

dr hab. inż. Artur Krawczyk, prof. AGH
Faculty of Geo-Data Science, Geodesy, and Environmental Engineering
AGH University of Krakow
al. A. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Krakow, 28 May 2024

**Review of the doctoral thesis
by Paweł Trybała, M.Sc:
„3D Surveying of Mining Environments using Simultaneous Localization and Mapping”**

Dissertation Review Formal Aspects

Formalną podstawą sporządzenia recenzji pracy doktorskiej było zawiadomienie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka nr RDND08/85/2024.r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka dr hab. inż. Roberta Króla, w sprawie powołania mojej osoby na Recenzenta w przewodzie doktorskim Pana mgr inż. Pawła Trybały. Na tej podstawie dokonałem recenzji jego dysertacji.

Zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (to jest Dz. U. z 2022 r. poz. 574) - rozprawę doktorską może stanowić zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska została przygotowana w formie autoreferatu i załączonego cyklu publikacji autorstwa lub współautorstwa pana mgr inż. Pawła Trybały. Dostarczona praca doktorska liczy łącznie 198 stron formatu A4, podzielonych na dwie zasadnicze części autoreferat i 6 załączonych i wydrukowanych publikacji. Całość pracy została przygotowana w języku angielskim.

The formal basis for the examination of the doctoral thesis was the notification of the Council of the Scientific Discipline of Environmental Engineering, Mining and Power Engineering No. RDND08/85/2024r. of the Chairman of the Council of the Scientific Discipline of Environmental Engineering, Mining and Power Engineering, Dr Robert Król, concerning the appointment of my person as an examiner of the doctoral thesis of Paweł Trybała, M.Sc.

In accordance with the Act of 20 July 2018 on Higher Education and Science (i.e. Journal of Laws of 2022, item 574) - a doctoral thesis may be a collection of published and thematically related scientific articles. The doctoral thesis submitted for evaluation was prepared in the form of an autoreference and an attached series of publications, authored or co-authored by Paweł Trybała, M.Sc. The submitted thesis consists of a total of 198 pages of A4 format, divided into two main parts of an autoreference and 6 attached and printed publications. The whole thesis is written in English.

Doctoral thesis structure

Pierwszym elementem oceny pracy jest ocena jej układu treści, rozumianego jako ocena struktury całej dysertacji. Doktorant przygotował autoreferat, w którym opisał osiągnięte wyniki badań z odniesieniem do załączonego cyklu jego publikacji.

Praca rozpoczyna się stroną tytułową, następnie zawiera dwustronicowe streszczenie w języku angielskim a na następnej karcie pracy zostało umieszczone również dwustronicowe streszczenie w języku polskim. Następnie jedną stronę zajęły podziękowania a kolejną stroną cytaty. Następnie dwie strony zajęły rozwinięcia skrótowców użytych w pracy, które nie wiadomo, dlaczego zostały nazwane „nomenklaturą”, która zajmuje się ustalaniem zasad lub reguł nazewniczych dla danej dziedziny. Początkową część pracy kończy spis treści. Dalsza część autoreferatu została podzielona na dwie zasadnicze części.

Część pierwsza została zatytułowana SCIENTIFIC CONTEXT AND CONTRIBUTIONS i składa się z 4 rozdziałów bez bibliografii jej objętość wynosi 57 stron, a dołączając 14 stron bibliografii posiada łącznie 71 stron. Bibliografia autoreferatu pracy doktorskiej zawiera aż 220 pozycji literaturowych. Co potwierdza zaangażowanie doktoranta w dokonanie przeglądu aktualnego stanu wiedzy w dziedzinie przedmiotu badań. W tej części praca zawiera 4 rozdziały, dość szczegółowo charakteryzujące przeprowadzone badania naukowe doktoranta, ułożone prawie jak w układzie klasycznego artykułu naukowego. Rozdział pierwszy to „Wprowadzenie”, rozdział drugi to „Zastosowania mobilnego mapowania w górnictwie”, a najobszerniejszy jest rozdział 3, który jest zatytułowany „Główny wkład”. Czwartym ostatnim rozdziałem jest rozdział „Uwagi zamykające”.

