

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr Dariusza Lewandowskiego
pt. „Określenie stopnia odzysku miedziowców z odpadu płyt obwodów drukowanych
metodą mechaniczną i termiczną” przygotowanej pod kierunkiem naukowym
promotora prof. dr hab. inż. Jolanty Biegańskiej
i promotora pomocniczego dr inż. Waldemara Ścierskiego

Podstawą formalną niniejszej recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Śląskiej w Gliwicach, z dnia 15 lipca 2023 roku oraz pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Śląskiej w Gliwicach z dnia 19 lipca 2023 roku, Pana prof. dr hab. inż. Andrzeja Rusina informujące o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana Dariusza Lewandowskiego. Do pisma dołączony był egzemplarz wydrukowanej rozprawy.

Przedstawiona mi do oceny rozprawa jest bardzo szerokim opracowaniem dotyczącym procesów odzysku i recyklingu odpadów metali, miedziowców z wybranych grup odpadów. Praca obejmuje szereg zagadnień związanych z tymi procesami takich jak: określenie ilości i jakości przetwarzanych odpadów definiując ich potencjał na rynku odpadowo-surowcowym, charakterystyka stosowanych dotychczas procesów mechanicznych, pirometalurgicznych i hydrometalurgicznych jako odzysku i recyklingu, propozycji autorskich stanowisk badawczych do procesów badań wraz z przedstawieniem zasad przygotowania próbek średnich do bezpośrednich prób termicznych i mechanicznych. W pracy podjęto również próbę określenia wartości ekonomicznej w [PLN] poszczególnych frakcji surowcowej oraz wskazano potencjalnie najwyższy poziom koncentracji miedziowców co przekładać się będzie na potencjalne poziomy ich odzysku. Następnie wskazano w pracy możliwe dalsze plany badawcze i możliwości komercyjne w zakresie zagospodarowania badanych odpadów.

Ogrom podjętej tematyki badawczej, celowo przeze mnie przytoczony, świadczy o ogromnej wiedzy, nie tylko technologicznej, ale również rynkowej, gospodarczej i dotyczącej ekonomii cyrkularnej.

Usytuowanie w nurcie aktualnego stanu badań. Zasadność podejmowanych badań i oryginalność stawianych tez badawczych

Szerokie ujęcie technologiczne oraz gospodarczo-ekonomiczne przedstawionej mi do oceny dysertacji mieścić się może w wielu obszarach badawczych. Wdrażana obecnie koncepcja European Green Deal od 2019 roku, wskazuje kierunek działań, w którym planuje się działania umożliwiające bardziej efektywne wykorzystanie zasobów dzięki przejściu na czystą gospodarkę o obiegu zamkniętym, wartość produktów, materiałów i zasobów w gospodarce ma być utrzymywana tak długo, jak to możliwe, produkcja odpadów ograniczona do minimum, a cyrkularność ma stać się główną siłą napędową redukcji emisji czy ilości odpadów w perspektywie krótko- i długoterminowej. Stanowić ma to istotny wkład w wysiłki UE zmierzające do stworzenia zrównoważonej, niskoemisyjnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarki. Podkreśla się również konieczność uruchamiania wszystkich możliwych działań w łańcuchu wartości odpad – surowiec – produkt tj. odzysk mechaniczny, chemiczny i energetyczny, wielokrotne wykorzystywanie surowców, zwłaszcza kluczowych dla gospodarki, projektowanie z myślą o recyklingu w taki sposób, aby łańcuchy wartości nieprzydatne w jednej technologii produkcyjnej stawały się wkładem do kolejnej działalności gospodarczej tworząc trwałą sieć wymiany zasobów i budując logiczny system metabolizmu gospodarki, zamykając obiegi materiałowe, energetyczne, ale również finansowe czy zasobów ludzkich. Gospodarka o obiegu zamkniętym stwarza ogromną szansę ulepszenia modeli biznesowych, stworzenia grup czy holdingów przedsiębiorstw o całkowicie nowym sposobie działania i myślenia.

