

Prof. dr hab. inż. Waldemar Korzeniowski

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, 27.04.2023r.

RECENZJA DOROBKU NAUKOWEGO

Dr. inż. Piotra Mertuszki

w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego

Recenzja wykonana jest na prośbę dr hab. Bartosza Zajączkowskiego prof. uczelni, Zastępcy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej: Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Wrocławskiej, z dnia 24.03.2023r., wynikającą z Uchwały nr 595/28/RDND08/2021-2024 tejsze Rady z dnia 15 marca 2023r.

1. Sylwetka Habilitanta

*Dr inż. Piotr Mertuszka jest absolwentem Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, który ukończył w 2008r. uzyskując dyplom mgr inż. w specjalności *podziemna i odkrywkowa eksploatacja złóż*, przedstawiając pracę magisterską dotyczącą oceny systemu eksploatacji w kopalni rud miedzi. W 2009r. podjął pracę zawodową w KGHM Cuprum sp. z o.o. Centrum Badawczo – Rozwojowe we Wrocławiu na stanowisku specjalisty inżynieryjno-technicznego, a następnie w wyniku kolejnych awansów, w 2017r. został zatrudniony na stanowisku adiunkta, pełniąc jednocześnie (do chwili obecnej) funkcję kierownika Zakładu Mechaniki Górnotworu. W 2016r. na Politechnice Wrocławskiej i swoim macierzystym Wydziale, pod kierunkiem prof. Witolda Pytla, obronił rozprawę doktorską w dyscyplinie *górnictwo i geologia inżynierska* na temat: „*Optymalizacja strzelań przodków dla uzyskania efektu wzmocnienia fali sprężystej*”.*

Jego działalność naukowa i zawodowa znajduje odzwierciedlenie w bardzo wielu różnorodnych formach aktywności, w zakresie merytorycznym związanym przede wszystkim z technologiami pozyskiwania surowców mineralnych, zwłaszcza opartymi na technice strzałowej i materiałach wybuchowych. Eksperymentalne badania naukowe realizował w warunkach laboratoryjnych i *in situ* w różnych kopalniach, z wykorzystaniem metod analitycznych oraz modelowania numerycznego. Wyniki swoich dociekań opublikował w kraju

i za granicą, w czasopiśmie naukowych i resortowych, w polskich i zagranicznych materiałach konferencyjnych, gdzie w większości przypadków wygłaszał referaty. Aktywnie uczestniczył w przygotowaniach i realizacjach międzynarodowych projektów badawczych finansowanych z funduszy europejskich i krajowych. Wykorzystując swoje doświadczenia naukowe był promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim. Ponadto od kilku lat jest rzeczoznawcą Wyższego Urzędu Górniczego, stowarzyszeń, komitetów naukowych, resortowych lub wydawniczych.

Pomimo, że jego podstawowe obowiązki zawodowe nie są związane z działalnością dydaktyczną, to wielokrotnie z własnej inicjatywy angażował się również w tym zakresie. Prowadził wykłady na uczelni (w tym w języku angielskim), szkolenia, był promotorem prac dyplomowych na Politechnice Wrocławskiej, opiekował się studentami odbywającymi praktyki technologiczne w KGHM.

2. Ocena osiągnięcia naukowego według ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art. 219 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r.

2.1. Cykl publikacji

Jako podstawę osiągnięcia naukowego Habilitant przedstawia **cykl 9** wieloautorskich, powiązanych tematycznie publikacji z lat 2017-2022 (**8** w języku angielskim posiadających **IF** i **1** po polsku), spośród których w **7** przypadkach Habilitant jest pierwszym autorem. Cykl zatytułowany jest: „**Bezpieczne i efektywne wydobycie złoża techniką strzałową w komorowo-filarowym systemie eksploatacji**”.

Naukometryczne, sumaryczne parametry publikacji wynoszą odpowiednio:

Punktacja wg. (MNiSW) MEiN:

- **2·140pkt+3·70pkt+40pkt+2·25pkt+7pkt = 587pkt.**
- Sumaryczny **IF:** **13,624**
- **Indeks Hirscha:** **7**

Wyniki badań wskazanego cyklu opublikowane są w następujących polskich i zagranicznych czasopiśmie naukowych, znajdujących się na liście MEiN:

1. *Archives of Mining Sciences*. PAN, (**1 artykuł**)
2. *Central European Journal of Energetic Materials*. Łukasiewicz Research Network – Institute of Industrial Organic Chemistry, Poland, (**3 artykuły**)
3. *Energies*. MDPI, (**1 artykuł**)
4. *Journal of Energetic Materials*. Taylor and Francis, (**1 artykuł**)
5. *Materials*. MDPI, (**1 artykuł**)
6. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*. Wiley-VCH GmbH, Weinheim, (**1 artykuł**)
7. *Przegląd Górniczy*. SiTG, (**1 artykuł**)

2.2. Znaczenie realizowanej tematyki naukowo-badawczej

Zakres badań naukowych Habilitanta przedstawiony do recenzji koncentruje się wokół technologii pozyskiwania surowców mineralnych, opartej na wykorzystaniu energii materiału wybuchowego, zwłaszcza w odniesieniu do kopalń eksploatujących minerały rud miedzi i innych bardzo ważnych, w tym deficytowych pierwiastków chemicznych takich jak między innymi: srebro, złoto, ren, selen.

O ile znaczenia przymiotu *bezpieczeństwo*, zawartego w tytule osiągnięcia naukowego i odnoszących się do wskazanej technologii, z oczywistych względów nie trzeba specjalnie uzasadniać, to warto podkreślić nieustanną konieczność umożliwiania jeszcze bardziej *efektywnego* dostępu do różnych, niezbędnych surowców naturalnych występujących w litosferze.

Miedź należy niewątpliwie do grupy najważniejszych, ponadczasowych metali wykorzystywanych od tysięcy lat p.n.e. i wciąż znajdujących zastosowanie zarówno w tradycyjnych, jak i najnowocześniejszych współczesnych i przyszłościowych technologiach. Stale rosnące zapotrzebowanie na ten metal (również i wiele innych metali) wiąże się z koniecznością odkrywania i wykorzystywania nowych złóż rud zalegających głębiej i zawierających coraz mniejsze, niekiedy wręcz śladowe ilości, interesującego nas składnika użytecznego, a to już wymaga stosowania wyrafinowanych, efektywnych technik i technologii. Współczesne technologie w tym zakresie na całym świecie opierają się przede wszystkim na wykorzystywaniu energii materiału wybuchowego do urabiania ośrodka skalnego. Potrzebne ilości MW w poszczególnych kopalniach są bardzo zróżnicowane i uzależnione między innymi od warunków naturalnych, wielkości kopalń i wydobycia, stosowanej specyficznej technologii i wielu innych czynników. Przy rocznym zużyciu MW w warunkach polskich kopalń rud miedzi sięgającym około 20 tys. Mg i konieczności ładowania i inicjowania około 20 tys. otworów strzałowych dziennie, problem jego racjonalnego wykorzystania ma fundamentalne znaczenie zarówno z ekonomicznego punktu widzenia jak i bezpieczeństwa pracy.

Biorąc pod uwagę kierunki i zakres tematyki naukowo-badawczej Habilitanta z całą pewnością stwierdzam, że jest to działanie bardzo cenne i wręcz niezbędne do zapewnienia dostępu do surowców stanowiących podstawę rozwoju cywilizacyjnego społeczeństw, zarówno w ujęciu krajowym jak i globalnym.

2.3. Ocena publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

Oceniany cykl artykułów dotyczy badań eksperymentalnych poszczególnych właściwości materiałów wybuchowych emulsyjnych determinujących skuteczność stosowanej metryki strzelniczej w kopalni podziemnej, z uwzględnieniem bezpieczeństwa ich stosowania. Można wyróżnić dwa wyraźne nurty poszukiwań. W publikacjach [A1] ÷ [A7] analizowane są przede wszystkim zależności pomiędzy wybranymi właściwościami fizyko-chemicznymi samego materiału wybuchowego emulsyjnego luzem, mające wpływ na uzyskaną z nich pracę efektywną, i krytycznymi parametrami metryki strzałowej stosowanej w komorowo-filarowym systemie eksploatacji złoża rud miedzi w warunkach LGOM.

Dwa pozostałe artykuły, to jest pozycje: [A8] i [A9], wpisują się w drugi nurt charakteryzujący dociekania naukowe i stanowiący w pewnym sensie efektywne podsumowanie dotychczasowych badań i poszukiwań. Wykorzystując pozyskaną wiedzę i doświadczenia Habilitant proponuje modyfikację właściwości dotychczas stosowanego materiału wybuchowego emulsyjnego luzem oraz przeprowadza eksperymenty umożliwiające zweryfikowanie i potwierdzenie w praktyce ruchowej swoich dokonań.

