

**Recenzja**  
**pracy doktorskiej mgr inż. Mariana Zmarzłego pt.**

**Wieloparametryczna ocena zagrożenia wyrzutami gazów i skał w drążonych  
wytrobiskach korytarzowych w pokładach węgla kamiennego południowo-zachodniej  
części niecki górnośląskiej**

**1. Wstęp**

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Mariana Zmarzłego pt. „*Wieloparametryczna ocena zagrożenia wyrzutami gazów i skał w drążonych wytrobiskach korytarzowych w pokładach węgla kamiennego południowo-zachodniej części niecki górnośląskiej*” opracowana została na podstawie zlecenia Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach z dnia 07.10.2022, zgodnie z wymaganiami ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, w związku z art.179 ust. 2 ustawy z dnia 2018 roku.

Recenzja rozprawy doktorskiej opracowana została na podstawie dostarczonego wydruku pracy oraz streszczenia w języku angielskim. Recenzowana praca składa się z 146 stron oprawionego wydruku komputerowego formatu A4, rozprawa zawiera spis treści, 9 rozdziałów merytorycznych, w tym podsumowanie z wnioskami, spis literatury zawierający 118 pozycji krajowych i zagranicznych, ponadto w rozprawie jest wiele rysunków, map, tabel i 13 załączników. Pod względem formalno-redakcyjnym praca stanowi spójny tekst, rysunki, tabele i mapy dobrze objaśniają wywody Autora, a zawarty materiał jest właściwie zinterpretowany w tekście.

**2. Treść i zakres pracy doktorskiej**

W rozprawie doktorskiej przedstawiono szeroką analizę czynników wpływających na poziom zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi w trakcie wykonywanych prac górniczych. W szczególności rozprawa doktorska dotyczy predykcji zagrożenia nagłymi wyrzutami gazów i skał; mimo wielu dotychczasowych badań zawiera nowe i oryginalne rozwiązania. Uważam, że tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Mariana Zmarzłego mieści się w dziedzinie nauk technicznych w obszarze dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

We wprowadzeniu do tematyki rozprawy, rozdział 1, Autor omawia ogólny stan wiedzy związanej z zagrożeniem naturalnym, jakim jest nagły wyrzut gazów i skał w wyrobisku górniczym, charakteryzuje omawiane zjawisko, klasyfikując go do grupy zjawisk gazogeodynamicznych.

Prowadzone rozważania, w rozdziale 2, stanowią podstawę do sformułowania celu oraz tezy rozprawy doktorskiej „*Istnieją zależności pomiędzy właściwościami gazowymi i*

*fizykomechanicznymi węgla oraz górotworu otaczającego, które pozwalają na określenie wartości prognoz pozwalających na ocenę stanu zagrożenia występowaniem zjawisk gazogeodynamicznych (wyrzutami gazów i skał)”. Autor podkreśla, że mimo wielu badań do tej pory nauka nie opracowała skutecznej metody prognozowania zagrożenia wyrzutami gazów i skał. Przyjęte założenia w rozprawie, prowadzą do opracowania wskaźnika prognozy, opartego na zbiorze parametrów, opisujących właściwości fizyko–mechaniczne, gazowe, tektoniczne i górnicze, które wpływają na poziom zagrożenia wyrzutami gazów i skał, w drażnionych wyrobiskach w kopalniach węgla.*