Praca napisana jest w duchu właśnie pełnego rozwiązania systemowego, chociaż jako najważniejszy wątek zarysowuje się wyraźnie wątek technologiczny, dotyczący odzysku miedziowców z odpadu płyt obwodów drukowanych.

Elektroodpady to odpady powstające w krajach wysokorozwiniętych, w wyniku nieustającego dążenia do komfortu, poprawy jakości życia oraz gwałtownego postępu technologicznego i konsumpcjonizmu. W UE zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny to jeden z najszybciej rosnących strumieni odpadów, z których mniej niż 40 % jest poddawanych recyklingowi. Wszystkie te odpady mają zróżnicowany charakter zarówno pod względem ilości jak i ich składu, co powoduje szereg trudności w procesach odzysku, który zazwyczaj jest wykonywany w krajach trzeciego świata, podczas gdy Europa wylicza i kwalifikuje poziomy odzysku i recyklingu. Z jednej strony ich odzysk, recykling i ponowne wykorzystanie to forma pozyskiwania cennych i drogich surowców wtórnych i oszczędność surowców naturalnych, podczas gdy zaniedbanie tej działalności to brak gospodarności

i dbałości o środowisko naturalne. Z drugiej strony zawarte w elektroodpadach pierwiastki, w przypadku ich niekontrolowanego uwolnienia do otoczenia mogą stanowić zagrożenie dla ludzi i środowiska. Może to powodować zagrożenie dla wód, gleby, gruntu, powietrza atmosferycznego, zdrowia ludzi i zagrożeń dla bioróżnorodności, a także wzajemne oddziaływania pomiędzy tymi elementami. Można mówić więc o potencjalnym zintegrowanym zagrożeniu dla środowiska naturalnego, ale również o stratach gospodarczych i nieodwracalnej utracie dóbr naturalnych. O konieczności prowadzenia procesów odzysku i recyklingu decydują więc nie tylko względy zdrowotne, ale również gospodarcze.

Doktorant skupia się na możliwości odzysku miedziowców. Głównymi użytkownikami miedzi są: przemysł elektrotechniczny i elektroniczny, ale również samochodowy i budownictwo. Do najważniejszych uwarunkowań wpływających na rynek miedziowy są koniunktura na rynkach chińskim i niemieckim, oraz notowania giełdowe cen tego metalu. Wydarzenia i sytuacja gospodarcza ostatnich kilku lat zaburzyły te uwarunkowania, ale wg International Copper Study Group wydaje się, że zapotrzebowanie na produkcję będzie utrzymane lub będzie wzrastać, ze względu na wzrastający konsumpcjonizm. Złoto wykorzystywane jest w produkcji urządzeń elektronicznych, telekomunikacyjnych i precyzyjnych oraz w jubilerstwie. Brak jest danych o poziomach odzysku, najprawdopodobniej ze względu na jego duże rozproszenie na rynku oraz brak instalacji do tego celu. Podobnie jest w przypadku srebra. Prognozuje się, że struktura popytu na te pierwiastki będzie wzrastać i odzysk oraz recykling tych metali stanie się niezbędnym elementem gospodarki.

Potwierdza to wysoki potencjał podjętych badań, ze względu na wzrastające popyt na surowce metalowe oraz rozwijający się *urban mining*, który zyskuje na znaczeniu w erze transformacji cyfrowej i zielonej gospodarki.

Wobec powyższego podjęta tematyka należy bez wątpienia do aktualnych i ważnych, a jednocześnie wymagających z uwagi na istniejące uwarunkowania rynkowe i administracyjne. Recenzowaną dysertację można uplasować w głównym nurcie badań nad recyklingiem odpadów metalowych oraz circular economy.

Uwzględniając powyższe kwestie bardzo wysoko oceniam trafność wyboru tematu oraz oryginalność rozwiązania problemu badawczego, podjętego w pracy doktorskiej.

Celem pracy było porównanie skuteczności odzysku miedziowców z odpadowych płyt obwodów drukowanych oraz płyt z telefonów komórkowych metodami: mechaniczną i termiczną. W pracy wyznaczono również dwa cele dodatkowe cząstkowe: 1) badania

w zakresie określenia właściwości fizyko-chemicznych badanych odpadów, które pozwoliły w sposób prawidłowy i skuteczny przeprowadzić badania w zakresie odzysku miedziowców oraz 2) prawidłowe przygotowanie próbek reprezentatywnych do analiz wraz z analityką chemiczną.

