Szczecin 26 czerwca, 2023

prof. dr hab. inż. Artur Bartkowiak
Centrum Bioimmobilizacji i Innowacyjnych Materiałów Opakowaniowych
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Ocena pracy doktorskiej p. mgr inż. Anny Jolanty Rygały
p.t.: **„Biofilmy w instalacjach wodnych i strategie antybiofilmowe z zastosowaniem polimerów krzemoorganicznych"**

wykonanej na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
Politechniki Łódzkiej
pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Doroty Kręgiel, Politechnika Łódzka
oraz prof. dr hab. inż. Anny Kowalewskiej, Centrum Badań Molekularnych
i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk, Łódź

Podstawą opracowania oceny jest:

- pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochronny Środowiska prof. dr hab. inż. Grzegorza Wielgosińskiego z dnia 27 kwietnia 2023 roku, który na wniosek Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łodzkiej w dyscyplinie nauki chemiczne, inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia zwrócił się do mnie o dokonanie recenzji ww. pracy doktorskiej;
- praca doktorska mgr inż. Anny Jolanty Rygały w formie obszernego komentarza do cyklu publikacji stanowiących rozprawę doktorską (promotorami pracy były: Prof. dr hab. inż. Dorota Kręgiel z Katedry Biotechnologii Środowiskowej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka oraz Prof. dr hab. inż. Anna Kowalewska z Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych w Lodzi Polskiej Akademii Nauk.

Zapewnienie odpowiedniej jakości wody szczególnie pitnej to wyzwanie o charakterze interdyscyplinarnym, gdzie bierze się pod uwagę uwarunkowania środowiskowe, technologiczne i eksploatacyjne. Niepożądane mikroorganizmy przenoszone w systemach dystrybucji wody mogą powodować zagrożenia epidemiczne, gdzie patogeny dostają się do wody w różny sposób, albo bezpośrednio – wraz z wodą surową/uzdatnioną lub pośrednio - przez wtargnięcie do systemu wskutek np. uszkodzenia rury. Mikroorganizmy w środowisku wody pitnej mogą występować głównie w formie komórek planktonowych oraz błon biologicznych tzw. biofilmów porastających powierzchnie kontaktujące się z wodą.

Typowe badania mikrobiologiczne wody wykrywają tylko niewielką część populacji drobnoustrojów bytujących w wodzie najczęściej ze względu na ich zasadniczą obecność w tworzących się i stabilnie przylegających do powierzchni biofilmów, których obecność powoduje nie tylko nieodwracalne zmiany strukturalne w materiale instalacyjnym ale co bardziej istotne obniżenie jakości wody w tym zwiększone ryzyko zdrowotne dla indywidualnych i zbiorowych odbiorców. Dlatego zarządzanie bezpieczeństwem wody

powinno uwzględniać nie tylko obecność wolnych mikroorganizmów ale także rzeczywistą ocenę ryzyka występowania i strategie przeciwdziałania tworzeniu biofilmów.

O znaczeniu gospodarczym podjętego problemu badawczego może świadczyć fakt szacowanych strat w roku 2019 występowanie biofilmów w wielu aspektach życia gospodarczego i społecznego przekraczających kwotę 5 bilionów $ rocznie. W tym aspekcie nie chodzi tylko o efektywną kontrolę, ale także należy opracowywać i wykorzystywać innowacyjne materiały instalacyjne odporne na adhezję i korozję, gdzie globalna wartość tego rodzaju produktów i usług szacowana jest na 7,1 mld $ rocznie.

Celem pracy doktorskiej po pierwsze o charakterze stricte poznawczym była ocena stanu mikrobiologicznego wody pitnej na różnych etapach technologicznych, izolacja i identyfikacja bakterii stanowiących dominujące zanieczyszczenie wody oraz ocena zdolności adhezyjnych wyodrębnionych izolatów. Po drugie celem aplikacyjnym o charakterze procesowym było weryfikacja i ocena działania antydrobnoustrojowych i antybiofilmowych innowacyjnych polimerów krzemoorganicznych o różnej budowie i rozpuszczalności w wodzie, funkcjonalizowanych za pomocą N-acetylocysteiny, acetylowanego wariantu aminokwasu L-cysteiny, która jest powszechnie stosowanym lekiem mukolitycznym, związanej kowalencyjnie z matrycą polimeru. W związku z powyższym uważam wybór tematu rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Jolanty Rygały jako celowy i trafny z punkt widzenia oryginalności, walorów poznawczych oraz istotny ze względów zarówno społecznych jak i gospodarczych