Poniżej przedstawiono najistotniejsze zagadnienia i wyniki badań omówione w kolejnych artykułach naukowych:

1. Wpływ czasu, w którym MW znajduje się w wyrobiskach podziemnych (i/lub w otworach strzałowych) na zmianę jego gęstości i prędkości detonacji.

Artykuł: [A1]: Mertuszka P., Fuławka K., Pytlik M., Wincenciak J., Wawryszewicz A.: *The Influence of Time on the Density and Detonation Velocity of Bulk Emulsion Explosives – a Case Study from Polish Copper Mines*. Cent. Eur. J. Energ. Mater. 2019, 16(2): 245-258; DOI: 10.22211/cejem/109839; [70 pkt.]

Dzięki przeprowadzonym eksperymentom została zdobyta dodatkowa wiedza umożliwiająca określenie rzeczywistej prędkości detonacji materiału wybuchowego stosowanego w warunkach kopalni podziemnej rud miedzi. Specyfika tych warunków, wpływająca istotnie na ostateczny efekt wykonanej pracy wskutek reakcji wybuchowej, wynika przede wszystkim z faktu, iż ostateczny skład MW powstaje podczas umieszczania go (ładowania) w miejscu docelowym, to jest w otworach strzałowych, za pomocą urządzeń mieszalniczo – załadowniczych (UMZ). Uwzględnienie czynnika czasu wynika z konieczności wykonania kilku operacji technologicznych poprzedzających efektywny wybuch i urabianie ośrodka skalnego (mieszanie, ładowanie, uzbrojenie i inicjacja wybuchu). Czas każdej z wymienionych operacji uzależniony jest od pozostałych i wpływa na rezultat, według oryginalnych zależności podanych w artykule, uwzględniających dodatkowo parametry urządzeń UMZ zmienność ich wydajności, (prędkości obrotowej pompy) i różnorodność konstrukcji, wpływających ostatecznie na gęstość i prędkość detonacji MW.

2. Zależność ilości substancji uczulającej od gęstości MW

Artykuł [A2]: Kramarczyk B., Mertuszka P.: *Study of the Influence of Sensitizer Content on the Density of a Bulk Emulsion Explosive Used in Underground Operations*. Cent. Eur. J. Energ. Mater. 2021, 18(4): 429-447; DOI 10.22211/cejem/144498. [70pkt.]

Celowość i potrzeba przedstawionych badań wynika przede wszystkim z tego, że materiał wybuchowy emulsyjny jest materiałem wielofazowym. Na etapie procesu przygotowania składu materiału wybuchowego następuje proces uczulania matrycy MW polegający na wprowadzaniu fazy gazowej. W artykule zbadano i określono przyczyny powodujące zmiany gęstości materiału wybuchowego w zależności od ilości wprowadzonego uczulacza. Na podstawie wstępnych eksperymentów przeprowadzonych w kopalni, polegających na pobraniu próbek MW i zbadaniu ich gęstości wykazano istotną zmienność tego parametru w granicach plus minus

kilkunastu procent. Dla wyeliminowania wpływu niedoskonałego sposobu mieszania składników i wypełniania otworów strzałowych ładunkiem MW za pomocą różnych urządzeń stosowanych w standardowej technologii „ruchowej” przeprowadzono badania laboratoryjne, które eliminując ten czynnik, pozwoliły wykazać zależność zmiany gęstości MW w funkcji ilości wprowadzonego uczulacza.

3. Określenie wpływu średnicy ładunku MW na prędkość detonacji.

Artykuł [A3]: Mertuszka P., Cenian B., Kramarczyk B., Pytel W.: *Influence of Explosive Charge Diameter on the Detonation Velocity Based on Emulinit 7L and 8L Bulk Emulsion Explosives*. Cent. Eur. J. Energ. Mater. 2018, 15(2): 351-363; DOI: 10.22211/cejem/78090. [25pkt.]

W technologiach górniczych opartych na wykorzystaniu energii materiału wybuchowego stosuje się oczywiście różne rodzaje MW, zarówno pod względem składu chemicznego jak i postaci fizycznej (w opakowaniu lub luzem), co wynika z konkretnych oczekiwań użytkowników i ograniczeń naturalnych ośrodka skalnego. Z punktu widzenia możliwości uzyskania zadowalającej efektywności urabiania ważne jest właściwe rozmieszczenie ładunków w górotworze, w tym ich parametry geometryczne, zwłaszcza średnice (i wynikające z tego średnice otworów strzałowych) mających wpływ na uzyskaną prędkość detonacji. W tym zakresie Habilitant przeprowadził badania dwóch rodzajów Emulinitu stosowanego standardowo w kopalni podziemnej, gdzie zlokalizowane było stanowisko badawcze. Mierząc uzyskiwane prędkości detonacji dla trzech różnych średnic, dla każdego typu MW określił rzeczywistą zależność prędkości detonacji od średnicy ładunku.