W rozdziale 3 Autor obszernie omawia aktualny stan badań naukowych nad rozpoznaniem istotnych cech zjawiska gazogeodynamicznego, jakim jest nagły wyrzut gazu i skał. Zamieszcza interesujące mapy występowania zdarzeń i tabele charakteryzujące nagłe wyrzuty gazu i skał. Omawia hipotezy przyczyn występowania wyrzutów gazów i skał, które są opisane w literaturze światowej, zwracając uwagę na wysoką zawartość gazu w pokładzie węgla o specyficznych parametrach fizykomechanicznych, istniejących, w danych warunkach pola naprężenia, a wynikających z prowadzonych prac górniczych. Z badań literatury wynika, że nauka wskazała trzy główne czynniki dla prognostycznej oceny poziomu zagrożenia gazogeodynamicznego tj.: dominująca rola gazu, destrukcyjne znaczenie naprężeń oraz łączne działanie gazu i naprężeń w górotworze. Z rozważań Autora wynika, że najbardziej przydatnym okazuje się uwzględnienie roli gazu i naprężeń, uzupełnione własnościami fizycznymi węgla oraz warunkami geologiczno-górnictwymi. Autor zwraca też uwagę na przepisy prawa górniczego, nakazujące prowadzić prognozę zagrożenia nagłego wyrzutu gazu i skał na podstawie mierzalnych wskaźników, są to: intensywność desorpcji, zwięzłość węgla wg. Protodiakonowa i wychód zwiercin.

Stwierdzam, że Autor dobrze rozpoznał i krytycznie ocenił dotychczasowe wyniki badań w tym zakresie.

W rozdziale 4 Autor poszerza analizę parametrów charakteryzujących zjawiska gazogeodynamiczne, szczególnie te, które miały miejsce w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej. Autor poddał analizie najważniejsze parametry, które charakteryzują zagrożenia wyrzutowe, przywołując znane w literaturze badania, omówił wartości graniczne i występujące korelacje między poszczególnymi parametrami. Autor słusznie zauważa, że badając poziom zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi należy uwzględnić: własności węgla tj. porowatość, przepuszczalność, zawartość części lotnych, zawartość gazu, głębokość zalegania, zaburzenia geologiczne oraz prowadzone roboty górnicze, co istotnie zmienia stan naprężenia w rejonie robót. Wymienione czynniki są ze sobą powiązane i mogą się zmieniać w czasie postępu robót górniczych. Autor zebrał dużą liczbę cennych danych, które zestawiał w formie załączników (od nr 1 do 4). Autor kolejno szczegółowo omawia mierzalne czynniki węgla: gazoność, wskaźnik desorpcji, wychód zwiercin, zwięzłość, stopień uwęglenia, pojemność sorpcyjną; podkreśla też istotną rolę zaburzeń geologicznych, które powodują istnienie węgla o strukturze odmienionej, skłonnej do nasilenia zjawisk gazogeodynamicznych.

W rozdziale 5 Autor omawia dodatkowe parametry przydatne do oceny stanu zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi, które nazywa dyskrejonalnymi (w rozumieniu recenzenta nie ujętymi w przepisach górniczych, tzw. nieoficjalne parametry), są to:

- czynniki związane z warunkami geologicznymi zalegania pokładów węgla (rodzaj skał, ich przepuszczalność oraz wytrzymałość na ściskanie, nachylenie pokładu, wstrząsy górotworu, temperatura górotworu, miąższość pokładu),
- czynniki związane z parametrami fizykochemicznymi węgla (wytrzymałość na ściskanie, kąt tarcia wewnętrznego i kohezja, zawartość wilgoci, porowatość, gęstość przestrzenna),
- parametry gazowe (ciśnienie złożowe gazu, współczynnik dyfuzji, iloraz metanonośności do pojemności sorpcyjnej tzw. wskaźnik  $Z_m$ ),
- parametry techniczne (naprężenia występujące w górotworze, czynniki techniczne).

Istotne wnioski znajdują się w podsumowaniu analizy parametrów zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi, Autor formułuje trzy grupy omawianych parametrów, pod względem przydatności dla osiągnięcia tezy pracy oraz wskazuje te parametry, które wymagają modelowania numerycznego dla poznania ich wpływu na badane zjawisko. Autor podkreśla znaczenie parametru  $Z_m$ , dla którego wyznaczył trzy przedziały wartości wskaźnika  $Z_m$  pozwalające prognozować stan zagrożenia wystąpienia zjawiska gazogeodynamicznego.

