

dr hab. inż. Klaudiusz Grübel, prof. UBB
Uniwersytet Bielsko-Bialski
Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała

Bielsko-Biała, 24 kwietnia 2026 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr Kamrana Ayaza
pt. „Application of pure and mixed cultures of bacteria strains in synthetic dyes removal
processes -mechanisms and optimisation of process conditions”**

Podstawą opracowania recenzji jest Uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 19 marca 2026 roku oraz pismo numer RIE-BD.512.17.2026 z dnia 1 kwietnia 2026 roku Przewodniczącego Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej, prof. dr hab. inż. Krzysztofa Labusa.

Ocena tematyki podjętych badań

Recenzowana rozprawa doktorska podejmuje zagadnienie możliwości biologicznego usuwania syntetycznych barwników ze ścieków przemysłowych, ze szczególnym uwzględnieniem trudno rozkładalnego, sulfonowanego barwnika diazowego Evans Blue (Direct Blue 53). Wybrane przez Doktoranta do badań barwniki azowe stanowią największą grupę, jeżeli chodzi o różnorodność, jak i stosowane ilości w przemyśle tekstylnym. Bardzo często stanowią one duże wyzwanie z punktu widzenia ich usunięcia ze ścieków w procesie oczyszczania. Rozpad wiązania azowego powoduje zanik barwy (dekoloryzację), który nie stanowi gwarancji pełnego rozkładu cząsteczki i może prowadzić do powstania aromatycznych, toksycznych produktów ubocznych, które mogą się utrzymywać w cieczy lub wymagać dodatkowych procesów, tj. tlenowego utleniania w celu obniżenia toksyczności. Dlatego oczyszczanie musi wykraczać poza sam efekt dekoloryzacji, aby zapewnić rzeczywistą zmianę chemiczną, kontrolę powstających produktów ubocznych oraz działać w różnych układach mikroorganizmów i reaktorów celem całkowitego usunięcia związku i pochodnych.

Praca wpisuje się w aktualny nurt badań nad bioelektrochemicznymi metodami oczyszczania ścieków tekstylnych i stanowi istotny wkład w dyscyplinę inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki. W nawiązaniu do powyższego, uważam, że podjęta przez Doktoranta tematyka badawcza jest aktualna oraz interesująca pod względem poznawczym oraz praktycznym.

Charakterystyka i struktura rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr Kamrana Ayaza pt. „Application of pure and mixed cultures of bacteria strains in synthetic dyes removal processes -

mechanisms and optimisation of process conditions" zawiera 198 stron, podzielona jest na sześć głównych części, wraz z rozdziałami i podrozdziałami, została uzupełniona o zestawienie użytych skrótów i oznaczeń oraz bibliografię w ilości ponad 300 pozycji.

Po streszczeniu zamieszczona została część teoretyczna w której Doktorant przedstawił zagadnienia dotyczące charakterystyki stosowanych barwników, metod i możliwości ich usuwania, procesów ich biodegradacji, mechanizmów dekoloryzacji ścieków oraz charakterystyki bioelektrochemicznych systemów i mikrobiologicznych ogniw paliwowych. Przedstawiony zakres przeglądu literaturowego w rozprawie doktorskiej jest związany z podejmowanymi zagadnieniami badawczymi, jest rozbudowany, aktualny i udokumentowany licznymi cytowaniami.

W dalszej części rozprawy Pan mgr Kamrana Ayaza przedstawił cel i zakres badań, które zostały jasno zdefiniowane i obejmują zarówno aspekt poznawczy, jak i użytkowy. Następnie Doktorant omówił metodykę badań, która została szczegółowo opisana. Zawiera ona zarówno opis metod analitycznych i statystycznych, jak również opis stanowisk badawczych.

Na końcu rozprawy doktorskiej Autor zamieścił wnioski, które zostały zwięźle sformułowane i trafnie syntetyzują osiągnięcia pracy. Ponadto przedstawione zostały przyszłe kierunki badań.

Struktura całej pracy odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim. Układ rozdziałów i numeracja są klarowne, a język techniczny jest poprawny i precyzyjny. Obszerny materiał bibliograficzny świadczy o dobrej orientacji Autora w literaturze światowej. Przegląd literatury jest pogłębiony i trafnie powiązany z realizowanym celem badawczym.

