

Katowice, 10 grudnia 2023 r.

Dr hab. Piotr Kwapuliński

## RECENZJA

Rozprawy doktorskiej **mgr inż. Dariusza Lubryki**

pt. **„Metoda doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnich podziemnych kopalń rudy miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM”**

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Macieja Madziarza prof. Uczelni.

Recenzję wykonano na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Pana dr. hab. inż. Roberta Króla Prof. Uczelni.

### Informacja wstępna

Technologie podziemnej eksploatacji złóż stanowią wyzwanie ze względu na występujące zagrożenia związane z pracami w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnich. Jednak postęp technologiczny zmienia przemysł wydobywczy, a jedną ze znaczących innowacji, które rewolucjonizują górnictwo głębokie, jest wdrożenie zaawansowanych technik kotwienia skał dostosowanych do zróżnicowanych warunków geologiczno-górnich. Kotwienie ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa i stabilności górotworu w kopalniach podziemnych. Właściwy dobór obudowy kotwowej pozwala na prowadzenie prac w sposób bezpieczny i efektywny. Ważne są też ekonomiczne aspekty procesu kotwienia wpływające na koszty produkcji. Niestety, trudno przewidzieć teoretycznie współpracę różnych typów kotwi z górotworem w konkretnych warunkach geologiczno-górnich. **Jedynym sposobem na rzetelne rozwiązanie problemu jest przeprowadzenie wielu eksperymentów w warunkach dołowych.**

Mając na względzie powyższe, recenzowana rozprawa doktorska dotycząca *Metod doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnich podziemnych kopalń rudy miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM* wpisuje się w najnowsze trendy badawcze w tej dziedzinie i należy uznać wybór tej tematyki badawczej za trafny i bardzo uzasadniony.

#### Ocena merytoryczna i metodologiczna rozprawy

Istotą recenzowanej rozprawy było opracowanie *Metod doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnich podziemnych kopalń rudy miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM*.

W pierwszej części rozprawy autor dokonał przeglądu literaturowego, aby przeanalizować informacje o aktualnym stanie wiedzy i techniki w dziedzinie stosowania obudowy kotwowej w górnictwie polskim i światowym. Zaprezentował też przegląd metod badań i monitorowania obudowy kotwowej. Należy nadmienić, że przeglądu literatury dokonano bardzo starannie, odpowiednio do tematyki dysertacji (216 prac cytowanych w części literaturowej).

W oparciu o przegląd literatury oraz własne doświadczenia zawodowe (doktorat o charakterze wdrożeniowym) autor przedstawił cel pracy (rozdział 5.1) oraz sformułował tezy pracy przedstawione w rozdziale 5.2.

Do badań dołowych wybrano stanowiska badawcze charakteryzujące się odmiennymi właściwościami stropowymi (geomechanicznymi). Dokonano wyboru kotew o zamocowaniu mechanicznym do badań współpracy z różnymi rodzajami górotworu. Opisano procedury zabudowy kotew i użytą aparaturę oraz sposób pobierania rdzeni skalnych do badań wytrzymałościowych. Przeprowadzono badania wytrzymałościowe rdzeni skalnych. Przedstawiono charakterystyki poszczególnych stanowisk badawczych z uwzględnieniem budowy geologicznej i parametrów wytrzymałościowych oraz sposobu eksploatacji. Metodyka badań dołowych została omówiona wystarczająco. Ciekawym elementem badań laboratoryjnych współpracy kotew z górotworem jest zastosowanie rdzeni górotworu pobranych z dołowych poligonów badawczych.

Taka metodyka pozwala na lepsze porównanie badań dołowych i laboratoryjnych. Wstępnie przeprowadzono badania wytrzymałościowe kotwi: wytrzymałość połączenia gwintowego, wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość na ścinanie oraz wytrzymałość na zginanie. Badania nośności obudowy kotwowej przeprowadzono w warunkach dołowych trzykrotnie: bezpośrednio po zabudowaniu, po roku od zabudowy oraz po dwu latach od zabudowy. Badania laboratoryjne przeprowadzono dwukrotnie dodatkowo badając przemieszczenie głowicy (z wyjątkiem kotwy oznaczonej F). W pracy przedstawiono i omówiono bardzo obszerny materiał z eksperymentów dołowych prowadzonych w warunkach ruchu kopalni co stanowi ogromny wkład w zrozumienie mechanizmów współpracy obudowy kotwowej z górotworem. W przeprowadzonej analizie metodą elementów skończonych autor wykazał się **bardzo dobrą** znajomością metod modelowania i przeprowadził modelowanie dla układu kotwa-górotwór wykorzystując nieliniowy model sprężysto-plastyczny z zaimplementowaniem eksperymentalnych danych odnośnie materiałów (górotworu i kotwy).

