

dr hab. Leokadia RÓG, prof. GIG-PIB
Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Oceny Jakości Paliw Stałych
40-166 Katowice
Plac Gwarków 1

Katowice, 29.12.2023 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pana mgr Piotra Sosnowskiego

pt. „Opracowanie indeksu ryzyka wystąpienia wybranych zagrożeń naturalnych na podstawie petrograficznych obserwacji mikroskopowych węgla kamiennych dla zautomatyzowanych procesów harmonogramowania eksploatacji w oparciu o model 3D złoża”

Informacje wstępne

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Piotra Sosnowskiego została wykonana na podstawie uchwały Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego z dnia 17 października 2023 r. oraz pisma WNP/BEOI.411.18.2023 z dnia 20 października 2023 roku. Recenzja została sporządzona w oparciu o zapisy w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce” (Dz. U. z 2022 r. Poz. 574 ze zm.).

Praca została zrealizowana w Instytucie Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego pod kierunkiem Pani Promotor – dr hab. Iwony Jelonek, Prof. UŚ. Rozprawa powstała w ramach III edycji programu „Doktorat Wdrożeniowy” Ministerstwa Edukacji i Nauki w Szkole Doktorskiej Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach przy współpracy z Jastrzębską Spółką Węglową S.A.

Podstawą programu „Doktorat wdrożeniowy” jest współpraca między jednostkami szkolnictwa wyższego i przedsiębiorcami. Współpraca ta zakłada kształcenie Doktorantów i wdrażanie ich osiągnięć naukowych w przedsiębiorstwach, w których są zatrudnieni.

Ocena układu rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska składa się ze wstępu, ośmiu rozdziałów i wniosków. W końcowej części rozprawy zamieszczony został spis literatury, streszczenie w języku angielskim oraz wykazy: cytowanych aktów prawnych ((3 pozycje), cytowanych norm polskich i międzynarodowych ((25 pozycji), tabel (29 sztuk), rysunków (47 sztuk) oraz załączników (26 sztuk). Całość liczy 234 strony.

W pracy zacytowane zostały 134 pozycje literaturowe. W większości są to pozycje anglojęzyczne. Wśród nich są dwie publikacje samodzielne Doktoranta (jedna opublikowana w materiałach konferencyjnych a druga w czasopiśmie New Trends in Production Engineering) oraz dwie kolejne publikacje współautorskie, opublikowane w punktowanym i uznanym

czasopiśmie – International Journal of Coal Geology.

Układ pracy jest przejrzysty i prawidłowy.

Ocena merytoryczna pracy

Praca doktorska mgr Piotra Sosnowskiego poświęcona jest kompleksowym badaniom zagrożeń naturalnych, występujących w kopalniach węgla kamiennego. Treść rozprawy wyczerpująco omawia wszystkie zagadnienia wynikające z jej tytułu.

Temat badań podjętych przez Doktoranta jest bardzo ważny, gdyż górnictwo węgla kamiennego w Polsce przeżywa obecnie trudny okres związany z pogarszającymi się warunkami eksploatacji, wynikającymi z coraz większych głębokości i coraz trudniejszych warunków tektonicznych występujących w rejonie eksploatacji, co generuje duże zagrożenia między innymi metanowe, pyłowe wybuchowe i pożarowe. Wybierając obszar badań i precyzując temat rozprawy doktorskiej Doktorant zwrócił uwagę na to, że zagrożenia naturalne często wynikają ze struktury i budowy petrograficznej węgla i jego właściwości fizyko-chemicznych.

Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań potwierdzają, że wykorzystując badania petrograficzne można, już na etapie projektowania kopalni czy ściany, rozpoznać i odpowiednio sklasyfikować zagrożenia naturalne i ryzyka z nimi związane.

Zastosowanie petrografii węgla w szacowaniu ryzyka wystąpienia i intensywności wystąpienia zagrożeń naturalnych w górnictwie podziemnym jest rzeczą innowacyjną i niestosowaną dotychczas w polskim i światowym górnictwie.