W rozdziale 6 Autor prowadzi rozważania dla oceny stanu zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi w wyrobiskach ścianowych i przygotowawczych. Dla oceny zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi w wyrobiskach ścianowych, Autor wykonał badania w parceli ściany F-3 pokład 406/1 w Ruchu Zofiówka, własną metodą szacowania wartości metanonośności węgla w czole ściany oraz wyznacza wartość pojemności sorpcyjnej węgla. Autor porównuje wartości metanonośności uzyskane podczas drażenia chodników przyścianowych z wartościami metanonośności węgla, wyznaczonymi w czole ściany z otworów badawczych o długości 5m wykonanych w czole ściany. Wykonany eksperyment pomiarowy wykazał, że podczas biegu ściany następuje odgazowanie węgla, szczególnie w bliskim otoczeniu chodników przyścianowych okonturowujących ścianę, a to, jak Autor słusznie zauważa, znacząco obniża poziom zagrożenia nagłym wyrzutem gazów i skał. Natomiast analiza wyników eksperymentu w ścianie F-3, szczególnie w przypadku występowania zaburzeń tektonicznych, sugeruje możliwość pojawienia się intensywnych wpływów metanu do wyrobisk ścianowych. Prowadzone badania uzupełnił wyznaczeniem wskaźnika  $Z_m$ , a analiza jego zmienności w otworach w ścianie potwierdziły wnioski.

W rozdziale 7 Autor, prowadzi badania stanu naprężeń i spękań górotworu wokół drażonych wyrobisk korytarzowych. Są to interesujące badania w warunkach „in situ” z wykorzystaniem kamery introskopowej, badania dostarczają dane o litologii skał i stanu spękań górotworu w otworze na długości 5m. Wykonane badania potwierdziły istnienie spękań górotworu w caliźnie węglowej przodka wyrobiska, co powoduje odgazowanie przodka i ma wpływ na obniżenie poziomu zagrożenia zjawiskami gazogeodynamicznymi. Autor wykonuje modelowanie numeryczne w oparciu o model 3D z wykorzystaniem rzeczywistych danych otoczenia wyrobiska w kopalni Borynia-Zofiówka. W wariantowych symulacjach numerycznych, Autor zmienia dane do obliczeń, przyjmuje trzy rodzaje skał stropowych i spągowych, zmienia miąższość zalegającego pokładu węgla oraz głębokość zalegania i wytrzymałość węgla na ściskanie. Uzyskane wyniki wyznaczają maksymalne wartości zasięgu strefy spękań skał w stropie, w spągu i w ociosach przodka wyrobiska korytarzowego i wnoszą wiele istotnych informacji dla dalszych badań wpływu strefy spękań górotworu w przodku wyrobiska.

W rozdziale 8 Autor przedstawił wyniki interesujących badań z zastosowaniem pakietu oprogramowania statystycznego Statistica, a żmudne i konsekwentne obliczenia, umożliwiły zaproponowanie wzoru obliczenia wartości wskaźnika desorpcji metanu (wzór 26) z uwzględnieniem 9 parametrów, takich jak: miąższość i głębokość zalegania, wytrzymałość węgla na ściskanie, zwięzłość, zawartość części lotnych, postęp drażenia przodka, metanowość wentylacyjna, strefa spękań w przodku chodnika i wskaźnik Zm. Autor bada korelację między zmiennymi, prowadząc złożone obliczenia, stosuje również analizę regresji wielorakiej, a w konsekwencji porównuje wskaźnik desorpcji wyznaczony z danych pomiarowych wykonanych w wyrobisku w stosunku do prognozy wartości wskaźnika desorpcji według wzoru podanego przez Autora. Uzyskane wyniki pozwalają Autorowi na stwierdzenie, że jakość prognozy wskaźnika desorpcji uzyskanej z zastosowaniem modelu regresji wielorakiej jest na akceptowalnym poziomie.