4. Określenie zależności średnicy otworu strzałowego na prędkość detonacji.

Artykuł [A4]: Mertuszka P., Szumny M., Fuławka K., Maślej J., Saiang D.: *The Effect of the Blasthole Diameter on The Detonation Velocity of Bulk Emulsion Explosive in the Conditions of Selected Mining Panel of the Rudna Mine*. Arch. Min. Sci. 64 (2019), 4, 725-737; DOI 10.24425/ams.2019.131062. [40pkt.]

Wychodząc z założenia, że normowe zasady określania prędkości detonacji materiału wybuchowego nie uwzględniają zróżnicowania warunków lokalnych wynikających z geomechanicznej jakości górotworu, oczekiwanych wielkości zabioru i wielu innych parametrów technologicznych, w artykule przedstawiono wyniki badań i określono zależności uzyskiwanej prędkości detonacji materiału wybuchowego emulsyjnego ładowanego luzem do otworów strzałowych o zróżnicowanych średnicach, wykonanych w warunkach podziemnej kopalni rud miedzi. Na podstawie serii eksperymentalnych metryk strzałowych wykonano pomiary prędkości detonacji i podano odpowiednie zależności dla sześciu średnic otworów w zakresie od 38 do 76 mm, wskazując na wielkość optymalnej średnicy, która aktualnie wykorzystywana jest w ZG Rudna i wynosi 51mm. Ponadto, niezależnie od określenia realnych prędkości detonacji, dla wybranych otworów strzałowych załadowanych na zróżnicowanych długościach, określono skład ziarnowy urobku uzyskanego po odpaleniu przodka.

5. *Problem sposobu pobudzenia MW i uzyskanej prędkości jego detonacji.*

Artykuł [A5]: Mertuszka P., Fuławka K., Cenian B., Kramarczyk B.: *Wpływ sposobu pobudzenia materiału wybuchowego emulsyjnego luzem na prędkość detonacji na przykładzie Emulinitu SL. Przegląd Górniczy, 2017, nr 3, s. 8-16. [7pkt.]*

Dla osiągnięcia optymalnego efektu działania każdego materiału wybuchowego niezbędne jest współdziałanie wielu, bardzo zróżnicowanych czynników, zapewniających prawidłowy przebieg reakcji chemicznej, prędkość detonacji, jak również jakości i wielkości uzyskanego zabioru, rozdrobnienia i innych efektów zależnych od technologii. Mając na uwadze szczególnie rolę prędkości detonacji MW, która ma bezpośredni wpływ na stopień wykorzystanej energii wybuchu w praktyce, przeprowadzono badania zarówno prędkości detonacji sześciu różnych środków inicjujących, jak i określono przebiegi i wartości prędkość detonacji materiału wybuchowego. Wykazano, że rodzaj stosowanych pobudzaczy ma szczególne znaczenie w przypadku stosowania materiałów emulsyjnych luzem, zapewniając większą energię początkową wybuchu, co wpływa pozytywnie na ostateczny efekt urabiania. Stwierdzono, że sposób inicjacji nie wpływa istotnie na osiągniętą prędkość detonacji MW.

6. *Określenie zależności upływu czasu na możliwość detonacji MW.*

Artykuł [A6]: Mertuszka P., Kramarczyk B.: *The Impact of Time on the Detonation Capacity of Bulk Emulsion Explosives based on Emulinit 8L. Propellants, Explosives, Pyrotechnics, vol. 43 (8), 2018, s. 799-9804, <https://doi.org/10.1002/prep.201800062>. [25 pkt.]*