Petrografia węgla znajduje coraz szersze zastosowanie w przemyśle wydobywczym, energetycznym, koksowniczym i metalurgicznym. Badania wykonane przez Doktoranta rozszerzyły możliwości zastosowania petrografii węgla o nowy obszar, którym jest prognozowanie zagrożeń w górnictwie podziemnym.

We wstępie dysertacji Doktorant scharakteryzował sytuację gospodarczą w polskim i światowym górnictwie węgla kamiennego, podkreślił celowość podjęcia badań w tematyce zagrożeń naturalnych, występujących w polskim górnictwie. Sprecyzował problem badawczy i obszar, w którym były prowadzone badania. Zasygnalizował główny cel podjętych badań, którym jest prognozowanie wybranych zagrożeń naturalnych na wczesnym etapie rozpoznawania złoża z wykorzystaniem wyników badań składu petrograficznego, struktury i właściwości fizyko-chemicznych węgla.

We wstępie Doktorant omówił również metody określania uciążliwości warunków górnictwo-geologicznych, opracowane i wprowadzone w 2018 roku do stosowania przez Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN.

W **rozdziale 1** rozprawy doktorskiej zostały sprecyzowane trzy tezy:

1. Skład petrograficzny węgla ma wpływ na jego właściwości fizyko-chemiczne;
2. Zależności pomiędzy petrografią, a parametrami fizyko-chemicznymi mają wpływ na konkretne właściwości węgla jako skały (w tym np. potencjał pyłotwórczy czy skłonność do samozagrzewania i samozapózarowania);
3. Istnieje możliwość wyskalowania tych zależności w formie numerycznej określając stopień intensywności prawdopodobieństwa wystąpienia danego zjawiska szkodliwego.

Doktorant przedstawił również pięć celów naukowych:

1. Wykazanie wpływu budowy petrograficznej węgla na jego wpływ na środowisko pracy;

2. Analiza mikrolitotypów węgla w badanym złożu w celu zamodelowania środowiska sedymentacji;
3. Wykonanie korelacji petrografii z właściwościami fizyko-chemicznymi węgla;
4. Wyciągnięcie zależności i skorelowanie poszczególnych grup z danymi laboratoryjnymi służb kopalnianych dotyczących wyznaczania poszczególnych stopni i klas zagrożeń naturalnych;
5. Oszacowanie wpływu petrografii oraz właściwości fizyko-chemicznych na dane zagrożenie naturalne;

i cztery cele wdrożeniowe:

1. Wyznaczenie indeksu ryzyka dla danego zagrożenia naturalnego;
2. Zaimplementowanie indeksu w formie numerycznej do Numerycznego Modelu Jakościowego Złoża;
3. Zaimportowanie danych jakościowych do programu DESWIK;
4. Wykonanie Harmonogramu Biegu Ścian z uwzględnieniem przedmiotowego Indeksu.

W **rozdziale 2** autor charakteryzuje zagrożenia naturalne, z którymi można się spotkać w górnictwie podziemnym węgla kamiennego. Doktorant podaje również kryteria oceny tych zagrożeń. Spośród wszystkich zagrożeń naturalnych występujących w podziemnym górnictwie węgla kamiennego szczególną uwagę zwraca Doktorant na te, które są zależne od budowy petrograficznej i właściwości fizykochemicznych węgla, czyli na te, które stanowią przedmiot badań. Wymienić tu należy zagrożenia pyłowe, metanowe i pożarowe. Przedstawia ich klasyfikację opartą na wnikliwej i szerokiej analizie materiałów bibliograficznych.

W **rozdziale 3** autor opisał budowę geologiczną złoża Knurów, które stanowi przedmiot badań. Zajął się również składem petrograficznym węgla występującego w tym złożu. W drugiej części tego rozdziału autor przedstawił podstawy analizy rozwoju facjalnego złoża oraz możliwości wykorzystania wskaźników petrograficznych do wyznaczenia facji węglowych i określenia warunków paleośrodowiskowych, występujących w paleotorfowisku podczas tworzenia się złóż węgla. Informacje podane w tym rozdziale oparte są na bogatej analizie literaturowej i stanowią kontynuację opisu, wykorzystanych w badaniach metod analitycznych i badawczych.