Praca zakończona jest podsumowaniem i wnioskami końcowymi. W części podsumowującej Autor zwraca uwagę na potrzebę kontynuacji badań nad rozwojem rozpoznania i metod prognozowania zjawisk gazogeodynamicznych. W zakresie wykonanych badań, uzyskane wyniki potwierdziły prawdziwość postawionej tezy pracy i realizację postawionych celów.

### **3. Ocenia i uwagi dyskusyjne do rozprawy**

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Mariana Zmarzłego jest pozytywna. Rozprawa doktorska ma charakter eksperymentalny oraz zawiera interesujące i przydatne wyniki badań modelowania stanu naprężeń górotworu oraz złożonej analizy statystycznej. Oba zakresy badań wymagały przeprowadzenia żmudnych pomiarów w wyrobiskach kopalni, jak i pracochłonnych obliczeń numerycznych. Na podstawie analizy tekstu rozprawy uważam, że Autor swobodnie porusza się w tematyce zjawisk gazogeodynamicznych, a w szczególności zagrożeń nagłych wyrzutów gazu i skał. Praca stanowi logiczną całość, ukierunkowaną na udowodnienie postawionej tezy rozprawy. Praca napisana jest starannie i zawiera liczne rysunki i tabele, jednakże zawiera niewiele błędów edytorskich, które nie obniżają jej wartości merytorycznej. W recenzowanej rozprawie mamy wzajemnie uzupełniające się rozdziały, proporcja badań eksperymentalnych do rozważań teoretycznych i analizy dotychczasowej wiedzy jest proporcjonalna do części modelowania numerycznego stanu naprężeń i spękań oraz interpretacji wyników. Rozprawa potwierdza, że Autor posiada umiejętność stawiania celu naukowego i realizacji procesu badawczego, aż do jego rozwiązania. Do oryginalnych i znaczących osiągnięć mgr inż. Mariana Zmarzłego przedstawionych w rozprawie należą:

1. Zestawienie w tabelach i na wykresach, trudno dostępnych danych, uzyskanych z kopalń węgla kamiennego, a odnoszących się do zjawisk gazogeodynamicznych; materiał ten uzupełniają mapy z naniesioną lokalizacją występujących zjawisk gazogeodynamicznych na terenie kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.
2. Sformułowanie i wykazanie praktycznej przydatności dla oceny stanu zagrożenia wyrzutami gazów i skał wskaźnika Zm, będącego ilorazem metanonośności do pojemności sorpcyjnej badanej próbki węgla.

3. Analiza oraz statystyczna obróbka wielu parametrów zmierzonych w wyrobiskach kopalni pozwoliła na opracowanie nowego wskaźnika prognozowania poziomu zagrożenia wyrzutami gazów i skał w drążonych wyrobiskach korytarzowych, opartego o czynniki takie jak: głębokość zalegania pokładu, rodzaj skał otaczających pokład, miąższość pokładu, wytrzymałość na ściskanie węgla, naprężenia występujące w górotworze i współczynnik  $Z_m$ .

Wszystkie wymienione osiągnięcia stanowią o wartości merytorycznej rozprawy, w tym na widoczny aspekt praktyczny. Na podkreślenie zasługuje obszerny i udokumentowany wykaz literatury oraz analiza dorobku światowego w zakresie przedmiotu rozprawy doktorskiej

Reasumując stwierdzam, że forma i zakres pracy są poprawne i dostosowane dla osiągnięcia celu rozprawy. Stwierdzam, że Autor wykazał się dobrą znajomością przedmiotu badań oraz krytycznym podejściem do własnych wyników badań naukowych. Biorąc powyższe uwagi, wyrażam przekonanie, że rozprawa doktorska mgra inż. Mariana Zmarzłego charakteryzuje się poprawną konstrukcją badań, a przyjęte metody badań i interpretacji wyników są właściwe dla tego rodzaju prac. Autor osiągnął cele pracy i udowodnił postawioną tezę oraz wykazał znajomość wiedzy w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Rozprawa doktorska zawiera oryginalne rozwiązania badanego problemu naukowego oraz wnosi nowe elementy poznawcze do aerologii górniczej, zwłaszcza do zagadnienia zwalczania zagrożenia nagłych wyrzutów gazu i skał.

