

dr hab. inż. Grzegorz Lesiuk, prof. uczelni  
Politechnika Wrocławska we Wrocławiu  
Wydział Mechaniczny  
Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej  
i Biomedycznej  
dyscyplina: Inżynieria Mechaniczna  
ul. Smoluchowskiego 25, 50-370 Wrocław

Wrocław, 2022-09-12

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Kucewicza  
pt. *„Numeryczno-eksperymentalne badania procesu niszczenia i fragmentacji dolomitu  
w warunkach obciążeń statycznych i dynamicznych”*

**Opis identyfikacyjny:** komputeropis na prawach rękopisu, stron 70 wraz z załącznikami prac oznaczonych P1-P4, pozycji literatury 143.

Promotor rozprawy doktorskiej: prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski.

Promotor pomocniczy: Dr inż. Paweł Baranowski.

**Zleceńodawca:** Przewodniczący Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna”, prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski, zlecenie pismo z dnia 13 lipca 2022 r.

## INFORMACJE WSTĘPNE

Rozprawa zawiera spis treści, wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów, 9 numerowanych rozdziałów (w tym literaturę, streszczenie w jęz. polskim i angielskim). Praca zawiera monotematyczny cykl czterech publikacji naukowych stanowiących załącznik do rozprawy (przewodnika do zbioru publikacji). W ocenie recenzenta, zgromadzony dorobek naukowy pod kątem ilościowym i jakościowym spełnia wszelkie wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień doktora. Dokumentacja została przygotowana starannie i zawiera oświadczenia autorów o indywidualnym wkładzie autorskim. Udział Doktoranta waha się w tych pracach od 20% – 80%; przeciętnie: 62,5%, co przy średniej liczbie autorów przypadających na pracę (4,5) jednoznacznie dowodzi dominującego wkładu Doktoranta w przedstawioną do oceny tematykę badawczą zakończoną dysertacją doktorską.

Podkreślić należy także w tym miejscu, jakość dorobku naukowego wchodzącego w skład jednotematycznego wyboru prac – dysertacji:

- Praca [P1] - **Michał Kucewicz**, Paweł Baranowski, Jerzy Małachowski, “Determination and validation of Karagozian-Case Concrete constitutive model parameters for numerical modeling of dolomite rock”, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 129, 2020, Elsevier Ltd, DOI: 10.1016/j.ijrmms.2020.104302 – liczba cytowań (bez autocytowań) wg Scopus: – 7, IF: 6,849, Q1
- Praca [P2] - **Michał Kucewicz**, Paweł Baranowski, Roman Gieleta, Jerzy Małachowski, “Investigation of dolomite’ rock brittle fracture using fully calibrated Karagozian Case Concrete model” International Journal of Mechanical Sciences, Volume 221, 2022, Elsevier Ltd, DOI:10.1016/j.ijmecsci.2022.107197, – liczba cytowań (bez autocytowań) wg Scopus: – 0, IF: 6,772, Q1
- Praca [P3] - **Michał Kucewicz**, Paweł Baranowski, Jerzy Małachowski, “Dolomite fracture modeling using the Johnson-Holmquist concrete material model: Parameter determination and validation” Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, Volume 13, Issue 2, Pages 335 – 350, 2021, Elsevier Ltd DOI: 10.1016/j.jrmge.2020.09.007, liczba cytowań (bez autocytowań) wg Scopus: – 10, IF: 5,915, Q1
- Praca [P4] - Paweł Baranowski, **Michał Kucewicz**, Roman Gieleta, Michał Stankiewicz, Marcin Konarzewski, Paweł Bogusz, Mateusz Pytlik, Jerzy Małachowski, “Fracture and fragmentation of dolomite rock using the JH-2 constitutive model: Parameter determination, experiments and simulations” International Journal of Impact Engineering, Volume 140140, 2020, Elsevier Ltd DOI: 10.1016/j.ijimpeng.2020.103543, liczba cytowań (bez autocytowań) wg Scopus: – 23, IF: 4,592, Q1

Wymienione wyżej prace, już przeszły rzetelny proces recenzji w międzynarodowych czasopismach przynależnych do kategorii Q1 o wysokich IF i liczbie punktów ministerialnych od 140-200. Liczba cytowań także odzwierciedla zainteresowanie światowej społeczności naukowej wybraną przez Doktoranta tematyką.