W rozdziale 3 doktorant szczegółowo omówił każdą publikację składającą się na oceniany cykl. Każda publikacja jest powiązana z jednym z trzech szczegółowych celów realizowanego doktoratu. Jest to bardzo dobre rozwiązanie zastosowane w strukturze pracy umożliwiające czytelnikowi na powiązanie tych publikacji w jeden stosunkowo spójny cykl prac naukowych.

Część druga doktoratu została zatytułowana PUBLICATIONS P1–P6 i zawiera wydruk 6 artykułów wchodzących w skład cyklu wydawniczego. Trzy publikacje zostały wydane w materiałach konferencyjnych jedna w wydawnictwie IOP a dwie po konferencyjne w wydawnictwie Copernicus Publications. Pozostałe trzy artykuły zostały wydane w dobrze punktowanych wydawnictwach naukowych. Dwa z nich w wydawnictwie MDPI (140 pkt. i 100 pkt. MNiSW) i jedna publikacja w wydawnictwie Springer (20 pkt. MNiSW). Punktacja tych artykułów powinna znaleźć się w treści pracy, niestety nie została dołączona przez autora pracy i punkty podane w niniejszej recenzji mają wartości przybliżone. Ilość i jakość tych publikacji świadczy o dużej dojrzałości doktoranta w zakresie prowadzenia badań i przygotowywania wyników analiz do publikacji. Należy podkreślić, że te 6 publikacji zostało wdane w ciągu 3 ostatnich lat. To pokazuje intensywność wykonywania badań oraz pracowitość w zakresie ich opracowania i przygotowania do publikacji. W treści pracy brakuje również deklaracji procentowego udziału autora w przygotowaniu określonej publikacji.

Chciałbym podkreślić, że przygotowany przez doktoranta autoreferat został bardzo starannie przygotowany, napisany został poprawnym, komunikatywnym językiem technicznym. Wszystkie odsyłacze literaturowe zostały wykorzystane w treści autoreferatu. W pracy zarówno tabele jak i ryciny zostały prawidłowo zamieszczone i zostały prawidłowo sformatowane. W strukturze autoreferatu występują elementy charakterystyczne dla eksperymentalnych prac naukowych, a zatem spełnia ona wymagania formalne.

The first element in the assessment of the dissertation is the evaluation of its content layout, understood as an evaluation of the structure of the entire dissertation. The doctoral candidate has prepared an autoreference in which he/she describes the results of his/her research with reference to the list of his/her publications.

The dissertation begins with a title page, followed by a two-page abstract in English, and the next page of the dissertation also contained a two-page abstract in Polish. This was followed by one page of acknowledgements and another page of citations. This was followed by two pages of an explanation of the acronyms used in the thesis, which it is not clear why they were called 'nomenclature', which deals with the establishment of rules or naming principles for a particular field. The first part of the thesis ends with a table of contents. The remainder of the self-reference is divided into two main parts.

The first part is entitled SCIENTIFIC CONTEXT AND CONTRIBUTIONS and consists of 4 chapters without bibliography, its volume is 57 pages, and including 14 pages of bibliography it has a total of 71 pages. The bibliography of the thesis contains up to 220 references. This confirms the doctoral student's commitment to reviewing the current state of knowledge in the field of the research topic. This part of the thesis consists of four chapters, which describe in some detail the research carried out by the doctoral student, and which are structured almost like a classical scientific article. The first chapter is "Introduction", the second chapter is "Applications of Mobile Mapping in Mining", and the most extensive is Chapter 3, entitled "Main Contribution". The fourth and final chapter is 'Concluding remarks'.

In Chapter 3, the doctoral student discusses in detail each publication that makes up the evaluated series. Each publication is linked to one of the three specific aims of the thesis. This is a very good solution, applied to the structure of the thesis, which allows the reader to link these publications into a relatively coherent series of scholarly works.

The second part of the thesis is entitled PUBLICATIONS P1-P6 and contains the printed version of the six articles that make up the publication cycle. Three of the publications were published in conference proceedings, one in IOP and two post-conferences in Copernicus Publications. The remaining three articles were published in well-researched scientific publications. Two of them were published by MDPI (140 pts. and 100 pts. MNiSW) and one by Springer (20 pts. MNiSW). The scoring of these articles should be included in the body of the paper, but unfortunately this was not done by the author of the paper, and the scores given in this review are approximate. The quantity and quality of these publications demonstrate the great maturity of the PhD student in conducting research and preparing analytical results for publication. It should be noted that these 6 publications were published within the last 3 years. This shows the intensity with which the research was carried out and the care with which it was compiled and prepared for publication. The content of the thesis also lacks a declaration of the percentage of the author's contribution to the preparation of a specific publication.