Rozdział 4 dotyczy metodyki badań. Autor zidentyfikował w nim materiał badawczy, na który składają się: 43 próbki bruzdowe węgla, 7 próbek węglowych z rdzeni wiertniczych i 16 próbek pyłu węglowo-kamiennego, pobranego z kombajnów i elementów obudowy chodnikowej i ścianowej, w miejscach poboru prób bruzdowych. Próby bruzdowe pochodzą z całego profilu pionowego złoża, a mianowicie z pokładów: 355, 401/2, 405/1, 405/2, 408/2, 504 i 603 a próbki z rdzeni wiertniczych pochodzą z pokładów 408/3 i 410. Pięć próbek bruzdowych pochodzi z przewarstwień w pokładzie i analizy petrograficzne wykonane dla nich posłużyły jedynie do określenia zmian środowiskowych na etapie depozycji materii organicznej w torfowisku. Nie były one brane pod uwagę na etapie analizy zależności pomiędzy składem petrograficznym węgla i występującymi zagrożeniami naturalnymi.

W dalszej części rozdziału autor omówił sposób przygotowania próbek do badań i opisał wytypowane metody przeprowadzenia badań: składu petrograficznego (analizy składu macerałów i mikrolitotypów), analizy laserowej frakcji pyłów, analiz rentgenowskich, oznaczeń parametrów fizyko-chemicznych, metanonośności i skłonności węgla do samozapalenia.

W **rozdziale 5** autor przedstawił wyniki badań. Rozdział rozpoczyna się tabelę zawierającą podstawowe parametry fizyko-chemiczne i petrograficzne, uzyskane dla próbek bruzdowych i próbek z rdzeni wiertniczych. W dalszej części znajduje się jeszcze 15 innych tabel, które zawierają wyniki uzyskane przy zastosowaniu wszystkich metod, wymienionych i opisanych w rozdziale dotyczącym metodyki badań. Dla niektórych parametrów zamieszczono wykresy korelacji, np.: korelacja zawartości części lotnych z refleksyjnością witrynu czy diagramy słupkowe, obrazujące częstość występowania poszczególnych składników węgla.

Na początku kolejnego **rozdziału 6**, zatytułowanego „Podsumowanie”, autor obszernie omawia rozwój facjalny złoża Knurów. Opisuje ewolucję facjalną każdego badanego pokładu. Uwzględnia tutaj szczegółową analizę submacerałową i interpretuje facje węglowe na podstawie przytoczonych wcześniej (w rozdziale 3) wskaźników petrograficznych Diessela TPI, GI oraz Caldera - GWI i VI. Na podstawie tych indeksów autor dla każdego pokładu zamieszcza schemat facji węglowych, przedstawiający rozkład badanych próbek węglowych oraz interpretację uzyskanych dla nich wyników. Do interpretacji wyników oznaczania mikrolitotypów autor posłużył się diagramami facjalnymi, zaproponowanymi przez Hacquebarda i Donaldsona, zmodyfikowanymi przez Marchioni a następnie przez Silva i Kalkreutha. Wszystkie zgromadzone w rozdziale 6 wyniki oraz przedstawiające je schematy i diagramy świadczą o wnikliwej analizie i poprawnej identyfikacji środowisk facjalnych.

Końcowa część rozdziału 6 zawiera charakterystykę poszczególnych pokładów w złożu węgla. Jest to pewnego rodzaju podsumowanie wyników analiz: fizyko-chemicznych, zawartości grup macerałów i substancji mineralnej, składu mikrolitotypowego, analiz facjalnych i zagrożeń naturalnych – metanowego, pożarowego i pyłowego. Budowę petrograficzną węgla w poszczególnych pokładach dokumentują liczne mikrofotografie.