Przedstawiona w rozprawie tematyka i odniesienia do uzyskanych przez Doktoranta wyników w sposób prawidłowy koresponduje z załączonymi pracami. Autor rozprawy w umiejętny sposób odwołuje się do przedłożonych publikacji uzasadniając przy tym wybór tematyki i realizując cel pracy, który został określony prawidłowo, prowadząc przy tym dyskusję naukową na wysokim poziomie merytorycznym.

Pomijając w tym miejscu fakt, iż Doktorant przedłożył dysertacją wraz z czterema załącznikami – podlegającą ocenie Recenzenta, należy dostrzec ponad przeciętną aktywność Doktoranta na

gruncie zagadnień pokrewnych do przedłożonej dysertacji – część z tych prac zdaniem Recenzenta mogłaby również wejść w skład przedłożonego osiągnięcia ze względu na tożsamość tematyczną. Ogółem w bazie Scopus udokumentowano **28 pozycji bibliograficznych, H-indeks Doktoranta wynosi - 9, co przy liczbie łącznych cytowań 292** jest wynikiem imponującym jak na ten etap drogi naukowej i jednocześnie świadczy o znaczącej aktywności naukowej Doktoranta.

## **OCENA WYBORU TEMATYKI I ZAKRESU PRACY**

Doktorant, jako cel pracy postawił sobie przedstawienie możliwości modelowania numerycznego skał (dolomitu) jako materiałów kruchych z naciskiem na proces inicjacji i rozwoju spękań w materiale w szerokim spektrum obciążeń, tj. od prób statycznych, dynamicznych oraz obciążeń impulsowych towarzyszące m.in. oddziaływaniu fali nadciśnienia wygenerowanej detonacją materiału wybuchowego (MW) w bliskim otoczeniu skały. Wybór tej tematyki oceniam jako trafny i ważny naukowo. Doktorant szczegółowo wykazał w punkcie 3 rozprawy wagę i rangę podejmowanych zagadnień. Zauważyć należy, że tematyka z szeroko rozumianym zagadnieniem „fracture modeling in rocks” wg bazy Google Scholar zawiera co najmniej 642 000 pozycji literaturowych a zawężenie pola wyszukiwania do „dolomitu” daje 51 800 wyników. Świadczy to o aktualności tematyki i miejsc możliwej eksploracji w dziedzinie rozwoju metod analitycznych oraz modelowania w zakresie mechaniki skał jak i inżynierii obliczeniowej. Mając na uwadze fakt wykorzystania w dysertacji innowacyjnych metod modelowania – w tym numerycznych, pozwala to na jednoznacznie pozytywną ocenę względem doboru tematyki i jej aktualności naukowej. Autor rozprawy w dostarczonej dysertacji konsekwentnie – korespondując z załączonymi pracami [P1-P4] zrealizował cel badawczy.

W *punkcie 1.* zatytułowanym *Wykaz publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej*, Autor przedstawił dorobek naukowy [P1-P4] wraz z danymi bibliometrycznymi.

*Rozdział 2.* zawiera cele badawcze pracy wraz z dokładnym opisem ich realizacji.

*Rozdział 3.* zawiera uzasadnienie podjętej tematyki badawczej.

*Rozdział 4.* zatytułowany „Badania eksperymentalne” opisuje zastosowane metody badawcze na potrzeby przyszłej procedury kalibracyjnej.

W *rozdziale 5.* Doktorant opisuje wybrane modele konstytutywne i zastosowane procedury do modeli Karagozian Case Concrete (KCC), Johnson Holmquist Concrete (JHC) i Johnson Homquist Ceramic (JH-2). Rozdział ten stanowi sedno rozprawy i w nim Autor porównuje modele konstytutywne wraz z szeroką dyskusją wad i zalet każdego z nich w kontekście przeprowadzonych prac eksperymentalnych.

W **rozdziale 6.** „Podsumowanie i wnioski”, Autor przedstawia w sposób esencjonalny podsumowanie osiągniętych wyników i konkluzje.