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska to spójny tematycznie zbiór 5 publikacji jakie ukazały się w latach 2006-2020 jakim nadano wspólny tytuł „Biofilmy w instalacjach wodnych i strategie antybiofilmowe z zastosowaniem polimerów krzemoorganicznych". Publikacje te stanowią podstawą do ubiegania się o tytuł doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynierii chemicznej. Łączny współczynnik IF ocenianych 3 z 5 publikacji wynosi IF = 11,376 dla roku publikacji, IF_{2021} = 15,559 oraz punktacji obliczonej wg aktualnego Komunikatu Ministerstwa Edukacji i Nauki z dnia 1 grudnia 2021 r. wynoszącej 350 punktów. W dwóch publikacjach doktorantka jest pierwszym autorem a jej szacunkowy udział we wskazanych publikacjach na podstawie indywidualnych oświadczeń autorów można określić w zakresie od 35-80%.

Na początku rozprawy doktorskiej w formie komentarza na stronach 10-23 został zaprezentowany życiorys i bardzo bogaty dorobek zawodowy i naukowy w tym publikacyjny doktorantki. Na uwagę zasługuję fakt, że doktorantka jest autorem 12 publikacji w czasopismach z IF i 26 prac w pozostałych czasopismach jakie ukazały się w latach 2002-2023, gdzie zasadnicza liczba publikacji została opublikowana w ostatnich 10 latach.

Bardzo imponujące są już obecne dane bibliometryczne doktorantki o sumarycznym IF na rok 2021 wynoszącym 44,426 i sumarycznej liczba punktów MEiN = 1460 pkt., gdzie indeks H (wg Scopus i Web of Science) wynosi 6 a liczba cytowań wg Web of Science wynosi 148 (bez autocytowań 137). Liczba cytowań wg Scopus = 162 (bez autocytowań 150). Ten dorobek świadczy o tym, że mgr inż. Anna Jolanta Rygała jest już obecnie doświadczonym naukowcem o rozpoznawalnej w obszarze badan jakościowych wody pozycji naukowej.

Zaprezentowane publikacje poprzedzone są zwięzłym 30-stronicowym omówieniem genezy i celu pracy z szczegółowym omówieniem stanu wiedzy i techniki w obszarze tematu pracy na podstawie aktualnego przeglądu piśmiennictwa (łącznie 159 pozycji). Wszystkie 5 umieszczonych w tekście prac jest poprzedzonych syntetycznym omówieniem przedstawionych do oceny osiągnięć badawczych. Do każdej publikacji są dołączone oświadczenia współautorów o formie i zakresie ich udziału w każdej z prac.

Osobiście bardzo podoba mi się zaprezentowany opis genezy pracy wraz z umiejętnym przyporządkowaniem i omówieniem wszystkich istotnych informacji, terminów i definicji związanych z interdyscyplinarnym przedmiotem pracy opierając się na właściwym doborze odnośników literaturowych.

Publikacje wchodzące w zakres ocenianej pracy doktorskiej.