W **rozdziale 7** Doktorant przedstawił wyniki badania korelacji i zależności między wszystkimi uzyskanymi wynikami petrograficznymi i fizyko-chemicznymi oraz czynnikami charakteryzującymi wytypowane zagrożenia naturalne. W analizie statystycznej wykorzystał korelację liniową Pearsona i modele regresji wielorakiej. Dla zagrożeń pożarowych wziął pod uwagę: okres inkubacji pożaru, wskaźnik samozapalności i energię aktywacji utlenienia. Dla zagrożeń metanowych autor uwzględnił metanonośność a dla zagrożeń pyłowych - subiektywną ocenę pylenia. Największą istotność modelu uzyskano dla korelacji: okresu inkubacji pożaru z indeksem TPI, wskaźnika samozapalności z klarytem witrynitowym, metanosności z telinitem i megasporynitem oraz intensywności pylenia z klarytem liptynitowym i witrynertytem inertynitowym.

Rozdział 8 jest zamknięciem całego procesu badawczego opisem sposobu wdrożenia danych petrograficznych do modelu jakości złoża w programie DATAMINE MineScape. Załączone rysunki i obrazy komputerowe pokazują kolejne etapy wprowadzania danych do programu komputerowego.

Rozprawę doktorską kończy rozdział „**Wnioski**”, w którym autor zamieścił 35 krótkich, zwięzłych i rzeczowych wniosków. Jest w nich podsumowana cała historia przeprowadzonych badań i są ocenione, w sposób poprawny i przejrzysty, końcowe wyniki z każdego etapu badań. Potwierdzają one poprawność postawionych tez, które zostały potwierdzone oraz potwierdzają realizację wszystkich postawionych celów pracy.

Uwagi konieczne do wykorzystania przy publikowaniu wyników badań – nie wymagają wyjaśnień i odpowiedzi:

1. Tytuł rozdziału 1.1. powinien brzmieć: „Tezy rozprawy doktorskiej”, gdyż nie ma w nim celów;
2. W celach (rozdział 1.2) pojawiły się niejasności i skróty myślowe: „Wykonanie korelacji petrografii z właściwościami...” można zastąpić „Analiza korelacji składu petrograficznego z właściwościami...”. „Wyciągnięcie zależności i skorelowanie poszczególnych grup...” można zastąpić „Określenie zależności i skorelowanie poszczególnych grup...”. Dodatkowo trzeba doprecyzować jakich grup;
3. W rozdziale 4.2 przytoczona jest nieaktualna norma na przygotowanie próbek. Powinno być: PN-G-04502:2014:11;
4. Autor używa błędnego terminu „próby węgla”, powinno być „próbki węgla”;
5. Tytuł rozdziału 4 powinien brzmieć „Metody badań” albo „Metodyka badań”;
6. Rozdział 6 nie powinien mieć tytułu „Podsumowanie”, gdyż podawane są w nim wyniki badań. Tylko końcowa część tego rodzaju stanowi podsumowanie;
7. Nie wszystkie dane podane w tabelicy 4 zostały pokazane na rysunku 14;
8. W tytule rysunku 37 na stronie 113, występuje skrót myślowy „zestawienie średnich wartości mikrolitotypów...”
9. W tabeli 4 brakuje kilku wyników dla próbek: 18, 112, 14 i 36. Pod tabelą albo w tekście powinno być wytłumaczenie dlaczego ich nie ma;
10. Diagram pokazany na rysunku 15 jest nieczytelny. Nieczytelna jest legenda i zastanawiające jest dlaczego na diagramie pokazane są słupki, odpowiadające tylko czterem pokładom. Podobnie legenda na diagramie, na rysunku 20. Chyba brakuje na niej kolorów dla niektórych pokładów;
11. Na temat wyników podanych w wielu tabelach nie ma wzmianki w tekście. Krótki komentarz podsumowujący ułatwiłby interpretację tych wyników;
12. Na wielu rysunkach i tabelach pojawiają się skróty literowe, opisujące składniki petrograficzne i wskaźniki. Nie są one czytelne i powinny być wyjaśnione;
13. W niektórych miejscach w tekście przywołane są niewłaściwe numery tabel;
14. Kolejność próbek powinna być taka sama we wszystkich tabelach (np. dla pokładu 405/1 w tabelach 5 i 6). Brak zachowania tej kolejności utrudnia porównywanie wyników;
15. Na rysunkach i w tabelach pojawiają się opisy w języku angielskim. Łatwiej było by zrozumieć i zinterpretować zawarte tam treści gdyby opisy były w języku polskim;
16. Dodatkowych wyjaśnień wymaga tekst podany na stronie 65, dotyczący powierzchni furty eksploatacyjnej, zwłaszcza w zakresie jak i do czego zostało to wykorzystane;
17. W tekście rozprawy pojawiły się błędy literowe, edytorskie i stylistyczne. Tekst rozprawy wymaga skrupulatnego sprawdzenia i poprawy.