Masowe ilości materiałów wybuchowych stosowane w kopalniach podziemnych, zwłaszcza w dużych kopalniach, wymagają skomplikowanej logistyki w zakresie organizacji górniczego procesu technologicznego. Ze względu na zwykle stosunkowo duży obszar objęty techniką strzałową oraz rozproszenie działań z tym związanych, krytycznym elementem może być dopuszczalny czas zdolności MW do wybuchu, który według producentów nie powinien przekraczać 48godz. od załadowania go do otworu strzałowego. W tym kontekście Habilitant realizuje badania w celu określenia granicznej wartości okresu przydatności i zdolności materiału wybuchowego emulsyjnego umieszczanego za pomocą urządzenia mieszająco-załadowczego w konkretnych warunkach geologiczno-górniczych. Na podstawie systematycznie przeprowadzonych badań prędkości detonacji po upływie kolejnych interwałów czasu, od pół godziny aż do 6. miesięcy, wykazano, że podany przez producentów graniczny okres zdolności wybuchowych np. Emulinitu 8L znacznie przekracza wskazaną wartość i sięga, co najmniej sześciu miesięcy, przy jednoczesnym obniżeniu prędkości detonacji.

7. *Wpływ temperatury otoczenia i MW na prędkość detonacji.*

Artykuł [A7]: Mertuszka P., Fuławka K., Pytlik M. Szastok M., (2020): *The influence of temperature on the detonation velocity of selected emulsion explosives. Journal of Energetic Materials, 38:3, 336-347, DOI: 10.1080/07370652.2019.1702739, [70pkt.]*

W kopalniach LGOM temperatura pierwotna górotworu sięgająca ponad 60 °C stwarza dodatkowe problemy związane ze stosowaniem materiałów wybuchowych. W załączonej pracy zbadano ten aspekt badając materiał emulsyjny luzem oraz pakowany (φ32mm i φ40mm). Wybrane próbki ogrzewano w zakresie temperatur: 45 °C, 55 °C i 65 °C, a następnie badano zmienność prędkości detonacji. Wykazano, że z upływem czasu prędkości maleją, przy czym większy spadek prędkości obserwuje się przy wyższych temperaturach próbek. Stwierdzono, że w warunkach wyższej temperatury należy skrócić czas od załadunku otworu do odpalenia przodka ograniczając transfer ciepła z górotworu do ładunku MW. Ponadto zaobserwowano, że w przypadku materiałów pakowanych występują dodatkowe trudności związane z umieszczaniem ich w otworach strzałowych z uwagi na odkształcenia opakowań i ładunków wskutek wyższej temperatury niż w dotychczasowych warunkach i ulegają one zniszczeniu podczas ładowania.

Publikacje [A8] i [A9] wskazują sposób i potwierdzoną eksperymentalnie w warunkach *in situ* możliwość wykorzystania określonych zależności w technice strzałowej dla poprawy jej skuteczności.

8. Koncepcja nowego uczulacza dla ładunków MW poprawiającego parametry energetyczne MW.

Artykuł [A8]: Kramarczyk, B.; Pytlik, M.; Mertuszka, P.; Jaszcz, K.; Jarosz, T. *Novel Sensitizing Agent Formulation for Bulk Emulsion Explosives with Improved Energetic Parameters*. Materials 2022, 15, 900. <https://doi.org/10.3390/ma15030900>, [140 pkt.]

Wykazane w poprzednich publikacjach zależności pomiędzy poszczególnymi cechami MW i elementami metryki strzałowej, w połączeniu ze zmiennymi właściwościami górotworu, jak również systemami eksploatacji, stanowiły wskazówkę do podjęcia próby odpowiedniego zmodyfikowania termodynamicznych właściwości ładunków MW. Istotą opisanych eksperymentalnych badań laboratoryjnych są zagadnienia zwiększenie wydajności efektywnego urabiania (poprawę parametrów detonacji), przy zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa pracy, poprzez umożliwienie lepszej kontroli procesu uczulania i jego ustabilizowania. Ponadto, w rezultacie przeprowadzonych badań wykazano możliwość obniżenia kosztów robót strzałowych poprzez poprawę wydajności energetycznej urabiania, zastępując dotychczas stosowany, teoretycznie słabszy MW - Emulinitem 8L, zmodyfikowanym BK 1.

9. Weryfikacja i badania ulepszonego MW w warunkach ruchowych kopalni podziemnej.

Artykuł [A9]: Mertuszka P., Kramarczyk, B.; Pytlik, M.; Szumny, M.; Jaszcz, K.; Jarosz, T. *Implementation and Verification of Effectiveness of Bulk Emulsion Explosive with Improved Energetic Parameters in an Underground Mine Environment*. Energies 2022, 15, 6424. <https://doi.org/10.3390/en15176424>, [140 pkt.]