**Rozdział 7.** stanowi opis oryginalnych elementów pracy.

**Rozdział 8.** opisuje kierunki dalszych badań

**Rozdział 9.** obejmuje spis literatury.

## **UWAGI O ROZPRAWIE, PYTANIA MERYTORYCZNE I ZAGADNIENIA DYSKUSYJNE**

Rozprawa jest napisana poprawnym, zrozumiałym językiem i wykazuje bardzo dobry poziom edytorski – nie dostrzeżono większych usterek, zaś niektóre z nich przedstawiono w dalszej części recenzji. Na szczególne podkreślenie zasługuje bogata dokumentacja graficzna. Rysunki oraz fotografie są wykonane bardzo starannie i odzwierciedlają szeroki program badań – w większości są wynikiem publikacji prac [P1-P4]. Tabele są przejrzyste dla czytelnika.

Doktorantowi należy się pochwała za dobór literatury – znajdują się tam nie tylko pozycje najnowsze, lecz także publikacje ważne dla tego obszaru badawczego, opublikowane wcześniej. Spośród 143 pozycji zdecydowaną większość stanowią publikacje w języku angielskim. Jest to odbicie aktualnych wymagań, że publikować należy po angielsku.

Zdaniem Recenzenta, rozprawa wyróżnia się ze względu na podjęcie trudnej tematyki i wykorzystanie nowoczesnych interdyscyplinarnych narzędzi badawczo-obliczeniowych.

W rozprawie zaprezentowano oryginalne oraz kompleksowe ujęcie zagadnienia, co stanowi niewątpliwie osiągnięcia naukowe Doktoranta. Lektura rozprawy doktorskiej nasuwa również szereg pytań i zagadnień o charakterze dyskusyjnym, które zaprezentowane są poniżej.

### Uwagi krytyczne, polemiczne i komentarze:

1. W pracy Doktorant wykonał badania odporności na pękanie z wykorzystaniem dwóch typów geometrii próbek SCBT i BT. W jednym przypadku było to 10 próbek a w drugim 5. Co było powodem takiego postępowania?
2. Dlaczego nie zdecydowano się na wykonanie typowego testu odporności na pękanie na próbkach typu SENB – powszechnie stosowanych w badaniach – dla I sposobu obciążenia? Być może wtedy, uzyskane wartości  $K_{IC}$  byłyby punktem odniesienia do innych badań?
3. Czy Doktorant próbował wyznaczyć odporność na pękanie  $K_{IIC}$  i/lub dokonać analizy trajektorii pęknięcia w złożonym stanie naprężeń? Mając „opanowaną” technikę badań na próbkach BT i SCBT interesującym byłoby określenie możliwości przewidywania

trajektorii pęknięcia w złożony stanie naprężeń na podstawie własnej lub innych, znanych hipotez kąta inicjacji pęknięcia. Proszę o komentarz Doktoranta.

4. W jaki sposób modelowano numerycznie (eksperymentalnie – można się tego domyśleć na podstawie prac) kontakt/tarcie próbki BT między tarczami ściskającymi maszyny wytrzymałościowej? Czy dokonano analizy wpływu tych warunków na uzyskane wyniki?
5. Doktorant słusznie zauważa znaczące różnice w odporności na pękanie uzyskane dla dwóch różnych konfiguracji próbek. Proszę o szczegółowe przedstawienie, czym one mogą być spowodowane? Czy mają one wpływ na przebieg dalszego modelowania – kalibracji modeli? Czy analizowano szczegółowo numerycznie obie geometrie próbek pod kątem naprężeń T-stress, tak jak np. w pracy *Ayatollahi, M. R., & Aliha, M. R. M. (2008). On the use of Brazilian disc specimen for calculating mixed mode I-II fracture toughness of rock materials. Engineering Fracture Mechanics, 75(16), 4631-4641.*? Czy zdaniem Doktoranta korekta z uzupełnieniem parametru T- pozwoli na zmniejszenie tej dysproporcji?
6. Czy zdaniem Doktoranta możliwe jest dokonanie analizy wrażliwości modeli na zmienność poszczególnych parametrów testowych – tj. zmienność właściwości skał? Czy próbował Doktorant dokonać analiz probabilistycznych z założeniem rozkładów poszczególnych cech wytrzymałościowych? Który z parametrów (lub grupy parametrów) jest tym, który powoduje największe – potencjalne – odchylenia modeli od rzeczywistych danych pomiarowych? Proszę o przedstawienie perspektyw aplikacyjnych przyjętej metodologii?