Cele i tezy zdefiniowane są prawidłowo, odzwierciedlają problematykę podjętego zagadnienia badawczego i jasno wynikają z szerokiej analizy literatury. Uważam, że teza, cel rozprawy i zadania są ważne ze względów poznawczych oraz aplikacyjnych, a tematyka przedstawionej rozprawy doktorskiej jest atrakcyjna.

Charakterystyka i struktura rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska obejmuje 149 stron tekstu, w tym również 80 rysunków i 84 tabel. Przyjęty układ pracy jest prawidłowy i typowy. Pracę rozpoczynają streszczenia w języku polskim i angielskim oraz indeks stosowanych skrótów. Rozdział 1 to wstęp do pracy, bardzo obszerny, ale dobrze napisany. Rozdziały 2-4 to część teoretyczna, bardzo obszerna analiza literatury z zakresu stosowania płyt obwodów drukowanych, miedziowców jako potencjalnych surowców do odzysku oraz wybranych metod przetwarzania odpadowych płyt obwodów drukowanych. W tym rozdziale Doktorant omawia metody mechaniczne, pirometalurgiczne oraz hydrometalurgiczne. Podział na rozdziały pozwala zorientować się w obszerności zagadnienia, jakim zajął się Doktorant. Rozdział 5 to cel pracy oraz omówiony zakres merytoryczny dysertacji. W rozdziale 6 Autor opisał zbudowane przez siebie trzy stanowiska badawcze: 1) zespół urządzeń przygotowania próbek ogólnych (Pracownia Surowców Wtórnych – Zakładu Hutnictwa – Łukasiewicz IMN Gliwice; 2) stanowisko badan termicznych - autorski projekt pieca do pirolizy odpadów wielomateriałowych oraz stanowisko do pomiaru ubytku masy w czasie w atmosferze powietrza (Pracowni Surowców Wtórnych – Zakładu Hutnictwa Łukasiewicz IMN Gliwice); 3) stanowisko badan mechanicznych – (firma Phoenix Surowce). Rozdział 7 opisuje materiał do badań, sposób jego doboru i potencjał w zakresie odzysku. Autor oparł swoje badania na dwóch frakcjach: WPCB K1 - płyty komputerowe wyprodukowane przed rokiem 2004 oraz WPCB T1 - płytki obwodów drukowanych telefonów komórkowych tzw. „starych telefonów” (nie smartfonów). Rozdział 8 opisuje rodzaje badań wybranych właściwości fizyko-chemicznych odpadów: wartości opałowej, termogravimetrii (TG/DSC), ubytku masy na stanowisku do badań termicznych, udarności w temperaturze otoczenia i temperaturach kriogenicznych, określenia wstępnych metod analiz chemicznych takich jak: oznaczenia ilościowe metodą WD XRF (z dyspersją długości fali), oznaczanie miedzi metodą

absorpcyjnej spektrometrii atomowej (F-AAS), oznaczanie miedzi metodą wolumetryczną, oznaczanie srebra metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (F-AAS), oznaczenie złota metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (F-AAS), oznaczanie złota metodą spektrometrii mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-MS). Rozdział 9 omawia przygotowanie próbek średnich miarodajnych do badań termicznych i mechanicznych. W opinii recenzenta jest to bardzo cenny i uniwersalny rozdział, bardzo dobrze przygotowany, mogący stanowić zapis realizacji dobrych praktyk w przygotowaniu uśrednionych próbek miarodajnych dla odpadów, które stanowią każdorazowo bardzo zróżnicowaną i często nieprzewidywalną frakcję. Rozdział 10 omawia proces termicznego rozkładu przygotowanych prób realizowanego jako proces pirolityczny w różnych temperaturach. Rozdział 11 dotyczy procesów mechanicznego odzysku miedziowców na stole wodnym, wykorzystując zdolność ziaren nadawy do rozpylania się wachlarzowego po powierzchni stołu w taki sposób, że z jednej strony wachlarza znajdują się ziarna ciężkie, a z drugiej ziarna lekkie. W rozdziałach 10 i 11 umieszczono wyniki prac badawczych wraz z ich omówieniem. W rozdziale 12 porównano poziomy odzysk poszczególnych miedziowców - złota, srebra i miedzi metodami termiczną i mechaniczną, wykorzystując wyniki analiz chemicznych o najwyższych wskaźnikach zawartości konkretnego pierwiastka. Wyniki opracowano zestawiając: analizy próbek średnich początkowych przed wykonaniem prób termicznych i mechanicznych oraz ich wartość ekonomiczną wyrażoną w PLN. Rozdział 13 to podsumowanie i wnioski. Rozdział 14 to bibliografia. Na końcu pracy znajdują się spis rysunków i tabel