Materiał wybuchowy, zmodyfikowany według zaproponowanej i przebadanej formuły, opisany szczegółowo w publikacji [A8], został zastosowany w eksperymentach w warunkach kopalni podziemnej, w komorowo-filarowym systemie eksploatacji z ugięciem stropu i upodatnianiem filarów, stosowanym powszechnie w KGHM. Ładunki MW przygotowano i załadowano w przodkach wyrobisk komorowych za pomocą standardowych urządzeń mieszająco-ładujących, w otworach o średnicach 48mm i długościach 3m, w ilości 41 otworów w każdym przodku. W celu porównania efektów działania dotychczas stosowanego materiału wybuchowego emulsyjnego E8L z nowym, zmodyfikowanym według opracowanej formuły BK-2, dla każdego z nich przeprowadzono serie badań podstawowych parametrów wybuchu, określanych również poprzednio w warunkach laboratoryjnych. W warunkach in situ mierzono: prędkość detonacji w otworze, zmianę gęstości MW w czasie, wrażliwość na tarcie i wstrząs oraz kruszność. Ponadto w każdym przypadku, za pomocą metody analizy obrazu określono skład granulometryczny otrzymanego urobku.

Analizując wyniki badań laboratoryjnych i in situ wykazano pewne istotne różnice wynikające przede wszystkim z trudności przygotowania odpowiedniej gęstości MW, odpowiadającej warunkom laboratoryjnym, za pomocą stosowanego w obecnej technologii eksploatacji urządzenia mechanicznego, wskazując na konieczność dalszych prac w tym zakresie. Do najważniejszych zalet zmodyfikowanego według nowej formuły MW zaliczono zwiększoną szybkość przygotowania BK-2 i stabilność właściwości, co ma szczególne znaczenie przy grupowym strzelaniu przodków stosowanym w kopalniach KGHM.

2.3.1. Istota szczególnego wkładu Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej IŚGiE

Zakres zrealizowanych badań opisany w załączonych publikacjach jest oryginalny, interesujący i wartościowy oraz świadczy o kompleksowym podejściu Autora do próby optymalizacji techniki strzałowej stanowiącej podstawowy sposób urabiania złóż rud miedzi systemem komorowo filarowym w kopalniach LGOM. Skupiając się na zagadnieniach efektywności i bezpieczeństwa stosowania materiałów wybuchowych, Autor w sposób logiczny i systematyczny zbadał oraz przeanalizował najważniejsze czynniki wpływające na stopień wykorzystania energii wybuchu MW. Skutecznie zajął się: fizyko-chemicznymi właściwościami MW, ich zmianami z upływem czasu, modyfikacją składu chemicznego, technologią przygotowania i ładowania materiałów w otworach strzałowych, zróżnicowanymi sposobami inicjacji ładunków oraz parametrami metryki strzałowej stosowanej dla konkretnego systemu eksploatacji.

Na podkreślenie zasługuje wyraźnie zdefiniowany udział Habilitanta w przedstawionym osiągnięciu naukowym (potwierdzony oświadczeniami współautorów), świadczący o jego pełnym zaangażowaniu w poszczególnych publikacjach zbiorowych, w zasadzie na każdym etapie ich powstawania: od sformułowania problemu, poprzez eksperymenty, analizy i opracowania końcowe, aż do prac edytorsko korektorskich. Zapewne, z tego powodu wyniki zrealizowanych badań przedstawione na większości, stosunkowo licznych krajowych i międzynarodowych konferencji, były prezentowane właśnie przez *dr Piotra Mertuszkę*, co

niewątpliwie świadczy o tym, że jest on docenianym autorytetem w środowisku zajmującym się problematyką zastosowań materiałów wybuchowych dla celów gospodarczych.

Wyrażam nadzieję, że dalszy rozwój zainteresowań i kariery naukowej dr Piotra Mertuszki skłoni go do powiązania i dopełnienia dotychczasowej wiedzy z techniki strzelniczej o warunki geomechaniczne, w których przeprowadza się badania MW. Z innych dokonań Habilitanta wynika, że problemy geomechaniki nie są mu obce. Jest to o tyle istotne, że sumaryczna powierzchnia obszarów górniczych kopalń rud miedzi LGOM jest bardzo duża i właściwości górotworu w różnych ZG, jak również w ramach tej samej kopalni, są bardzo zróżnicowane geomechanicznie (wytrzymałość skał, nieciągłości górotworu, odkształcenia, naprężenia, itp.), co niewątpliwie ma wpływ na elementy techniki strzałowej umożliwiającej efektywne i bezpieczne wydobywanie kopaliny.