Uwagi wymagające wyjaśnienia i odpowiedzi:

1. W spisie literatury podane są 2 publikacje, których Doktorant jest współautorem (pozycja 112 i 113). Jaki jest udział Doktoranta w pracach nad tymi publikacjami?
2. Na stronie 52 podany jest opis metody przygotowania próbek pyłu kamiennie-węglowego do badań mikroskopowych. Opis ten podaje, że najpierw przesiano pył przez sito o oczkach o średnicy 1 mm, ale nie wiadomo, którą klasę ziarnową wykorzystano do przygotowania preparatu mikroskopowego. Opis nie podaje również jak otrzymano klasę ziarnową

< 50 μm .

3. W rozdziałach 4.5 i 4.6 podane jest, że analizy dyfrakcji rentgenowskiej i fluorescencji rentgenowskiej wykonano dla 14 próbek pyłu kamiennie-węglowego, a pobranych zostało 16 próbek pyłu. Skąd ta różnica?
4. Proszę wyjaśnić termin „potencjał fibrogeniczny”, który pojawił się na str 17.
5. Na stronie 61 autor podaje „...w przybliżeniu udział grupy wityryny rośnie wraz z sukcesją stratygraficzną. Związane jest to ze zmianami środowiskowymi opisanymi w pracach Sosnowski i Jelonek 2022 i 2023...” – proszę o rozwinięcie.
6. Dlaczego analiza zawartości mikrolitotypów dla próbek bruzdowych i próbek z otworów wiertniczych (tabela 6) i dla próbek pyłu kamiennie-węglowego (tabela 8) jest inna (wydzielono inne składniki mikrolitotypowe)?
7. W tekście rozprawy brakuje informacji na temat czy opracowany i wdrożony indeks ryzyka poszczególnych zagrożeń jest obecnie stosowany na kopalni Knurów i czy zgodnie z ostatnim celem wdrożeniowym został uwzględniony w Harmonogramie Biegu Ścian.

Ogólna ocena rozprawy

Tematyka rozprawy wpisuje się w innowacyjne kierunki współczesnej nauki, stanowi cenne, oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Dotyczy bardzo ważnego, ciekawego i aktualnego problemu dotyczącego wczesnego wykrywania zagrożeń naturalnych w górnictwie podziemnym. Rozprawa poza aspektem naukowym i poznawczym, ma również aspekt wdrożeniowy.

Dużym osiągnięciem Doktoranta jest samo podjęcie realizacji tematu rozprawy oraz zwrócenie uwagi na możliwości zastosowania petrografii węgla i badań mikroskopowych w świetle odbitym w szacowaniu ryzyka i intensywności wystąpienia zagrożeń naturalnych, co jest rzeczą innowacyjną i niestosowaną dotychczas w polskim i światowym górnictwie.

