowych recenzent odniósł się w ocenie rozprawy doktorskiej.

Rozprawa doktorska posiada objętość 161 stron. Składa się ona ze streszczenia w j. polskim i angielskim, wstępu, studium literaturowego, sformułowanego celu i zakresu rozprawy, opisu obszaru badań, wyników badań i ich analizy, podsumowania oraz spisu literatury, tabel i rysunków. Spis literatury obejmuje 115 pozycji i zawiera jedną autorską publikację Doktoranta.

Problem badawczy będący przedmiotem rozprawy doktorskiej dotyczy zmian przemieszczenia pionowego na powierzchni terenu towarzyszących wystąpieniu silniejszych wstrząsów sejsmicznych w ich strefie epicentralnej na terenach górniczych. Jest to zagadnienie nadal bardzo istotne dla eksploatacji pokładów węgla kamiennego niemal we wszystkich kopalniach węgla kamiennego w kraju, jak również na świecie, ze względu na pogarszające się warunki geologiczne i górnicze i ciągle rosnące zagrożenie sejsmiczne. Doktorant podjął się również próby wyznaczenia prekursorów informujących o wystąpieniu silniejszych wstrząsów. Badania przeprowadził w warunkach geologicznych i górniczych Kopalni Węgla Kamiennego ROW Ruch Rydułtowy dla przypadku eksploatacji pokładu 703/1-2 ścianą VIII-E-E1.

Zagadnienie poszukiwania charakterystycznych zmian różnych parametrów opisujących zachowanie się górotworu przed i po wystąpieniu wstrząsów indukowanych działalnością górniczą jest znane w literaturze już od lat czterdziestych XX w. kiedy Obert i Duval zaobserwowali charakterystyczne zmiany emisji sejsmoakustycznej przed wstrząsami w kopalniach amerykańskich. W Polsce zagadnienie to było badane szczególnie intensywnie w związku z silnym zagrożeniem sejsmicznym głównie w kopalniach węgla kamiennego i rud miedzi. Od lat dziewięćdziesiątych w wyniku postępującego zamykania kopalń, problematyka ta stopniowo przestała być przedmiotem zainteresowania przedsiębiorców górniczych i jednocześnie przedmiotem specjalnych badań. Nie mniej jednak zagrożenie sejsmiczne wzrasta i jest przyczyną wielu niebezpiecznych zdarzeń dla załogi górniczej, maszyn i wyposażenia technicznego wyrobisk. W KWK Rydułtowy występują nadal jedne z najsilniejszych wstrząsów górotworu na terenach eksploatacji pokładów węgla kamiennego w Polsce. W związku z tym należy szczególnie docenić znaczenie badań podjętych przez Doktoranta.

Stwierdzam również, że przedmiotowa rozprawa pod względem podjętej tematyki i swojej treści mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

2. Krytyczna analiza rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Ćwiękały jest bardzo interesująca i zawiera bardzo cenne wyniki badań. Niemniej jednak recenzent w tym rozdziale skoncentrował się tylko na uwagach krytycznych. Uwagi te można pogrupować na: merytoryczne, merytoryczno-pojęciowe oraz uwagi do strony edycyjnej rozprawy doktorskiej. W związku z tym, że niektóre elementy rozprawy wymagają udzielenia dodatkowych wyjaśnień, w końcowej części tej analizy sformułowano pytania do Doktoranta, na które recenzent oczekuje odpowiedzi w trakcie obrony rozprawy doktorskiej.

Uwagi merytoryczne

Konstrukcję rozprawy należy uznać za typową, z wyjątkiem tego, że brak jest wydzielonego rozdziału opisującego metodykę badań. Ten element rozprawy doktorskiej należy do głównego oryginalnego osiągnięcia Doktoranta i w związku z tym powinien być wyraźnie

zaakcentowany w postaci osobnego rozdziału. Niemniej jednak metodyka badań została przedstawiona w różnych rozdziałach rozprawy w większym lub mniejszym zakresie.

Ponadto końcowy rozdział *Podsumowanie* powinien zawierać wypunktowane wnioski i jednocześnie Doktorant powinien go nazwać *Podsumowanie i wnioski*.

W podsumowaniu brak jest oceny metodyki badań pod kątem jej zalet i ograniczeń. Jest to szczególnie ważna informacja w przypadku rozważań zastosowania metodyki badań w innych warunkach pomiarowych.

Na ogół wnioski kończy się informacją o dalszych kierunkach badań. Opinia Doktoranta mogła by być w tym przypadku bardzo cenna dla wielu badaczy i inżynierów zajmujących się tą problematyką.