Wartość naukowa pracy jest wysoka. Rozprawa doktorska świadczy o posiadaniu przez Pana mgr Kamrana Ayaza ogólnej wiedzy teoretycznej. Recenzowana rozprawa stanowi wartościowy i spójny wkład naukowy w aspekcie bioelektrochemicznego oczyszczania ścieków barwnikowych. Autor wykazał się umiejętnością prowadzenia badań eksperymentalnych na wysokim poziomie, ich krytycznej analizie oraz konsekwentnego rozwijania koncepcji badawczej.

Praca wyróżnia się przede wszystkim rzetelnym podejściem do weryfikacji wyników - Autor nie poprzestaje na pomiarach np. spektrofotometrycznych, lecz konsekwentnie stosuje chemiczną weryfikację produktów biotransformacji. Godnym uznania jest również logiczne postępowanie w trakcie realizacji badań, gdzie każdy kolejny etap odpowiada na pytania postawione przez ograniczenia poprzedniego etapu. Praca łączy aspekty mikrobiologiczne, elektrochemiczne i inżynierskie w spójną całość, co jest stosunkowo rzadkie w tego typu opracowaniach. Badania koncentrują się na przejściu od prostych układów z immobilizowaną biomasą promieniowców do zaawansowanych mikrobiologicznych ogniw paliwowych.

Główne osiągnięcia wynikające z rozprawy doktorskiej

W mojej ocenie na uwagę zasługuje opracowanie przez Doktoranta kompleksowej, wieloetapowej strategii badawczej. Doktorant stopniowo pogłębiał wiedzę i zwiększał zakres prac, potwierdzając uzyskiwane wyniki (od hodowli czystych kultur, przez mieszane konsorcja mikrobiologiczne, aż do zoptymalizowanych reaktorów bioelektrochemicznych). Każdy etap

logicznie wynikał z ograniczeń poprzedniego, co świadczy o dojrzałości metodologicznej. Jednym z kluczowych osiągnięć pracy jest wykazanie, że sama spektrofotometria UV-Vis nie wystarcza do rzetelnej oceny biodegradacji barwników. Pozorna dekoloryzacja może wynikać z adsorpcji, biosorpcji lub częściowego rozkładu chromoforu, a nie z rzeczywistej biotransformacji. Stąd, transformację chemiczną Doktorant weryfikował metodą chromatograficzną HPLC w celu śledzenia zaniku macierzystej formy barwnika, a GC-MS wykorzystał w celu identyfikacji produktów jego transformacji. Wprowadzenie tak wieloanalitycznego podejścia (UV-Vis + HPLC + GC-MS) stanowi metodologiczną innowację o dużej wartości praktycznej.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że rozdział trzeci nie jest jedynie prezentacją wyników, lecz zawiera wyraźnie widoczny proces decyzyjny/analityczny i ewolucję podejścia badawczego. Autor nie unika prezentowania ograniczeń uzyskanych rezultatów, co wzmacnia wiarygodność pracy.

Doktorant wykazał również zdolność izolowanych szczepów *Actinomycetes* do usuwania barwników. W tej części pracy Doktorant przeprowadził screening promieniowców (*Actinomycetes*) na podłożach stałych pod kątem dekoloryzacji barwników, diazowego Evans Blue (Direct Blue 53), trifenyłometanowej zieleni brylantowej i fioletu krystalicznego. W trakcie badań Doktorant prowadził immobilizację biomasy m.in. na wiórach iglastych, słomie oraz zrębkach liściastych. Wyłącznie na słomie uzyskał widoczny wzrost mikroorganizmów w testach wstępnych, dlatego wybrał ją do eksperymentu głównego. Szczep 1K1 osiągnął 80% usunięcia barwnika Evans Blue, natomiast szczep EGK2 - 73%, przy czasie inkubacji wynoszącym 14 dni. Doktorant wywnioskował, że choć mikroorganizmy te wykazują zdolność do usuwania barwników, to proces ten jest silnie zależny od szczepu, czasu inkubacji oraz udziału zjawisk fizycznych, takich jak sorpcja. Doszedł również do wniosku, że istnieją zasadnicze ograniczenie/trudności z odróżnieniem biodegradacji od fizycznej adsorpcji na nośnikach stałych, co uzasadniło przejście do bardziej kontrolowanego systemu modelowego. Szczególnie cenne jest to, że Doktorant świadomie zrezygnował z dalszego rozwijania tego kierunku badań, uzasadniając decyzję niejednoznacznością wyników i ograniczoną przydatnością aplikacyjną. Taka krytyczna autorefleksja jest rzadko spotykana i powinna zostać oceniona bardzo pozytywnie.