Ważną wartością, podsumowującą i potwierdzającą istotny wkład i wagę dorobku naukowego Habilitanta, jest opracowanie przez niego kilkunastopunktowej listy zasad bezpiecznego i efektywnego stosowania materiałów wybuchowych do urabiania złóż rud miedzi, która obecnie wykorzystywana jest w praktyce ruchowej przez inżynierów w kopalniach LGOM.

Do najważniejszych i znaczących osiągnięć merytorycznych Habilitanta zaliczam:

- Wykazanie możliwości bardziej racjonalnego wykorzystania energii MW w procesie projektowania metryki strzałowej do urabiania złoża.
- Wyznaczenie granicznego okresu, w którym MW znajdujący w warunkach podziemnych zachowuje zdolność do eksplozji.
- Określenie wpływu temperatury otoczenia na efektywność działania ładunków materiału wybuchowego.
- Opracowanie i zweryfikowanie w praktyce górniczej koncepcji modyfikacji dotychczas stosowanego materiału wybuchowego emulsyjnego luzem zapewniającej zwiększony sposób kontroli przebiegu reakcji i większą jej stabilność.
- Kompleksowe podejście do zakresu badań umożliwiające wyodrębnienie i oceny wpływu zarówno samego materiału wybuchowego jak i technologii jego zastosowania na końcowy efekt wykonanej pracy.
- Umiejętne powiązanie efektów badań laboratoryjnych, zwłaszcza zagadnień chemicznych i termodynamicznych dotyczących materiałów wybuchowych, z technologią wykonywania robót strzałowych w warunkach podziemnych kopalń złóż rud.

2.4. Całokształt dorobku publikacyjnego

W ramach swojej działalności naukowej Habilitant opublikował łącznie **94** prace, w tym **29** prac przed uzyskaniem stopnia doktora oraz **65** po jego uzyskaniu.

Jest współautorem **4 monografii** przed doktoratem oraz **2** po uzyskaniu stopnia doktora, w tym **1 jednoautorskiej monografii**, która wprawdzie formalnie nie wchodzi w skład

wskazanego osiągnięcia naukowego, ale stanowi niewątpliwie interesującą pozycję, będąc zarówno rekapitulacją najważniejszych wyników badań naukowych Habilitanta, mając jednocześnie cechy praktycznego poradnika dla inżynierów zajmujących się techniką strzałową w kopalniach rud metali i nie tylko.

Artykuły opublikowane w czasopismach naukowych i materiałach konferencyjnych

Przed doktoratem Habilitant opublikował **11** artykułów naukowych, a po doktoracie **40** pozycji (w tym **9** przedstawionych jako osiągnięcie naukowe w procedurze habilitacyjnej), łącznie **51** artykułów w czasopismach krajowych i zagranicznych, w tym **16** z grupy JCR.

Aktywność na konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych udokumentowana jest **23** opublikowanymi referatami przed uzyskaniem stopnia doktora oraz **45** po jego uzyskaniu. Pośród łącznej liczby **68** referatów, w 42 przypadkach dr Mertuszka był osobą prezentującą wyniki badań, w tym w **11** przypadkach wygłaszał wykłady na zaproszenie.

Na konferencjach międzynarodowych w latach 2013÷2019 wielokrotnie był nagradzany (dwukrotnie kryształowe statuetki w Bułgarii za najlepsze prezentacje, I i III miejsce w Szt. Petersburgu, honorowe wyróżnienie Słowackiego Stowarzyszenia Robót Strzałowych i Wiertniczych).

3. Ocena istotnej aktywności naukowej z uwzględnieniem prac niewchodzących w skład wskazanego osiągnięcia naukowego

Oprócz szerzej omówionych zagadnień przedstawionych w cyklu publikacji Habilitant realizował i opublikował wyniki innych, ważnych zagadnień badawczych dotyczących:

- Wpływu technologii eksploatacji na obciążenia dynamiczne i stopień zagrożenia tąpnięciami w kopalni,
- Problematyki stateczności wyrobisk z wykorzystaniem modelowania numerycznego, badań in situ i monitorowania obciążenia obudowy,
- Wariantowych analiz skuteczności obudowy wyrobisk i wypełniania pustek poeksploatacyjnych za pomocą podsadzki zestalanej,
- Efektów grupowego odpalania przodków eksploatacyjnych oraz strzelania odprężającego do redukcji zagrożenia sejsmicznego.

4. Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego, współpracy międzynarodowej i działalność organizacyjna

Działalność dydaktyczna

Dr inż. Piotr Mertuszka przez sześć lat prowadził wykłady w języku angielskim dla studentów polskich i obcokrajowców w ramach programu *Socrates-Erasmus* realizowanego na Politechnice Wrocławskiej, zarówno w ramach przedmiotów technologicznych jak i mechaniki

skął oraz geomechaniki. Był promotorem 4 prac dyplomowych magisterskich i 2 inżynierskich oraz opiekunem studentów odbywających praktyki w KGHM Cuprum. Realizował zajęcia terenowe dla studentów polskich o zagranicznych w kopalniach.

Ten rodzaj działalności uważam za wartościowy, zwłaszcza w przypadku kształcenia inżynierów górników, dla których podejście empiryczne i bezpośrednie powiązanie osiągnięć naukowych z elementami technologii ma wyjątkowe znaczenie.

Ponadto, w ramach podnoszenia świadomości dzieci w zakresie roli i znaczenia surowców oraz górnictwa, czynnie udzielał się spotykając się z dziećmi w przedszkolach i szkołach podstawowych.

Współpraca międzynarodowa

Bogata aktywność Habilitanta w zakresie współpracy międzynarodowej widoczna jest przede wszystkim w zakresie:

- Uczestnictwa w pozyskiwaniu i realizacji międzynarodowych **7 projektów badawczych EU** (2-PR7, 4-Horyzont 2020, 1-Interreg Baltic Sea).
- Uczestnictwa w **konferencjach** naukowych, spośród których większość stanowią konferencje zagraniczne, (*vide*: rozdział 1.4).
- Wykonanie **37** recenzji w **18** czasopismach krajowych i międzynarodowych, w **tym 8 z listy JCR**.
- Organizacji **programów i pobytów** specjalistów i naukowców z różnych krajów wizytujących ośrodki naukowe i przemysłowe.

Projekty i wynikające z tego 12 publikacji (poza cyklem) realizowane były przy współpracy z uczelniami i/lub instytutami badawczymi z: Austrii, Belgii, Francji, Niemiec, Szwecji, USA, Włoch.

Działalność organizacyjna Kandydata realizowana jest w ramach członkostwa w następujących gremiach:

- Rada Naukowa KGHM Cuprum (kadencja 2022÷2026)
- Komitet Górnictwa PAN - Sekcja Górnictwa Podziemnego Rud Miedzi (2020÷2023)
- Trzy komitety naukowe i/lub redakcyjne, (*Cuprum; Central European Journal of Energetic Materials; Materiały Wysokoenergetyczne - High Energy Materials*)
- SPIS (Stowarzyszenia Polscy Inżynierów Strzałowych) (od 2021r.)
- SITG (Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa - wiceprezes koła zakładowego) (od 2012r.)
- Komisja Opiniująca wnioski o finansowanie badań naukowych w ramach środków MNiSW oraz KHGM Cuprum
- Rzecznik WUG (Wyższego Urzędu Górniczego) (od 2017r.)

5. Ocena końcowa

Po dogłębnym przestudiowaniu osiągnięć omówionych we wskazanym cyklu publikacji, jak również innej aktywności naukowo-badawczej, dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego oraz współpracy naukowej na forum krajowym i międzynarodowym **pozytywnie oceniam** dorobek naukowy Kandydata.

Osiągnięcie Habilitanta dotyczy ważnego zagadnienia związanego z fundamentalną technologią pozyskiwania surowców naturalnych, zwłaszcza metalicznych, i **stanowi znaczący wkład** w rozwój dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* w zakresie techniki strzałowej. Przedstawione wyniki badań umożliwiają bardziej efektywne wykorzystanie zasobów Ziemi z zachowaniem wyższych standardów bezpieczeństwa.

Działalność naukowa Kandydata, znacznie zintensyfikowana po uzyskaniu stopnia doktora. znajduje wyraźne potwierdzenie w Jego publikacjach, wystąpieniach na różnych forach naukowych i zawodowych w Polsce i za granicą, co w sprawia, że jest On głęboko zaangażowanym, docenianym i uznanym specjalistą w środowisku.

Uwzględniając przedstawione powyżej uwagi, na podstawie *ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2022r. poz. 574 z późn. zmianami), art. 219 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. stwierdzam, że dr inż. Piotr Mertuszka* spełnia wymagania ustawowe i wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej IŚGiE Politechniki Wrocławskiej o nadanie mu stopnia naukowego **doktora habilitowanego** w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka*.