Doktorant, w streszczeniu rozprawy, sformułował główny jej cel jako ... *rozpoznanie charakteru przemieszczeń w strefie epicentralnej przed wystąpieniem silnych wstrząsów indukowanych eksploatacją górnictw oraz podjęcie próby zdefiniowania i wyznaczenia prekursorów zagrożenia sejsmicznego, w oparciu o monitorowanie przemieszczeń powierzchni nad prowadzoną eksploatacją pokładu węgla oraz parametry źródła sejsmicznego wyznaczone z rejestracji sejsmologicznych w warunkach KWK ROW Ruch Rydułtowy.*

Jednak cel ten sformułowany w rozdziale 3 pt. *Cel i zakres pracy* został ograniczony do ... *wyznaczenia przemieszczeń w strefie epicentralnej związanych z rozwojem procesu sejsmiczności i wystąpieniem silnych wstrząsów indukowanych eksploatacją górnictw ...*. Cel zdefiniowany w rozdziale 3 jest w zasadzie bardziej precyzyjny i zdaniem recenzenta wystarczający dla rozprawy doktorskiej.

Doktorant analizował wiele parametrów źródła sejsmicznego takich jak całkowita energia sejsmiczna, średnie przemieszczenie w źródle, skalarny moment sejsmiczny i indeks energii EI. Jednak analiza tych parametrów jest jakościowa i nie ma jasnego odniesienia do zmian przemieszczeń pionowych w strefie epicentralnej wyznaczonych metodą geodezyjną. Doktorant stwierdza, że został *udokumentowany związek średnich przemieszczeń w źródle wstrząsów sejsmicznych oraz indeksu energii sejsmicznej z występowaniem silnych górniczych wstrząsów sejsmicznych*, lecz w zasadzie związek ten nie został precyzyjnie przedstawiony, ani w rozdziałach 6 i 7, ani w *Podsumowaniu* rozprawy.

W rozprawie doktorskiej brakuje kompleksowej prezentacji uzyskanych wszystkich składowych wyników badań np. w postaci tabeli zaobserwowanych zmian parametrów wg analizowanych wstrząsów. Pozwoliłoby to w sposób bardziej precyzyjny i jasny sformułować wnioski z przeprowadzonych badań.

Doktorant w sformułowanym celu badań odnosi się do zmian parametrów poprzedzających wystąpienie silniejszych wstrząsów. Natomiast analiza tego rodzaju wymaga odniesienia się do zmian tych parametrów również po wystąpieniu wstrząsu. Niektóre modele takich zmian wskazują na narastające zagrożenie sejsmiczne po wystąpieniu silniejszego wstrząsu. Należy jednak zaznaczyć, że w *Podsumowaniu* Doktorant dość ogólnie odnosi się do przemieszczeń rejestrowanych przed i po wystąpieniu silniejszych wstrząsów. Stwierdza on, że *następuje powolny powrót (przemieszczenia) po wystąpieniu wstrząsu do sytuacji przed wystąpieniem wypiętrzenia*.

Na stronie 79 Doktorant stwierdza, że przemieszczenie w ognisku wynosiło 0,8 m dla wstrząsu rzędu 10^7 J, a 0,5 m dla wstrząsu 10^6 J. Jest to raczej błąd, gdyż na wykresie na rysunku 7.1 wartości tych przemieszczeń są mniejsze.

W rozdziale 8 dotyczącym analizy wyników Doktorant wyjaśnia jaki jest pierwszy cel naukowy (str. 141, w. 7 od góry) – nie wyjaśnia dalej jaki jest ten drugi cel naukowy?

Doktorant stwierdza, że wartości wyniesienia zmieniały się w zakresie od 45 do 200 mm i podobne wyniki uzyskała Sokoła-Szewioła (2011) w swojej pracy habilitacyjnej. Nie jest to jednak precyzyjne stwierdzenie, gdyż należałoby podać jakie były te wartości wyniesienia w cy-towanej publikacji Sokoły-Szewioły.

Doktorant dość szeroko powołał się na publikacje w odniesieniu do krajowych osiągnięć w problematyce sejsmiczności indukowanej, jednak można było się powołać na dodatkowe publikacje, ważne w tej tematyce, profesorów A. Goszcza, B. Drzęźli, W. Zuberka, W. Konopki, lub K. Stec.

Uwagi merytoryczno-pojęciowe

W rozprawie występują pojęcia i sformułowania mało precyzyjne, na które Doktorant powinien zwrócić większą uwagę w przypadku przygotowania fragmentów rozprawy do publikacji.