Zastosowanie statystycznej metody Response Surface Methodology (RSM) pozwoliło Doktorantowi na zidentyfikowanie statystycznie istotnego okna operacyjnego dla procesu biotransformacji barwnika Evans Blue (zamiast pojedynczego parametru procesowego). Doktorant wykazał, że temperatura i czas są czynnikami dominującymi, natomiast nadmiar źródła węgla może działać inhibitująco. Pan mgr Kamran Ayaz osiągnął rezultat powyżej 99% dekoloryzacji w ciągu 3 dni (skrócenie procesu z 14 dni). Model statystyczny RSM wykazał dobre dopasowanie (wyraził to miarą statystyczną określającą, jak dobrze model regresji dopasowany jest do danych empirycznych - $R^2 = 0,79$; R^2 skorygowany = 0,74), a optymalne warunki określił jako: czas 53,65 h, stężenie barwnika 100 mg/l, stężenie węgla 250 mg/l, temperatura 37°C. Sformułowany został również wstępny szlak biotransformacji barwnika Evans Blue. Ponadto Doktorant wykazał, że czysta kultura *Shewanella oneidensis* MR-1 jest

skutecznym biokatalizatorem w usuwaniu barwnika Evans Blue oraz że czysta hodowla tej bakterii jest zdolna całkowicie zmineralizować badany barwnik, gdy warunki procesu i wzrostu są w pełni zoptymalizowane. Jednocześnie Autor zachował krytycyzm, wskazując na ograniczenia podejścia opartego na czystej kulturze – przede wszystkim na relatywnie długi czas trwania procesu przy wyższych stężeniach barwnika.

Wartościową częścią pracy jest również przejście do systemów bioelektrochemicznych - mikrobiologicznego ogniwa paliwowego (MFC) z mieszanymi kulturami mikrobiologicznymi oraz integracja etapów anaerobowego i aerobowego. Na tym etapie, praca wyraźnie wychodzi poza klasyczne badania mikrobiologiczne i wpisuje się w nurt nowoczesnej inżynierii środowiska. Autor wykazał, że zastosowanie układu DCMFC w połączeniu z etapem tlenowym pozwala skrócić czas procesu do około 20-24 godzin przy stężeniach barwnika 100-200 mg/l. Jest to wynik bardzo dobry i istotny z punktu widzenia potencjalnych zastosowań. Połączenie anaerobowego etapu w MFC z aerobowym procesem z użyciem *Actinomyces* (SK-2, SK-3) umożliwiło pełną mineralizację - potwierdzone zostało powstawanie kwasu 2-methylobutanowego i 3-methylobutanowego, jako produktów dalszej biotransformacji. Jest to istotny dowód na to, że proces wykraczał poza samą dekoloryzację.

Dodatkowo Doktorant poza potwierdzeniem przemiany związków pośrednich, zaproponował ścieżkę degradacji, co świadczy o Jego wysokim poziomie analizy mechanistycznej. Autor dokonał również oceny składu społeczności mikroorganizmów za pomocą sekwencjonowania 16S rRNA. Ujawniła ona obecność *Pseudomonas* (45,5% w hodowlach zaadaptowanych do barwnika i 32% w hodowlach inokulum), z kluczowymi rodzajami obejmującymi *Actinomyces* (13,75%), *Thermochromatium* (4,82%) oraz *Geobacter* (4,52%). Badania te podkreślają potencjał zintegrowanego systemu DCMFC-tlenowego, wykorzystującego w etapie tlenowym mieszane szczepy promieniowców, co w przyszłości może zostać zastosowane z korzyścią dla skutecznego oczyszczania przemysłowych ścieków barwnikowych, oferując również korzyści środowiskowe i bioenergetyczne.