Analiza uzyskanych wyników pozwoliła na ocenę prawidłowości współpracy poszczególnych rodzajów kotew z różnymi rodzajami górotworu. Na podstawie analizy uzyskanych wyników Autor przedstawił **Metodę doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnictwowych podziemnych kopalń rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM** (strona 316) w formie dodatkowych zapisów do „Wytycznych doboru, wykonania i kontroli obudowy wyrobisk w zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A.” z 2017 roku.

Należy stwierdzić, że wszystkie powyższe badania i interpretacja wyników zostały przeprowadzono na wysokim poziomie naukowym.

**Podsumowując, należy stwierdzić, że zarówno od strony merytorycznej jak i metodologicznej praca została zaplanowana i zrealizowana prawidłowo. Zastosowane techniki i metody badawcze pozwoliły na realizację założonych celów oraz udowodnienie postawionych tez.**

## Ocena strony edytorskiej

Przedstawiona rozprawa posiada układ klasyczny, zawiera trzynaści rozdziałów i podrozdziałów zaczynając od wstępu, omówienia aktualnego stanu wiedzy, celów pracy oraz tezy, metod badawczych, wyników i ich dyskusji oraz wniosków. W dalszej części zamieszczono bibliografię liczącą 243 pozycje. Cała praca liczy 334 stron i jest bardzo obszerną pracą doktorską (wyjątkowo duża objętość pracy spowodowana jest ilością materiałów eksperymentalnych których prezentację może dałoby się skompresować).

Ogólnie, praca napisana jest w przystępny sposób z dobrze zaplanowanym układem rozdziałów, co ułatwia jej czytanie. Występuje niewielka ilość błędów edytorskich (np. strona 9 niepotrzebny odstęp w zdaniu). Zamieszczone w pracy rysunki, są w większości czytelne. Trochę brak streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spisu oznaczeń stosowanych w pracy. Podsumowując, można stwierdzić, że praca w sensie edytorskim, została wykonana prawidłowo.

## Pytania i uwagi

1. Ze względu na wdrożeniowy charakter pracy czy autor spodziewa się wymiernych efektów dla firmy, czy są już jakieś efekty prowadzonych badań?
2. Kotwy laboratoryjnie były badane dwukrotnie, po jakim czasie od umieszczenia w rdzeniu badawczym?
3. Na stronie 125 w 2 badaniu został zerwany gwint dla 70 kN, w następnej kolumnie są dane dla trzeciego pomiaru, jak go przeprowadzono?
4. Węzłów w elemencie parabolicznym jest ogólnie dziesięć (strona 256 zapewne błąd edytorski).
5. W jakim celu przeprowadzono analizę liniową za pomocą MES skoro zrobiono także opis za pomocą modelu nieliniowego?

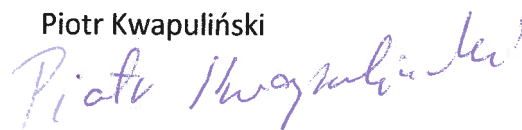
Należy stwierdzić, że powyższe uwagi nie mają wpływu na wysoce pozytywną ocenę całości rozprawy.

## Wniosek Końcowy

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa została wykonana i napisana na bardzo dobrym poziomie naukowym. Stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Autor wykazała, że posiada szeroką wiedzę teoretyczną i praktyczną w zakresie obudowy kotwowej zaplanował i przeprowadził bardzo obszerne badania, których wyniki zinterpretował i opisał poprawnie, wyciągając logiczne wnioski, czym dowiódł, że potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pana mgr inż. Dariusza Lubryki „**Metoda doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnictwa podziemnych kopalń rudy miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM**” stwierdzam, że spełnia ona wymagania formalne stawiane rozprawom doktorskim zawarte w stosownej ustawie oraz wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Ponadto, biorąc pod uwagę jej wysoki poziom naukowy, wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o jej wyróżnienie.