Jednym z nich jest pojęcie monitoring, które dość szybko upowszechnienia się w języku potocznym, a jest sformułowaniem nieprecyzyjnym. Często używając pojęcia monitoringu nie wiadomo czy dotyczy on systemu do monitorowania czy czynności monitorowania. Dużo poprawniej jest używanie pojęcia monitorowanie w odniesieniu do zespołu czynności związanych z obserwacją, a system monitorujący do aparatury wykorzystywanej do monitorowania. Doktorant używa tego pojęcia dość często, lecz należy również przyznać, że również w formie poprawnej.

Doktorant na stronie 21 (w. 9 od dołu) pisze o własnościach górotworu. Pojęcie własności w użytym kontekście od wielu lat zostało zastąpione w naukach geologicznych pojęciem właściwość. Własność odnosi się w ogólności do posiadania rzeczy takich jak np. nieruchomość, samochód, itp., natomiast właściwość odnosi się do charakterystycznych cech w tym przypadku skał. Należy jednak wspomnieć, że w podstawowych, starszych, słownikach języka polskiego oba pojęcia są równoznaczne.

Doktorant niekonsekwentnie używa terminu wstrząs sejsmiczny pochodzenia górniczego (ang. *mining-induced tremor*) lub wstrząs górotworu (ang. *rock-mass tremor*). Niewłaściwe jest użycie pojęcia wstrząs górniczy w publikacjach naukowych, które z drugiej strony dość powszechnie jest stosowane w języku potocznym.

W rozprawie znacząca liczba rysunków nie posiada właściwie objaśnionych występujących symboli i znaków np. rys. 1.1 lub 1.2. Rysunek na stronie 79-tej nie posiada numeracji i podpisu. Na stronie 43 w podpisie rysunku 4.1 Doktorant stwierdza, że jest to mapa terenu górniczego, natomiast pokazano tylko granice obszaru górniczego KWK ROW Ruch Rydułtowy.

Często osie wykresów nie posiadają jednostek. Doktorant często nie zaznaczał skali odległości oraz kierunków północy w przypadkach, gdy nie było siatki geograficznej.

Zdarza się również, że Doktorant niewłaściwie stosuje powołania dla rysunków i tabel, przy czym najczęściej właściwe odniesienie znajduje się w tekście. Zdarza się, że Doktorant nie podaje powołań w stwierdzeniach interpretowanych własnymi słowami, które tego wymagają. Jeżeli Doktorant pisze: *Taki efekt jest obserwowany również w laboratoryjnych badaniach na próbkach skał* (str. 22, w. 2 od dołu) to powinnością jest podać przykładowe publikacje. Niestety coraz częściej zdarza się w różnego rodzaju opracowaniach, że istotne stwierdzenia, nie są udokumentowane podaniem źródeł pochodzenia i w konsekwencji często powstają różnego rodzaju „przekłamane” informacje.

Zdarza się, że Doktorant używa mało precyzyjnych sformułowań np. *uwalnianie naprężeń* (str. 142 w. 5 od dołu) – w tym przypadku chodzi o *redukcję naprężenia* w kontekście zdania.

Uwagi edycyjne

W rozprawie są pomyłone numeracje rysunków lub ich brak np.: powołanie na rysunek 1.2 na str. 18 (powinno być rys. 1.1). Brak jest powołania na rysunek 1.3, przy czym ten rysunek jest mylnie opisany jako 1.1.

Niektóre rysunki mają niejasne lub nieprecyzyjne opisy np. rys. 8.14; oś pozioma jest opisana jako *linia obserwacyjna*?

Drobne usterki interpunkcyjne również się zdarzają. Po skrócie *wg* nie stawia się kropek np. str. 54 w. 2 od góry.

W tekście rozprawy zdarza się, że dziesiętne danej liczby oddzielone są kropkami – w języku polskim stosujemy przecinki.

W przypadku wstrząsów bardziej poprawnie jest używać *liczba* zamiast *ilość*.

Stwierdzenie *gama wstrząsów* jest niejasne – przypuszczalnie Doktorant miał na myśli *zbiór wstrząsów*.

Końcówka eksploatacji jest pojęciem niefachowym.

Na stronie 24 w. 11 od dołu Doktorant powołuje się na publikację Cienicia z 2010 r. – raczej chodzi o Pana prof. B. Cianciarego.

Pytania do Doktoranta

W związku z występującymi nieścisłościami w tekście rozprawy oraz potrzebą, według recenzenta, wyjaśnienia niektórych zagadnień, proszę o odpowiedzi na następujące pytania w trakcie obrony rozprawy doktorskiej:

1. Proszę zdefiniować zalety i ograniczenia opracowanej przez Doktoranta metodyki badań.
2. Jakimi znanymi modelami mechanicznymi zachowania się górotworu przed i po wystąpieniu silniejszego wstrząsu można opisać przypadki zaobserwowane w badaniach Doktoranta.