Szczególnie interesujące są także wyniki dotyczące modyfikacji anody, które prowadzą do dalszego skrócenia czasu procesu. Autor podjął istotny problem ograniczeń kinetycznych i transportowych w układach bioelektrochemicznych, koncentrując się na przyspieszeniu formowania biofilmu oraz poprawie efektywności zewnątrzkomórkowego transferu elektronów (EET). W tym celu zaproponował wielowarstwową modyfikację węglowej elektrody anodowej z wykorzystaniem polianiliny (PANI; warstwy przewodzącej), glukozy oraz żelatyny, co stanowi interesujące i racjonalnie uzasadnione podejście materiałowe oraz technologiczne zwieńczenie pracy. W trakcie badań wykorzystał również spektroskopię impedancyjną (EIS) do oceny oporu anody i DCMFC.

Doktorant zbadał wpływ tych modyfikacji na możliwość tworzenia biofilmu, transfer ładunku oraz żywotność mikroorganizmów z wykorzystaniem czystej hodowli *Shewanella oneidensis* MR-1. Uzyskano bardzo dobre efekty: 96–97% dekoloryzacji przy 150 mg/l barwnika Evans Blue w ciągu zaledwie 13-tu godzin, 90–91% przy stężeniu 300 mg/l oraz 73% przy 450 mg/l - w uproszczonym, jednokomorowym reaktorze MFC. Wyniki te, świadczą o skróceniu

czasu procesu z 3 dni (czysta kultura, 100 mg/l) do 13 godzin przy znacznie wyższych stężeniach barwnika. Wskazuje to jednoznacznie, że ograniczenia kinetyczne procesu są silnie związane z interfejsem biofilm–elektroda i mogą być skutecznie redukowane poprzez inżynierię materiałową sprawiając, że modyfikacja anody może prowadzić do istotnej poprawy właściwości bioelektrochemicznego układu. Wyniki te wskazują jednoznacznie, że zmodyfikowana powierzchnia elektrody anodowej poprawiła przyczepność czystej kultury bakterii i pozwoliła na zniesienie toksycznego wpływu wysokiego, początkowego stężenia barwnika dzięki dobrze rozwiniętemu biofilmowi na zmodyfikowanej elektrodzie. Szczególnie wyraźny był również wzrost pokrycia biofilmem oraz jego żywotność, co autor powiązał z obecnością lokalnego źródła węgla oraz poprawą właściwości powierzchniowych elektrody. Na uwagę zasługuje także szczegółowa charakterystyka materiałowa (FTIR, XPS, SEM), która potwierdza skuteczność etapowej funkcjonalizacji powierzchni elektrody. Wysoka zgodność wyników uzyskanych tymi metodami świadczy o dobrze zaprojektowanej metodyce badawczej oraz spójnej interpretacji danych. Rozwiązanie pozostaje proste, wykorzystuje standardową tkaninę węglową i jest skalowalne do szybszego oczyszczania. Ten etap pracy należy uznać za jeden z najważniejszych wkładów naukowych Doktoranta.

Równie istotnym osiągnięciem Autora pracy jest wykazanie, że zastosowanie wielowarstwowej anody prowadzi do znaczącego obniżenia oporu przeniesienia ładunku oraz zwiększenia pojemności ładunkowej, co bezpośrednio przekłada się na poprawę parametrów pracy ogniwa. Doktorant trafnie identyfikuje komplementarne role poszczególnych warstw: polianilina odpowiada za poprawę przewodnictwa i właściwości redoks; natomiast warstwy glukozy i żelatyny regulują adhezję bakterii oraz lokalną dostępność substratu. Takie podejście świadczy o dobrym zrozumieniu złożonych interakcji zachodzących na granicy faz biofilm–elektroda.

Autor udowadnia, że optymalizacja warunków procesowych oraz modyfikacja powierzchni anod pozwala na znaczące przyspieszenie dekoloryzacji i pełną mineralizację toksycznych związków. Kluczowym elementem pracy jest weryfikacja rzeczywistej degradacji chemicznej barwników przy użyciu technik analitycznych, takich jak HPLC i GC-MS. Wyniki wskazują, że zastosowanie czystych kultur, takich jak *Shewanella oneidensis* MR-1, w zoptymalizowanych reaktorach, skutecznie eliminują problem toksyczności ścieków przemysłowych. Całość stanowi kompleksowe opracowanie dążące do stworzenia wydajnych i sterowalnych technologii oczyszczania ścieków.