#### Drobne uwagi o charakterze redakcyjnym:

1. Rozdział 4. badania eksperymentalne powinien być nieco bardziej rozwinięty – w szczególności chodzi o prezentację metod badawczych, próbek i wszystkich danych eksperymentalnych. Co prawda Doktorant zostawił odwołania do prac [P1-P4], jednak znacząco ułatwiłoby to lekturę dysertacji gdyby skonsolidowano wyniki w jednym miejscu.
2. Słownik skrótów nie zawiera wszystkich skrótów, w przyszłości warto także rozbudować tę część o listę najważniejszych symboli użytych w pracy.
3. Rys. 1. W miejscu oznaczenia „liczba zdarzeń akustycznych” nie można dostrzec krzywej z danymi pomiarowymi w wersji drukowanej rozprawy.
4. Rys. 2b – rekomenduje się dodanie skali długości, która ułatwi Czytelnikowi własną analizę.
5. Doktorant używa określenia „moda I” i „moda II” – str. 15 – charakteryzującego obciążenie szczeliny. Jest to naturalne odzwierciedlenie „kalki” z angielskiego języka (i zapewne faktem, częstego publikowania przez Doktoranta po angielsku). Jednak w polskiej

nomenklaturze (np. A. Neimitz „Mechanika Pękania”, WN PWN 1998) zaleca się używać terminów: „sposób I” i „sposób II” obciążenia szczeliny.

Jeszcze raz w tym miejscu należy podkreślić, że wyżej wymienione uwagi mają jedynie charakter dyskusyjny i w żaden sposób nie umniejszają pozytywnego odbioru wyników pracy oraz osiągniętych przez Doktoranta celów i zostały przeze mnie przedstawione w zgodzie z sentencją *nemo sine vitiis est*.

## PODSUMOWANIE

Istotny i twórczy wkład **mgr. inż. Michała Kucewicza** w rozwój mechaniki, w jej część numeryczną, eksperymentalną i metodologiczną polega na tym, że przedstawił rozwiązanie postawionego problemu badawczego, tj. *Numeryczno-eksperymentalne badania procesu niszczenia i fragmentacji dolomitu w warunkach obciążeń statycznych i dynamicznych*, na podstawie którego można sformułować następujące wnioski i osiągnięcia:

1. Charakteryzacja szeregu właściwości mechanicznych dla skały – w tym przypadku – dolomitu, na podstawie autorskich wyników testów eksperymentalnych obejmujących jedno i wieloosiowe stany obciążenia.
2. Opracowanie oryginalnych modeli numerycznych dla wszystkich testów eksperymentalnych oraz dodatkowych nienormatywnych symulacji testowych służących do walidacji wypracowanych parametrów modeli konstytutywnych.
3. Zaproponowanie indywidualnej aplikacji i sposobu szacowania parametrów modelu JHC, osobno dla zakresów statycznych i dynamicznych, bazując na kryterium Mohra-Coulomba oraz danych eksperymentalnych.
4. Bezpośrednie porównanie trzech modeli konstytutywnych (modeli KCC, JHC, JH-2) w aplikacji do odwzorowania zjawisk, w których występują trzy odmienne i niezależne od siebie mechanizmy powodujące propagację spękań w skale, uzupełnione opisem ograniczeń każdego z modeli oraz ewentualnymi możliwościami ich pominięcia za sprawą udoskonalonego procesu kalibracji parametrów tych modeli.

**WNIOSEK**  
**o dopuszczenie do publicznej obrony**

Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że:

1. **Rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Kucewicza spełnia** wymagania art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, stan prawny na dzień 30 września 2011 r.) i w związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Mając na uwadze zakres rozprawy, poziom oryginalności prowadzonych badań i metod badawczych oraz osiągnięte w ramach dysertacji wyniki, **wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej o wyróżnienie** rozprawy doktorskiej **mgra inż. Michała Kucewicza**.
2. Zakres rozważań rozprawy kwalifikuje ją do dziedziny nauk inżynierijnotechnicznych w dyscyplinie **inżynieria mechaniczna** według nowej klasyfikacji dziedzin i dyscyplin określonej w rozporządzeniu z dnia 20 września 2018 r. ( Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

Wrocław, 12-09-2022



dr hab. inż. Grzegorz Lesiuk, prof. uczelni