Podczas lektury rozprawy nasuwają się pewne pytania i uwagi o charakterze dyskusyjnym, wymagające ustosunkowanie się do nich Autora. Uwagi te nie obniżają walorów naukowych, warsztatowych czy poznawczych rozprawy doktorskiej.

1. Tytuł pracy sugeruje, że rozważa Pan tylko zagrożenia wyrzutami gazów i skał, jednakże często używa Pan szerszego pojęcia „*zjawiska gazogeodynamiczne*”, czy podane Przez Pana dwa nowe wskaźniki oceny mogą być również przydatne do sygnalizacji wzrostu zagrożenia tąpnięciem lub wstrząsem górotworu połączonym z wypływem metanu?
2. Rozdział 5 zatytułował Pan *Dyskrecjonalne parametry*....., proszę o rozwinięcie znaczenia tego słowa w odniesieniu do omawianej tematyki?
3. W rozdziale 5.5 napisał Pan „*Spośród normatywnych parametrów, w mojej ocenie z dalszych analiz należy wykluczyć wychód zwiercin, który sugeruje Pan powiązać z zagrożeniem tąpnięciami*” – dlaczego?
4. Jest Pan uznanym w środowisku górniczym praktykiem, a do tego z doświadczeniem wynikających z pracy naukowej, czy po realizacji badań w rozprawie doktorskiej, widzi Pan jakie działania podjąć, aby w codziennej pracy górników, wreszcie zostały wdrożone przydatne, a zwłaszcza praktyczne, wyniki prac badań naukowych?
5. Zaniepokoił mnie następujący zapis na stronie 137 „Otrzymane wyniki obliczeń numerycznych na modelach wskazują, że zasięg spękań górotworu wokół chodnika charakteryzuje się dużą zmiennością, co może mieć wpływ na stan zagrożenia

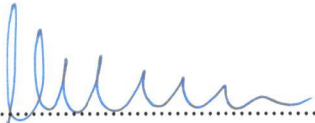
wyrzutami gazów i skał podczas drążenia wyrobisk korytarzowych”, czy sens tego zapisu nie powinien być bezwarunkowy?

## 6. Wniosek końcowy

Na podstawie analizy merytorycznej i formalnej rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Mariana Zmarzłego pt. „*Wieloparametryczna ocena zagrożenia wyrzutami gazów i skał w drążonych wyrobiskach korytarzowych w pokładach węgla kamiennego południowo-zachodniej części niecki górnośląskiej*” uważam, że stanowi oryginalną pracę mieszczącą się w dyscyplinie naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka i odpowiada warunkom określonym w odpowiedniej Ustawie, ponieważ:

- zawiera zwarty opis metodyki badawczej wyznaczenia wielokryterialnego wskaźnika prognozowania poziomu zagrożenia wyrzutami gazów i skał w drążonych wyrobiskach korytarzowych i interpretacji wyników oraz dyskusji uzyskanych rezultatów;
- powyższe stanowi o oryginalnym rozwiązaniu problemu naukowego, jakim jest opracowanie nowych propozycji prognozowania zagrożenia nagłym wyrzutem gazu i skał;
- wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka w zakresie górnictwa podziemnego i zwalczania zagrożeń gazogeodynamicznych;
- wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i organizacji skomplikowanych badań.

Recenzowana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z wymaganiami ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki w związku z art.179 ust. 2 ustawy z dnia 2018 roku. W związku z tym stawiam wniosek o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.

  
.....  
Prof. dr hab. inż. Waclaw Dziurzyński