W niektórych fragmentach pracy, interpretacja wyników wyprzedza ich pełne potwierdzenie eksperymentalne. Uwaga ta, dotyczy zwłaszcza określania roli transferu elektronów (EET), który jest postulowany jako istotny mechanizm, jednakże nie został on bezpośrednio zweryfikowany eksperymentalnie. Autor co prawda zaznacza ten fakt, jednak niewątpliwie wskazuje to na potrzebę dalszych badań uzupełniających. Z kolei w przypadku analiz GC-MS Autor słusznie zauważa, że metoda ta pozwala jedynie na detekcję związków lotnych lub możliwych do analizy bez derywatyzacji, co oznacza, że znaczna część potencjalnych produktów, w szczególności polarnych amin aromatycznych, mogła nie zostać wykryta. W konsekwencji nie można jednoznacznie stwierdzić, czy proces prowadzi do pełnej

mineralizacji zanieczyszczenia, czy jedynie do jego częściowej transformacji. Wprawdzie Autor wskazuje na to ograniczenie, jednak w części badawczej brak jest prób jego eksperymentalnego udowodnienia, np. poprzez zastosowanie technik LC-MS/MS. Naturalnie, badania te mogą zostać pogłębione w dalszej karierze naukowej Doktoranta. Zintensyfikowane w przyszłości powinno zostać również wydłużenie czasu prowadzenia eksperymentów oraz analiza stabilności układu, co umożliwi ocenę długoterminowej trwałości powłoki i odporności biofilmu na warunki operacyjne. W tym momencie pojawia się również pytanie dotyczące mechanicznej stabilności warstwy żelatynowej oraz jej zachowania w warunkach przepływowych, co ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia potencjalnych aplikacji przemysłowych.

Z punktu widzenia interpretacji wyników, pewna luka badawcza ujawnia się w braku ilościowej analizy uwalniania glukozy z warstwy powierzchniowej. Mechanizm kontrolowanego dostarczania substratu stanowi jeden z centralnych elementów koncepcji badawczej, jednak jego potwierdzenie opiera się głównie na przesłankach pośrednich (FTIR, obserwacje biofilmu), bez bezpośrednich pomiarów kinetyki uwalniania.

Warto również zauważyć, że badania przeprowadzono w warunkach modelowych, z wykorzystaniem pojedynczego barwnika oraz czystej kultury mikroorganizmów. Ogranicza to możliwość bezpośredniej ekstrapolacji wyników do rzeczywistych ścieków przemysłowych, które charakteryzują się znacznie większą złożonością składu oraz zmiennością warunków. Wprawdzie, Autor wskazuje kierunki dalszych badań, jednak brak jest eksperymentalnej weryfikacji proponowanych rozwiązań w bardziej złożonych układach.

Kolejnym ograniczeniem, które zostało zresztą trafnie zidentyfikowane przez Autora, jest spadek efektywności procesu przy wysokich stężeniach barwnika oraz problemy związane ze stabilnością biofilmu i transferem masy w układach MFC. Wskazuje to na realne bariery wdrożeniowe, które wymagają dalszych badań. Pomimo pewnych ograniczeń interpretacyjnych i metodologicznych, praca spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i zawiera elementy stanowiące oryginalny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Praca stanowi wartościowy i dobrze opracowany wkład w rozwój bioelektrochemicznych metod oczyszczania ścieków, wyróżnia się spójnością koncepcji, poprawnością metodologiczną oraz umiejętnym łączeniem zagadnień z zakresu chemii, elektrochemii, inżynierii materiałowej, mikrobiologii i inżynierii środowiska. Pomimo wskazanych „niedociągnięć”, uzyskane wyniki mają istotne znaczenie poznawcze i wskazują obiecujący kierunek dalszych badań, szczególnie w zakresie inżynierii powierzchni bioanod.

Zagadnienia wymagające wyjaśnienia (uwagi dyskusyjne)

1. W jaki sposób jednoznacznie rozróżnił Pan: biodegradację, biosorpcję, oraz redukcję chemiczną zachodzącą w układzie?
2. Analizował Pan stężenia barwnika np. 100 mg/l, 200 mg/l. Dlaczego takie stężenia i na jakim poziomie występuje ten barwnik w rzeczywistych ściekach tekstylnych z procesu barwienia?