Piotr Kwapuliński





Katowice, 10 grudnia 2023 r.

Dr hab. Piotr Kwapuliński

## RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Dariusza Lubryki

pt. „**Metoda doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnich podziemnych kopalń rudy miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM**”

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Macieja Madziarza prof. Uczelni.

Recenzję wykonano na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Pana dr. hab. inż. Roberta Króla Prof. Uczelni.

### Informacja wstępna

Technologie podziemnej eksploatacji złóż stanowią wyzwanie ze względu na występujące zagrożenia związane z pracami w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnich. Jednak postęp technologiczny zmienia przemysł wydobywczy, a jedną ze znaczących innowacji, które rewolucjonizują górnictwo głębokie, jest wdrożenie zaawansowanych technik kotwienia skał dostosowanych do zróżnicowanych warunków geologiczno-górnich. Kotwienie ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa i stabilności górotworu w kopalniach podziemnych. Właściwy dobór obudowy kotwowej pozwala na prowadzenie prac w sposób bezpieczny i efektywny. Ważne są też ekonomiczne aspekty procesu kotwienia wpływające na koszty produkcji. Niestety, trudno przewidzieć teoretycznie współpracę różnych typów kotwi z górotworem w konkretnych warunkach geologiczno-górnich. **Jedynym sposobem na rzetelne rozwiązanie problemu jest przeprowadzenie wielu eksperymentów w warunkach dołowych.**

Mając na względzie powyższe, recenzowana rozprawa doktorska dotycząca *Metod doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnich podziemnych kopalń rudy miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM* wpisuje się w najnowsze trendy badawcze w tej dziedzinie i należy uznać wybór tej tematyki badawczej za trafny i bardzo uzasadniony.

#### Ocena merytoryczna i metodologiczna rozprawy

Istotą recenzowanej rozprawy było opracowanie *Metod doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnich podziemnych kopalń rudy miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM*.

W pierwszej części rozprawy autor dokonał przeglądu literaturowego, aby przeanalizować informacje o aktualnym stanie wiedzy i techniki w dziedzinie stosowania obudowy kotwowej w górnictwie polskim i światowym. Zaprezentował też przegląd metod badań i monitorowania obudowy kotwowej. Należy nadmienić, że przeglądu literatury dokonano bardzo starannie, odpowiednio do tematyki dysertacji (216 prac cytowanych w części literaturowej).

W oparciu o przegląd literatury oraz własne doświadczenia zawodowe (doktorat o charakterze wdrożeniowym) autor przedstawił cel pracy (rozdział 5.1) oraz sformułował tezy pracy przedstawione w rozdziale 5.2.

Do badań dołowych wybrano stanowiska badawcze charakteryzujące się odmiennymi właściwościami stropowymi (geomechanicznymi). Dokonano wyboru kotew o zamocowaniu mechanicznym do badań współpracy z różnymi rodzajami górotworu. Opisano procedury zabudowy kotew i użytą aparaturę oraz sposób pobierania rdzeni skalnych do badań wytrzymałościowych. Przeprowadzono badania wytrzymałościowe rdzeni skalnych. Przedstawiono charakterystyki poszczególnych stanowisk badawczych z uwzględnieniem budowy geologicznej i parametrów wytrzymałościowych oraz sposobu eksploatacji. Metodyka badań dołowych została omówiona wystarczająco. Ciekawym elementem badań laboratoryjnych współpracy kotew z górotworem jest zastosowanie rdzeni górotworu pobranych z dołowych poligonów badawczych.



Taka metodyka pozwala na lepsze porównanie badań dołowych i laboratoryjnych. Wstępnie przeprowadzono badania wytrzymałościowe kotwi: wytrzymałość połączenia gwintowego, wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość na ścinanie oraz wytrzymałość na zginanie. Badania nośności obudowy kotwowej przeprowadzono w warunkach dołowych trzykrotnie: bezpośrednio po zabudowaniu, po roku od zabudowy oraz po dwu latach od zabudowy. Badania laboratoryjne przeprowadzono dwukrotnie dodatkowo badając przemieszczenie głowicy (z wyjątkiem kotwy oznaczonej F). W pracy przedstawiono i omówiono bardzo obszerny materiał z eksperymentów dołowych prowadzonych w warunkach ruchu kopalni co stanowi ogromny wkład w zrozumienie mechanizmów współpracy obudowy kotwowej z górotworem. W przeprowadzonej analizie metodą elementów skończonych autor wykazał się **bardzo dobrą** znajomością metod modelowania i przeprowadził modelowanie dla układu kotwa-górotwór wykorzystując nieliniowy model sprężysto-plastyczny z zaimplementowaniem eksperymentalnych danych odnośnie materiałów (górotworu i kotwy).