I would like to emphasise that the autoreference prepared by the doctoral student was very carefully prepared and written in correct, communicative technical language. All references were used in the content of the autoreference. Tables and figures have been correctly included and formatted. The structure of the self-reference contains elements that are characteristic of experimental scientific papers and therefore meets the formal requirements.

Evaluation of the research question

Problematyka badawcza dotyczy dziedziny badań związanych z zastosowaniem nowoczesnych technik pomiarowych SLAM w wyrobiskach górniczych podziemnych i odkrywkowych zakładów górniczych. W górnictwie implementacja nowych technik pomiarowych nie postępuje tak szybko jak w innych sektorach gospodarki. Spowodowane jest to między innymi występowaniem szeregu niekorzystnych czynników w

wyrobiskach górniczych takich jak wilgotność, przewietrzanie, zapylenie, obecność atmosfery kopalnianej w wyrobisku (obecność gazów metan, tlenek węgla i innych) napływających z wnętrza górotworu. Co istotnie wpływa na obniżenie możliwości wykonywania pomiarów teledetekcyjnych.

Dlatego uważam, że podjęta tematyka badawcza przez Doktoranta jest **w pełni aktualna** oraz wpisuje się dziedzinę badań teledetekcji do jej zastosowań w przemyśle górniczym. Dokonany przez Doktoranta wybór problemu badawczego ma również duży **potencjał gospodarczy** wynikający z wykorzystania teledetekcyjnych technik pomiarów wyrobisk podziemnych 3D, które dostarczają danych 3D a nie 2,5 D jakie pozyskiwane są na bazie tradycyjnych pomiarów geodezyjnych. Wiedza o kubaturze wyrobisk może być wykorzystana przez pracowników działów geologicznych, wentylacji a nawet projektowania eksploatacji górniczej i stanowi duży potencjał do budowy cyfrowych bliźniaków wybranych wyrobisk górniczych.

The research problem is related to the application of modern SLAM measurement techniques in underground and open-cast mines. The implementation of new measurement techniques in mining is not as fast as in other sectors of the economy. This is due, among other things, to the presence of several unfavourable factors in mine workings, such as humidity, ventilation, dust, the presence of the mine atmosphere in the workings (presence of methane, carbon monoxide and other gases) flowing from the interior of the rock mass. This significantly reduces the possibility of making remote sensing measurements.

Therefore, I believe that the PhD student's research topic is fully up-to-date and fits into the field of remote sensing research for its application in the mining industry. The PhD student's choice of research problem also has great economic potential, resulting from the use of 3D remote sensing techniques to measure underground workings, which provide 3D data rather than the 2.5D data obtained from traditional geodetic measurements. The knowledge of the cubic volume of the mine workings can be used by geological, ventilation and even mine design engineers and has great potential for the construction of digital twins of selected mining excavations.

Doctoral thesis evaluation

Tezą badawczą pracy jest założenie, że algorytmy SLAM mogą służyć do przetwarzania danych pomiarowych 3D w celu wykonywania wysokiej jakości rekonstrukcji 3D środowisk wyrobisk górniczych. Głównym celem badań doktoranta było opracowanie i wyczerpujące przetestowanie technologii mobilnego skanowania MMS zdolnego do działania w niekorzystnych warunkach podziemnych, który będzie w stanie zapewnić metryczne dane w postaci chmury punktów 3D, które osiągną jakość zbliżoną do danych geodezyjnych.

W celu potwierdzenia tezy doktorant zaplanował serię 3 prac badawczych, które miały rozwiązać kolejno następujące zagadnienia. Pierwsze zagadnienie badawcze polegało na wykorzystaniu ugruntowanych metod geodezyjnych w celu uzyskania danych referencyjnych umożliwiających przeprowadzenie dogłębnej analizy oceny jakości danych SLAM. Drugie zagadnienie badawcze dotyczyło utworzenie otwartego, referencyjnego i zinterpretowanego zbioru danych o wyrobiskach górniczych w celu ułatwienia dalszego rozwoju metod mobilnego mapowania dla zastosowań związanych z górnictwem przez społeczność naukową. Natomiast trzecim najtrudniejszym zadaniem było przebudowanie

istniejących algorytmów SLAM tak aby je dostosować do warunków kopalnianych w celu podniesienia ich jakości i dokładności.