Reasumując, układ pracy uznaję za poprawny, przyjęty plan pracy badawczej i dysertacji pozwoliły przedstawić problematykę badawczą oraz odpowiedzieć na postawione cele i pytania badawcze. Sekwencja prezentowanych treści jest właściwa, zachowana jest logiczna kolejność i objętość rozdziałów. Mocną stroną dysertacji jest logiczne i uzasadnione przedstawienie poszczególnych zagadnień. Przedstawioną rozprawę doktorską oceniam bardzo wysoko, praca napisana jest prawidłowo i czyta się ją dobrze. Praca napisana jest w sposób zwarty, czytelny, jasny i precyzyjny. Pracę cechuje poprawność językowa i zwięzłość wypowiedzi. W pracy wyraźnie zarysowany jest wątek technologiczny.

Oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz aplikacyjna wartość rozprawy

Konkludując, przedłożona mi do oceny rozprawa doktorska Pana mgr Dariusza Lewandowskiego jest wartościowym, oryginalnym opracowaniem naukowym, a uzyskane wyniki wzbogacają dotychczasową wiedzę w obszarze odzysku i recyklingu. Praca napisana

jest poprawnie zgodnie z zasadami publikacji naukowych. W szczególności chciałam podkreślić, że:

1. Tytuł pracy jest dobrze sformułowany i bardzo dobrze obrazuje treści zawarte w dysertacji,
2. Literatura przedmiotu obejmuje 132 pozycje bibliograficzne (częściowo zawarte w czasopismach naukowych w językach angielskim i polskim, obejmująca zarówno wydawnictwa drukowane, jak i znaczące dla rozprawy źródła elektroniczne). Cytowana literatura obejmuje dziedzinę nauk inżynieryjno-technicznych, w szczególności z zakresu dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Dobór literatury oraz zakres jej cytowania uznaję za prawidłowy – umożliwił on sprecyzowanie celów badawczych, wskazując na „lukę badawczą” w obszarze badań oraz pozwolił na realizację przyjętych założeń badawczych. Podejście Doktoranta do badanej problematyki w perspektywie aktualnej wiedzy jest prawidłowe i odpowiada regułom pracy naukowej. Doktorant przedstawiając kolejne zagadnienia, nawiązuje do dotychczasowego dorobku i potrafi odpowiednio posiłkować się nim podczas własnej pracy badawczej. Świadczy to o umiejętności wykorzystania przez Autora rozprawy bogatej literatury przedmiotu. Publikacje najnowsze wydane w okresie ostatnich 5-6 lat stanowią zdecydowaną większość spisu literatury, co świadczy o wysokiej dynamice zmian i rozwoju wiedzy w tym obszarze. Pod względem jakościowym literatura jest dobrana prawidłowo, ponadto jest zróżnicowana i bogata. Na podkreślenie zasługuje umiejętność wykorzystywania najnowszej literatury przedmiotu i liczne odwołania do najnowszych badań światowych w podjętej tematyce. Źródła zostały wykorzystane umiejętnie – w przypisach recenzent nie dostrzegł brak poważniejszych błędów formalnych. Bogata bibliografia stanowi potwierdzenie dobrego naukowego warsztatu Doktoranta oraz potwierdza posiadanie przez Niego ogólnej wiedzy teoretycznej oraz umiejętność prowadzenia pracy naukowej, zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.
3. Na szczególne wyróżnienie zasługuje wyraźny kierunek technologiczny prac badawczych. Badawczy charakter pracy zawsze wymaga od Doktoranta nie tylko wiedzy, ale również umiejętności prowadzenia badań laboratoryjnych, planowania ich, interpretacji wyników czy współpracy w zespole. W tym przypadku Doktorant prowadził badania w kilku miejscach (Zakład Hutnictwa – Łukasiewicz IMN Gliwice, firma Phoenix Surowce), co dodatkowo, jak sądzę, wymagało umiejętności