3. Proszę porównać ilościowo wartości wyniesienia powierzchni terenu przed wystąpieniem silniejszych wstrząsów uzyskanych w badaniach Doktoranta do danych zamieszczonych w publikacjach.
4. Proszę określić jakie mogą być wg Doktoranta dalsze kierunki jego badań.

3. OCENA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pan mgr inż. Mateusz Cwiękała przedstawił oryginalne rozwiązanie zadania badawczego, które polegało na opracowaniu sposobu oceny przemieszczeń pionowych w strefie epicentralnej zjawisk sejsmicznych indukowanych eksploatacją górnictw w charakterystycznych warunkach pomiarowych KWK ROW Ruch Rydułtowy. Należy zaznaczyć, że tytuł rozprawy doktorskiej jest wystarczająco precyzyjny w odniesieniu do sformułowanego przez Doktoranta celu badań.

Opracowana przez Doktoranta metodyka badań składała się z następujących etapów:

- Opracowanie sposobu monitorowania przemieszczeń pionowych na powierzchni terenu metodą geodezyjną nad wybranym rejonem eksploatacji pokładu węgla z wykorzystaniem prognozy deformacji powierzchni terenu wynikającej z wpływu eksploatacji na powierzchnię terenu.
- Opracowanie systemu optymalnego monitorowania sejsmiczności w rejonie eksploatacji.
- Budowa/modernizacja systemów monitorowania geodezyjnego i sejsmologicznego.
- Monitorowanie przemieszczeń pionowych powierzchni terenu z wykorzystaniem: niwelacji precyzyjnej oraz techniki GNSS na reperach.
- Monitorowanie sejsmiczności, w tym wyznaczanie parametrów mechanizmu ogniska wstrząsów.
- Analiza porównawcza wyników monitorowania przemieszczeń pionowych powierzchni terenu oraz monitorowania sejsmiczności w rejonie badań.
- Wnioskowanie o stopniu zagrożenia sejsmicznego.

Należy podkreślić, że metodyka to została zastosowana z pozytywnym skutkiem w rejonie eksploatacji pokładu 703/1-2 ścianą VIII-E-E1. Uzyskane wyniki są bardzo interesujące i potwierdzają znane modele geomechanicznego zachowania się górotworu podlegającego wpływom eksploatacji górniczej. Doktorant przedstawił charakterystyczne zmiany wyniesień i obniżen powierzchni terenu przed i po wystąpieniu analizowanych silniejszych wstrząsów. Te charakterystyczne zmiany mają duże znaczenie użytkowe w ocenie zagrożenia sejsmicznego. Nie mniej jednak zbyt wiele czynników ma wpływ na opracowanie przydatnych w praktyce zależności analitycznych. Zebrane przykłady korelacji zmian pionowych przemieszczeń z występowaniem ognisk silniejszych wstrząsów sejsmicznych nadają się wg recenzenta do publikacji w specjalistycznym czasopiśmie.

Zauważone krytyczne uwagi mają charakter porządkowy i nie naruszają głównej konstrukcji merytorycznej rozwiązania zagadnienia badawczego oraz jego aspektów oryginalności.

Pan mgr inż. Mateusz Cwiękała wykazał się zdecydowanie ponad przeciętną znajomością ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Rozprawę doktorską cechują umiejętnie zebrane i udokumentowane dane pomiarowe. Zgromadzenie tak wielu interesujących danych świadczy o dużym zaangażowaniu Doktoranta w realizację badań. Ponadto Doktorant opracowując treść rozprawy doktorskiej wykazał się specjalistyczną wiedzę z zagadnień sejsmologicznych, geodezyjnych, górniczych i geologicznych. Na podkreślenie zasługuje jego szeroka wiedza z zakresu przetwarzania i interpretacji danych sejsmologicznych.

Ponadto, Pan mgr inż. Mateusz Cwiękała wykazał się wystarczającymi umiejętnościami do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W rozwiązaniu zadania badawczego przedstawionego w rozprawie doktorskiej Doktorant wykazał się wystarczającą znajomością głównych elementów metodyki prowadzenia badań. Doktorant w szczególności posiada dużą umiejętność formułowania opisów badań w zakresie zagrożenia sejsmicznego dla eksploatacji pokładów węgla kamiennego.

Reasumując, przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Cwiękały jest, w moim przekonaniu, oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego. Autor rozprawy doktorskiej, wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w zakresie swojej dyscypliny naukowej oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

4. WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Mateusza Cwiękały pt. „Analiza przemieszczeń w strefie epicentralnej zjawisk sejsmicznych indukowanych eksploatacją górnictw” stwierdzam, że spełnia ona wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003r.

W związku z tym wnioskuję do Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa o dopuszczenie Pana mgr inż. Mateusza Cwiękały do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