Drugie zadanie zostało zrealizowane w ramach publikacji nr P5, gdzie opublikowano metodykę utworzenia referencyjnego zasobu otwartych danych przestrzennych z wyrobisk górniczych kompleksu RISE w Walimiu z okresu 2 wojny światowej oraz drugi zestaw danych został zgromadzony z korytarzy budynków kampusu Politechniki Wrocławskiej. Dane tego typu są niezbędne w celu rozwijania i testowania własnych wersji algorytmów kalibracji położenia przestrzennego punktów pomierzonych metodą SLAM. Zgromadzenie i udostępnienie tego typu danych uważam za istotne osiągnięcie.

W samodzielnie opracowanym i opublikowanym artykule P1 autor potwierdza swoje umiejętności badawcze, opanowanie warsztatu nowej techniki pomiarowej oraz koncertuje się na obiekcie badawczym który zdefiniowany został główny cel doktoratu, czyli badaniu możliwości wykonywania pomiarów podziemnych wyrobisk górniczych za pomocą systemu UGV z Velodyne VLP-16 LiDAR. Otrzymane wyniki pomiaru nie są zadowalające, ponieważ są wyraźnie gorsze od danych referencyjnych. Autor prawidłowo identyfikuje problem badawczy, który podejmuje się rozwiązać w ramach kolejnych badań dokumentowanych kolejnymi już współautorskimi publikacjami.

W publikacji P2. Autor kontynuował eksperymenty z pomiarami MMS w górnictwie skalnym w kopalni odkrywkowej granitu Mikoszków. Otrzymane wyniki pomiarów w tego typu zakładzie górniczym okazały się wystarczające w stosunku do potrzeb zakładu górniczego. Należy nadmienić jednak, że wymagania w stosunku do dokładności i typu pomiarów w podziemnych zakładach górniczych są istotnie wyższe.

W publikacji P3 autor powrócił do badań, które można nazwać laboratoryjnymi, w których obiektem badań były korytarze kampusu uczelni. Przedmiotem badań były trzy popularne rozwiązania sprzętowe wykorzystujące skaner lidarowy 3D dla w technologii SLAM. Wyniki badań pozwoliły na określenie zalet i wad poszczególnych rozwiązań sprzętowych w warunkach zamkniętych przestrzeni korytarzy z powodzeniem symulujących wyrobiska górnicze. Opublikowane wyniki tego eksperymentu pozwoliły przejść do kolejnej fazy badań już w wyrobiskach górniczych kompleksu REISE z 2 wojny światowej. Wyniki tych badań opublikowano w artykule oznaczonym symbolem P4, w którym autorzy zaproponowali udoskonalenie algorytmu wyrównania ICP (Iterative Closest Point).

Ostatecznym zakończeniem cyklu jest artykuł P6 w którym autor doprowadza swoje wysiłki do opracowania uniwersalnego systemu mapowania ręcznego zdolnego do generowania wysokiej jakości rekonstrukcji 3D wyrobiska górniczego. Wydajność systemu została pozytywnie zweryfikowana w tunelach podziemnych, gdzie dorównała wynikom uzyskiwanym innymi metodami.

Podsumowując pięć artykułów dotyczyło weryfikacji różnego typu kombinacji metod pomiarowych w relacji do środowiska pomiarowego oraz uzyskiwanych dokładności pomiarów. Testowano zarówno sprzęt pomiarowy jak i oprogramowanie. Wyniki badań pozwoliły zweryfikować dostępne technologie pomiarowe i przyporządkować je do poszczególnych zadań. Efektem tych prac jest rysunek 4.1 z autoreferatu, który podsumowuje wyniki prac w relacji do zadań pomiarowych w górnictwie. Doktorant przyporządkował poszczególne rozwiązania technologii pomiarowych do 3 kategorii: pomiary w odkrywkach, pomiary w wyrobiskach podziemnych o niższej dokładności oraz pomiary w wyrobiskach o dużej dokładności. Ostatecznie najlepszym systemem pozyskiwania danych okazał się system PoLiMap.