organizacyjnych. Na uwagę zasługuje również aplikacyjna wartość rozprawy i praktyczne rozwiązanie problemu badawczego, co może pozwolić na wdrożenie zaproponowanego rozwiązania w skali technicznej.

4. Struktura przedstawionej rozprawy jest poprawna, prawidłowo sformułowane są założenia badawcze, zweryfikowane przez prowadzone badania oraz prawidłowo i syntetycznie sformułowane wnioski. Autor bardzo dobrze przyswoił i opanował wiedzę teoretyczną istotną zarówno dla wprowadzenia czytelnika w kluczowe aspekty tematyki rozprawy, co dało solidny fundament dla zaprojektowania i przeprowadzenia i oceny procesu badawczego. Aparat pojęciowy stosowany przez Doktoranta jest poprawny, dojrzały, Doktorant sprawnie operuje teorią i znajduje dla niej zastosowanie w praktyce badawczej. Doktoranta oceniam wysoko zarówno z uwagi na znajomość, jak i dobór, analizę i interpretację źródeł literaturowych oraz danych empirycznych, poprzez odniesienia do zaplecza literaturowego. Wysoko oceniam także umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawiania uzyskanych wyników badań. Na docenienie zasługuje zwięzłość wywodu naukowego, jego jasność oraz klarowność omawianych i analizowanych zagadnień.
5. Część empiryczna została oparta na metodach: 1) badań laboratoryjnych własności fizyko-chemicznych płyt obwodów drukowanych wraz z zastosowaniem prototypowego stanowiska do pomiaru ubytku masy 2) badań składu chemicznego próbek średnich, 3) przygotowania próbek uśrednionych do poszczególnych eksperymentów 4) badań procesów termicznych pirolizy prowadzonych w prototypowym urządzeniu pirolitycznym, 5) badań właściwości mechanicznego przetwarzania odpadów (mielenie, separacja na stole wodnym), 6) analityki chemicznej produktów eksperymentów badawczych – termicznego i mechanicznego, 7) zaplanowania eksperymentów oraz oceny i dyskusji wyników badań wraz z oceną stopnia odzysku miedziowców z odpadu płyt obwodów drukowanych metodami mechaniczną i termiczną. Szeroki wachlarz metod badawczych i umiejętność doboru ich uważam za właściwy. Dobór i zastosowanie metod badawczych świadczy o bardzo dobrym warsztacie metodycznym Doktoranta. Przeprowadzone na potrzeby rozprawy doktorskiej badania własne – empiryczno-analityczne i technologiczne, stanowią silną stronę recenzowanej rozprawy doktorskiej. Dzięki zastosowaniu przytoczonych metod badawczych postawiony cel został zrealizowany, a analizowane zagadnienia zostały wyczerpująco udokumentowane i uzasadnione wynikami badań własnych.

Przedstawiona praca, zawarte w niej tezy badawcze, sposób ich weryfikacji, przeprowadzone analizy i wnioski świadczą o dojrzałości naukowej Doktoranta.