3. Na ile zaproponowana ścieżka degradacji jest kompletna, a na ile stanowi hipotezę opartą na danych GC-MS?
4. Czy uruchomienie pilotażowej instalacji w większej skali aniżeli laboratoryjna, byłoby łatwe i możliwe do wykonania w krótkim czasie?
5. Z punktu widzenia ekonomicznego, jakie byłyby koszty wdrożenia rozwiązania w skali technologicznej? Czy na tle technologii konkurencyjnych, byłoby to opłacalne i uzasadnione?
6. Brak pełnej oceny toksyczności produktów - wskazano produkty (GC-MS), ale nie wykonano testów ekotoksyczności.
7. Jakie są bezpośrednie dowody na udział mechanizmu extracellular electron transfer (EET) w procesie?
8. Czy wzrost efektywności po modyfikacji anody wynika z poprawy EET, czy raczej z lepszej adhezji biofilmu?
9. Czy analizowano: koszty modyfikacji elektrod, trwałość materiałów, stabilność biofilmu w długim czasie?
10. Jakie inne modyfikacje elektrod mogłyby dodatkowo zwiększyć wydajność CSC?
11. Dlaczego wybrano akurat *Shewanella oneidensis* MR-1, jako modelowy organizm?
12. Jakie wyniki dla czystej kultury mają się do rzeczywistych układów środowiskowych, takich jak np. osad czynny?
13. W systemie z *Shewanella oneidensis* MR-1 nie wykryto klasycznych mutagennych amin aromatycznych, takich jak benzydyna czy anilina, co sugeruje bezpieczniejszy dla środowiska przebieg degradacji. Dlaczego ich nie było?

Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa stanowi wartościowy i spójny wkład naukowy w dyscyplinę inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki zwłaszcza w obszarze bioelektrochemicznego oczyszczania ścieków barwnikowych. Autor wykazał się umiejętnością prowadzenia badań eksperymentalnych na wysokim poziomie, ich krytycznej analizy oraz konsekwentnego rozwijania koncepcji badawczej. Szczególnie wysoko należy ocenić integrację różnych podejść – od mikrobiologii, przez analizę statystyczną, aż po bioelektrochemię i inżynierię materiałową. Głównym osiągnięciem Doktoranta jest opracowanie zintegrowanego, skalowalnego podejścia łączącego optymalizację warunków procesowych z inżynierią interfejsu elektroda-biofilm, co pozwoliło na kilkukrotne skrócenie czasu biodegradacji barwnika Evans Blue, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej skuteczności procesu i jego weryfikacji chemicznej. Zaproponowane kierunki dalszych badań są realistyczne i dobrze uzasadnione uzyskanymi wynikami.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr Kamrana Ayaza pt. „Application of pure and mixed cultures of bacteria strains in synthetic dyes removal processes - mechanisms and optimisation of process conditions” spełnia wymagania określone art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. 2024 r., poz. 1571 z późn. zm.).

Rozprawa mgr Kamrana Ayaza stanowi oryginalne i wartościowe opracowanie naukowe, wnoszące istotny wkład do badań nad efektywnością oczyszczania ścieków tekstylnych. Praca spełnia wszystkie kryteria rozprawy doktorskiej w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, a Doktorant wykazał samodzielność badawczą, biegłość w metodach eksperymentalnych i statystycznych, umiejętność formułowania i weryfikacji hipotez oraz zdolność praktycznego zastosowania wyników badań. Przedstawiona do oceny dysertacja ma wartość poznawczą, aplikacyjną i konstrukcyjną.

Doktorant posiada odpowiednią wiedzę oraz umiejętności do prowadzenia badań naukowych, w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Przedstawione w recenzji uwagi posiadają charakter dyskusyjny i nie wpływają negatywnie na wartość merytoryczną przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej. Praca prezentuje wysoki poziom badań eksperymentalnych, dobrze udokumentowanych i naukowo uzasadnionych. Stanowi cenny wkład w rozwój metod bioelektrochemicznego oczyszczania ścieków.

W nawiązaniu do powyższego wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej Pana mgr Kamrana Ayaza pt. „Application of pure and mixed cultures of bacteria strains in synthetic dyes removal processes -mechanisms and optimisation of process conditions” i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

dr hab. inż. Klaudiusz Grübel, prof. UBB