W podsumowaniu merytorycznej oceny pracy uważam, że praca została wykonana poprawnie, osiągnęła założone cele oraz teza została udowodniona. Natomiast cel pracy nie został formalnie potwierdzony w pracy. Brakuje bowiem odniesienia wyników pomiarów do regulacji prawnych znajdujących się w rozporządzeniu MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 28 października 2015 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej i stosownych załącznikach. Brakuje również próby przygotowania kartograficznego odwzorowania ociosów na typowej mapie wyrobisk górniczych pochodzących z pomiarów PoLiMap. Wyrobiska górnicze zostały raczej potraktowane jako obiekty doświadczalne o określonej innej charakterystyce środowiska pomiarowego a nie jako obiekty wymagające okresowych prac geodezyjnych. Wydaje mi się też, że technologia pomiarowa nie jest gotowa do użycia w warunkach rzeczywistej pracy kopalń węgla kamiennego. Zanim zostałyby tam użyta musiałaby być zapewne ponownie przetestowana.

The thesis of the research is that SLAM algorithms can be used to process 3D survey data to produce high quality 3D reconstructions of mine workings. The main objective of the PhD student's research was to develop and extensively test a mobile MMS scanning technology capable of operating in adverse underground conditions and capable of providing metric 3D point cloud data of similar quality to survey data.

To validate the thesis, the PhD student planned a series of three research papers to address the following issues in turn. The first research task was to use well-established geodetic methods to obtain reference data that would allow in-depth analysis of the SLAM data quality assessment. The second research task was to create an open, reference and interpreted dataset of mine workings to facilitate further development of mobile mapping methods for mining-related applications by the scientific community. Meanwhile, the third most challenging task was to rebuild existing SLAM algorithms to adapt them to mining conditions.

The second task was carried out within the framework of the P5 publication, which published a methodology for creating a reference resource of open spatial data from the mine workings of the World War II RISE complex in Walim, and a second set of data was collected from the building corridors of the Wrocław University of Technology campus. This type of data is necessary to develop and test our own versions of algorithms for calibrating the spatial position of points measured using the SLAM method. I consider the collection and sharing of this type of data to be a significant achievement.

In the P1 article, written and published by the author himself, he confirms his research skills, his mastery of the new measurement technique and focuses on the research object that defined the main objective of his doctoral thesis, i.e. to investigate the feasibility of measuring underground mine workings using the UGV system with Velodyne VLP-16 LiDAR. The measurement results obtained are not satisfactory as they are clearly inferior to the reference data. The author correctly identifies the research problem, which he undertakes to solve in the framework of subsequent research, documented by subsequent publications already co-authored.

In publication P2. The author continued to experiment with MMS measurements in the Mikoszków granite open-cast mine. The results obtained in this type of mine proved to be sufficient for the needs of the mine. However, it should be noted that the requirements for the accuracy and type of measurements in underground mines are much higher.

In publication P3, the author returned to a study that could be called a laboratory study, in which the study object was the corridors of a university campus. Three popular hardware solutions using a 3D

Lidar scanner for in SLAM technology were investigated. The results of the research made it possible to determine the advantages and disadvantages of the different hardware solutions under the conditions of closed corridor spaces that successfully simulate mine workings. The published results of this experiment allowed us to move on to the next phase of research, already in the mine workings of the World War II REISE complex. The results of this research were published in an article entitled P4, in which the authors proposed improvements to the Iterative Closest Point (ICP) alignment algorithm.

The series concludes with article P6, in which the author describes his efforts to develop a universal hand-mapping system capable of producing high-quality 3D reconstructions of a mine workings. The performance of the system has been positively verified in underground tunnels, where it has matched the results obtained by other methods.

In summary, five papers have dealt with the verification of different combinations of measurement methods in relation to the measurement environment and the measurement accuracies obtained. Both measurement hardware and software were tested. The results made it possible to verify the available measurement technologies and assign them to individual sets. The result of this work is Figure 4.1 from the self-reference, which summarises the results of the work in relation to measurement tasks in mining. The PhD student assigned the individual measurement technology solutions to 3 categories: open pit measurements, lower accuracy underground pit measurements and high accuracy pit measurements. In the end, the PoLiMap system proved to be the best data acquisition system.