Postawione cele naukowe i wdrożeniowe zostały osiągnięte. Badania zostały poprawnie zaplanowane i konsekwentnie zrealizowane, zarówno w zakresie poboru próbek do badań jak i w zakresie badań laboratoryjnych, w których wykorzystana została wysokiej klasy aparatura. Zastosowana metodyka badań nie budzi zastrzeżeń. Wyniki badań zostały przeanalizowane metodami statystycznymi.

Dużym osiągnięciem jest uniwersalność opracowanego systemu prognozowania ryzyka wystąpienia zagrożeń, który może być stosowany w przyszłości dla innych złóż węgla kamiennego.

Mając na uwadze zakres przeprowadzonych badań, staranne opracowanie uzyskanych wyników badań oraz znaczenie tych wyników w teorii i praktyce, pracę oceniam bardzo pozytywnie i wysoko.

Wnioski końcowe

Po przeprowadzeniu merytorycznej oceny rozprawy stwierdzam, że praca mimo wykazanych drobnych uwag, stanowi nowatorskie, oryginalne, twórcze i innowacyjne rozwiązanie naukowe, świadczące o tym, że Mgr Piotr Sosnowski wykazał się dużą wiedzą z zakresu prowadzonych badań, opanował w dostatecznym stopniu umiejętność samodzielnego ich planowania, prowadzenia i analizy osiągniętych wyników. Na podkreślenie zasługuje umiejętność przekazania wszystkich informacji zawartych w tekście w sposób obrazowy,

płynny i ciekawy. Docenić należy również ogrom pracy włożony w mocno rozbudowany zakres badań, zwłaszcza w badania mikroskopowe.

Przedłożona rozprawa doktorska spełnia wymagania formalne stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z Ustawią z dnia 20 lipca 2018 r. – „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce” (Dz. U. z 2022 r. Poz. 574 ze zm.).

Wnioskuje do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr Piotra Sosnowskiego „Opracowanie indeksu ryzyka wystąpienia wybranych zagrożeń naturalnych na podstawie petrograficznych obserwacji mikroskopowych węgla kamiennych dla zautomatyzowanych procesów harmonogramowania eksploatacji w oparciu o model 3D złoża” i dopuszczenie jej do publicznej obrony

Jednocześnie zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o **wyróżnienie pracy doktorskiej**.

Propozycję wyróżnienia uzasadniam tym, że:

- Doktorant podjął się rozwiązania bardzo trudnego ale i bardzo aktualnego problemu, jakim jest prognozowanie zagrożeń naturalnych w górnictwie podziemnym węgla kamiennego;
- problem ten jest obecnie bardzo ważny gdyż górnictwo węgla kamiennego w Polsce boryka się z coraz trudniejszymi warunkami eksploatacji, wynikającymi z coraz większych głębokości eksploatacji;
- wdrożenie wyników badań do stosowania umożliwi już na etapie projektowania kopalni czy ściany, uwzględnienie ryzyka jakie niesie ze sobą zagrożenie naturalne, rozpoznane i odpowiednio sklasyfikowane na podstawie badań mikroskopowych;
- zastosowanie petrografii węgla w szacowaniu ryzyka wystąpienia i intensywności wystąpienia zagrożeń naturalnych w górnictwie podziemnym jest rzeczą innowacyjną i niestosowaną dotychczas w polskim i światowym górnictwie;
- przeprowadzone badania potwierdziły potencjał mikroskopii optycznej w świetle odbitym do prognozowania i klasyfikowania zagrożeń naturalnych w górnictwie;
- dużym osiągnięciem jest uniwersalność opracowanego systemu prognozowania ryzyka wystąpienia zagrożeń naturalnych w górnictwie podziemnym;
- rozprawa doktorska stanowi nowatorskie, oryginalne, twórcze i innowacyjne rozwiązanie naukowe;
- docenić należy ogrom pracy włożony w rozbudowany zakres badań oraz staranne i wnikliwe przeanalizowanie wszystkich wyników.



Dr hab. Leokadia Róg, Prof. GIG-PIB