Analiza uzyskanych wyników pozwoliła na ocenę prawidłowości współpracy poszczególnych rodzajów kotew z różnymi rodzajami górotworu. Na podstawie analizy uzyskanych wyników Autor przedstawił **Metodę doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnictwowych podziemnych kopalń rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM** (strona 316) w formie dodatkowych zapisów do „Wytycznych doboru, wykonania i kontroli obudowy wyrobisk w zakładach górniczych KGHM Polska Miedź S.A.” z 2017 roku.

Należy stwierdzić, że wszystkie powyższe badania i interpretacja wyników zostały przeprowadzono na wysokim poziomie naukowym.

**Podsumowując, należy stwierdzić, że zarówno od strony merytorycznej jak i metodologicznej praca została zaplanowana i zrealizowana prawidłowo. Zastosowane techniki i metody badawcze pozwoliły na realizację założonych celów oraz udowodnienie postawionych tez.**

## Ocena strony edytorskiej

Przedstawiona rozprawa posiada układ klasyczny, zawiera trzynaści rozdziałów i podrozdziałów zaczynając od wstępu, omówienia aktualnego stanu wiedzy, celów pracy oraz tezy, metod badawczych, wyników i ich dyskusji oraz wniosków. W dalszej części zamieszczono bibliografię liczącą 243 pozycje. Cała praca liczy 334 stron i jest bardzo obszerną pracą doktorską (wyjątkowo duża objętość pracy spowodowana jest ilością materiałów eksperymentalnych których prezentację może dałoby się skompresować).

Ogólnie, praca napisana jest w przystępny sposób z dobrze zaplanowanym układem rozdziałów, co ułatwia jej czytanie. Występuje niewielka ilość błędów edytorskich (np. strona 9 niepotrzebny odstęp w zdaniu). Zamieszczone w pracy rysunki, są w większości czytelne. Trochę brak streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spisu oznaczeń stosowanych w pracy. Podsumowując, można stwierdzić, że praca w sensie edytorskim, została wykonana prawidłowo.

## Pytania i uwagi

1. Ze względu na wdrożeniowy charakter pracy czy autor spodziewa się wymiernych efektów dla firmy, czy są już jakieś efekty prowadzonych badań?
2. Kotwy laboratoryjnie były badane dwukrotnie, po jakim czasie od umieszczenia w rdzeniu badawczym?
3. Na stronie 125 w 2 badaniu został zerwany gwint dla 70 kN, w następnej kolumnie są dane dla trzeciego pomiaru, jak go przeprowadzono?
4. Węzłów w elemencie parabolicznym jest ogólnie dziesięć (strona 256 zapewne błąd edytorski).
5. W jakim celu przeprowadzono analizę liniową za pomocą MES skoro zrobiono także opis za pomocą modelu nieliniowego?

Należy stwierdzić, że powyższe uwagi nie mają wpływu na wysoce pozytywną ocenę całości rozprawy.

## Wniosek Końcowy

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa została wykonana i napisana na bardzo dobrym poziomie naukowym. Stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Autor wykazała, że posiada szeroką wiedzę teoretyczną i praktyczną w zakresie obudowy kotwowej zaplanował i przeprowadził bardzo obszerne badania, których wyniki zinterpretował i opisał poprawnie, wyciągając logiczne wnioski, czym dowiódł, że potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pana mgr inż. Dariusza Lubryki „**Metoda doboru typu i konstrukcji kotew dla zróżnicowanych warunków geologiczno-górnictwa podziemnych kopalń rudy miedzi KGHM Polska Miedź S.A. na obszarze LGOM**” stwierdzam, że spełnia ona wymagania formalne stawiane rozprawom doktorskim zawarte w stosownej ustawie oraz wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Ponadto, biorąc pod uwagę jej wysoki poziom naukowy, wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o jej wyróżnienie.

Piotr Kwapuliński