To summarise the substantive assessment of the thesis, I believe that the thesis has been carried out correctly, the objectives have been achieved and the thesis has been proven. However, the objective of the thesis is not formally confirmed in the work. This is because there is a lack of reference of the measurement results to the legal regulations found in the Regulation of the Minister of the Environment of 28 October 2015 on Surveying and Geological Documentation and relevant annexes. There is also no attempt to prepare a cartographic representation of the stubs on a typical map of the mine workings derived from the PoLiMap measurements. The mine workings were treated as experimental objects with certain other characteristics of the surveying environment, rather than as objects requiring periodic surveying work. It also seems to me that the surveying technology is not yet ready for use under the conditions of actual coal mine operations. It would probably have to be tested again before it could be used there.

Final conclusions

Po przeanalizowaniu bardzo bogatej dysertacji stwierdzam, że wkład doktoranta oraz zakres zrealizowanych przez niego analiz w zakresie nauk związanych z górnictwem, a w szczególności pomiarem i analizą danych przestrzennych w górnictwie - **jest znaczący.**

Doktorant wykazał się samodzielnością prowadzenia badań naukowych z zakresu pozyskiwania, przetwarzania danych przestrzennych pozyskiwanych z wyrobisk górniczych, które mieszczą się w zakresie dyscypliny **Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.**

Przedstawiona rozprawa doktorska Pana mgr inż. Pawła Trybały **jest jej oryginalnym i własnym rozwiązaniem problemu badań naukowych** w dziedzinie geomatyki górniczej.

Tym samym stwierdzam, iż recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska Pana mgr inż. Pawła Trybały, przygotowana pod opieką promotorów, Pana dr hab. inż. Jana Blachowskiego, prof. uczelni oraz Pana profesora Fabio Remondino spełnia warunki stawiane pracom doktorskim określonym w artykule 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t. j. Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami) i oceniam ją jednoznacznie pozytywnie. W związku z czym, wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, o dopuszczenie Pana mgr inż. Pawła Trybały do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

Ze względu na jakość wykonanej pracy badawczej, zaangażowanie doktoranta w realizację doktoratu, osiągnięte rezultaty oraz duży potencjał wdrożenia tej technologii w praktyce górniczej, pomimo nie osiągnięcia limitu 300 pkt. MNiSW przez publikacje naukowe złożonego przez niego cyklu wydawniczego, to wnioskuję o nadanie mu wyróżnienia za tą pracę doktorską.

Having analysed the very comprehensive dissertation, I conclude that the contribution of the doctoral candidate and the scope of the analyses carried out by him in the field of mining sciences, and in particular the measurement and analysis of spatial data in mining, is significant.

The doctoral candidate has demonstrated independence in the conduct of scientific research in the field of acquisition and processing of spatial data obtained from mining operations, which fall within the discipline of Environmental Engineering, Mining and Energy. The presented doctoral thesis of Paweł Trybała, M.Sc. is his original and own solution to the problem of scientific research in the field of mining geomatics.

Therefore, I conclude that the doctoral thesis of Mr Paweł Trybała, M.Sc., prepared under the supervision of the supervisors, Mr Jan Blachowski, Ph.D., Professor of the University, and Professor Fabio Remondino, meets the requirements for doctoral theses set out in Article 187, paragraphs 1 and 2 of the Act of 20 July 2018. - Law on Higher Education and Science (Journal of Laws 2022, item 574, as amended), and I consider it to be unambiguously positive. Therefore, I request the Council of the Faculty of Environmental Engineering, Mining and Energy to admit Paweł Trybała, M.Sc. to further stages of the doctoral procedure.

Considering the quality of the conducted research work, the involvement of the doctoral student in the realisation of the doctoral dissertation, the achieved results and the great potential of implementing this technology into mining practice, despite not reaching the limit of 300 points of the Ministry of Science and Higher Education for the publication cycle, I submit a proposal to honour the doctoral dissertation of Paweł Trybała, M.Sc.

28.05.2024
Date and Signature dr hab. inż. Artur Krawczyk prof. AGH