6. Do najważniejszych osiągnięć naukowych w recenzowanej pracy należą, wg opinii Autora, autorski projekt budowy pieca do pirolizy odpadów wielomateriałowych oraz stanowiska do pomiaru ubytku masy w czasie w atmosferze powietrza. Uważam jednak, że dodatkowo uwzględnić należy systemowe szerokie ujęcie problemów odzysku i recyklingu odpadów z obwodów płyt drukowanych oraz opracowaną i bardzo dobrze opisaną metodykę przygotowania próbek średnich miarodajnych do badań termicznych i mechanicznych. Miarodajność poboru prób w przypadku odpadów, w opinii recenzenta, można traktować jako osobne zagadnienie badawcze. Dotyczy to zwłaszcza odpadów pochodzących ze zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, z uwagi na jego zróżnicowanie i wielomateriałową budowę. Osiągnięte i przedstawione przez Doktoranta wyniki prac stanowią rozwiązanie trudnego problemu badawczego, a opracowane wyniki pracy potwierdziły osiągnięcie założonych celów, potwierdzone publikacjami i sprawozdaniami z badań. Osiągnięte wyniki i realizację założeń pracy uważam za istotnie liczące się w dyscyplinie, stanowiące oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej, zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

W trakcie czytania pracy nasunęło mi się kilka uwag i pytań, na które prosiłabym o odpowiedź, licząc na dyskusję w trakcie publicznej obrony rozprawy:

1. Dlaczego wybierając proces termicznego przekształcania wybrał Pan akurat proces pirolityczny? Czy rozważał Pan inny?
2. Dlaczego przyjął Pan takie właśnie temperatury 450°C i 600°C w procesie pirolizy? Czy nie obawia się Pan dioksyn i furanów powstających w tych temperaturach? Czy nie uważa Pan, że powinno się uwzględnić ich pomiar w procesach odzysku, które Pan prowadził?
3. Czy wg Pana nie powinno się prowadzić jednocześnie procesów odzysku materiałowego i w procesie termicznego przekształcania – w zależności od kształtu systemu odzysku i recyklingu, kosztów albo innych uwarunkowań?

-
4. Trochę brakuje mi w dysertacji pełnego opisu metodyki badawczej pracy, chociaż przewija się ona w całej dysertacji. Proponuję uzupełnić ją w dalszych badaniach, bo to podkreśli wątki badawcze.
 5. Czy brał Pan pod uwagę zaproponowanie takiej technologii w skali technicznej lub półtechnicznej? Czy można przewidzieć również koszty w skali technicznej, czy będą one na tyle znaczne, że nie będzie uzasadniona budowa całej instalacji lub jej elementu, uwzględniając zyski z odzyskanych frakcji surowcowej?
 6. Czy stosował Pan analizy statystyczne do swoich badań, które potwierdzałyby zasadność prowadzonych procesów odzysku?
 7. W dalszych badaniach rozdzieliłabym wnioski od podsumowania, we wnioskach skupiając się głównie na wynikach badań i ich dyskusji.

Moje uwagi i pytania nie umniejszają jednak wartości naukowej przedstawionego opracowania.

Podsumowanie

Rozprawa Pana mgr Dariusza Lewandowskiego pt. „Określenie stopnia odzysku miedziowców z odpadu płyt obwodów drukowanych metodą mechaniczną i termiczną” przygotowanej pod kierunkiem naukowym promotora Pani prof. dr hab. inż. Jolanty Biegańskiej i promotora pomocniczego Pana dr inż. Waldemara Ścierskiego jest przykładem rzetelnie i umiejętnie napisanej pracy naukowej osadzonej w literaturze przedmiotu, z właściwie dobranymi metodami badawczymi, wartościową częścią empiryczną, prezentującą wyniki samodzielnie zrealizowanego procesu badawczego, oraz opracowaniem dojrzałych wniosków i konkluzji z bardzo dużym wątkiem technologicznym. Dysertacja spełnia wszelkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim, wnosi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i jest interesującym studium badawczym.

Niniejszym wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Śląskiej w Gliwicach o dopuszczenie Doktoranta do kolejnych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Z uwagi na wysoką wartość naukową i jednocześnie mocno technologiczny kierunek pracy, oryginalność, samodzielność Doktoranta oraz obszerność przeprowadzonych badań proponuję Radzie Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Śląskiej w Gliwicach wyróżnienie przedstawionej pracy doktorskiej pana mgr Dariusza Lewandowskiego.

Agnieszka Gencowicz