1. Kręgiel Dorota, **Rygała Anna**. 2006. Aeromonas and Pseudomonas as indicators of bacterial colonization in water distribution systems. Ochrona przed Korozją, 9s/A/, 197-200, (MEiN = 40) (udział doktorantki 60% / 2 autorów).
2. **Rygała Anna**, Kręgiel Dorota. 2019. Woda jako element programu HACCP. W: Bezpieczeństwo wody. Problemy i wyzwania. Michalski R. (red.) Elamed Media Group, Katowice, 49-56 (udział doktorantki 80% / 2 autorów).).
3. **Rygała Anna**, Berłowska Joanna, Kręgiel Dorota. 2020. Heterotrophic plate count for bottled water safety management. Processes, 8, 6, 739, doi: 10.3390/pr8060739, (IF2020 = 2,847; IF2021 = 3,352; MEiN = 70) (udział doktorantki 60% / 3 autorów).).
4. Nowacka Maria, **Rygała Anna**, Kręgiel Dorota, Kowalewska Anna. 2018. Poly(silsesquioxanes) and poly(siloxanes) grafted with N-acetylcysteine for eradicating mature bacterial biofilms in water environment. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 172, 627–634, doi: 10.1016/j.colsurfb.2018.09.017, (IF2018 = 3,973; IF2021 = 5,999; MEiN = 100) (udział doktorantki 35% / 4 autorów).
5. Kręgiel Dorota, **Rygała Anna**, Kolesińska Beata, Nowacka Maria, Herc Agata Sabrina, Kowalewska Anna. 2019. Antimicrobial and antibiofilm N-acetyl-L-cysteine grafted siloxane polymers with potential for use in water systems. International Journal of Molecular Sciences, 20, 8, 2011, doi: 10.3390/ijms20082011, (IF2019 = 4,556; IF2021 = 6,208; MEiN = 140) (udział doktorantki 40% / 6 autorów).

We wszystkich publikacjach wchodzące w zakres ocenianej pracy doktorskiej udział doktorantki został wskazany na poziomie 35-80%, gdzie w pracach o największym znaczeniu poznawczym udział doktorantki był na poziomie 35-40%.

Co do dobru prac stanowiących zasadniczą część rozprawy doktorskiej nie mam zasadniczych uwag. Jedyny mój komentarz odnosi się do zaproponowanej kolejności, gdzie uważam, że pomimo braku chronologii czasowej jako wstęp i przedstawienie ogólnego problemu oraz wyzwania badawczego byłoby według mojej opinii zasadne rozważenie zamiany kolejności w zestawieniu publikacji 1 i 2 i rozpoczęcie prezentowanego cyklu od publikacji o charakterze ogólnym opisowym.

W pierwszej publikacji zostały omówione problemy analityczne i eksploatacyjne związane z obecnością w systemach dystrybucji wody pitnej bakterii heterotroficznych. W pracy wykazano, że badana woda spełniała wymagania sanitarne, lecz poziom bakterii heterotroficznych (HPC) ulegał sezonowym zmianom – w miesiącach letnich wskaźnik ten był nawet 4-krotnie wyższy, gdzie wykazano jako główny powód tych różnic wpływ podwyższonej temperatury na wzrost proliferacji HPC w systemach dystrybucji wody pitnej. Potwierdzono występowanie dotychczas nie badanych w tego rodzaju systemach wodnych bakterii potencjalnie chorobotwórczych o wysokich zdolnościach adhezyjnych z rodzajów *Aeromonas* i *Pseudomonas*, gdzie ich poziom zależał od temperatury wody, z przewagą *Aeromonas sp.* w miesiącach letnich. Jest to jedno z pierwszych w Polsce doniesień naukowych identyfikujących taki problem. W oparciu o wyniki badań stwierdzono, że obowiązujące wskaźniki sanitarne dla wody do picia nie pozwalają na pełną ocenę jakości mikrobiologicznej wody w sieci dystrybucji oraz szacowanie ryzyka związanego z obecnością biofilmów. W pracy

podkreślono, że monitorowanie liczby bakterii HPC oraz ich szczegółowa identyfikacja umożliwiłyby przeprowadzenie pełniejszej analizy ryzyka zanieczyszczenia wody występującej w systemach dystrybucji.

W pracy 2 poświęconej zarządzaniu bezpieczeństwem wody doktoranta omówiła krytycznie problemy i wyzwania związaną z analizą ryzyka mikrobiologicznego w procesie produkcji wody pitnej. W rozdziale opisano znaczenie jakości wody jako istotnego elementu Programu Analizy Ryzyka i Krytycznych Punktów Kontroli (HACCP), koncentrując się na omówieniu wskaźników mikrobiologicznych istotnych dla bezpieczeństwa zdrowotnego oraz parametrów fizykochemicznych warunkujących prawidłowe cechy organoleptyczne wody do picia w oparciu o aktualne wymagania prawne. W pracy autorka zwróciła uwagę na znaczenie wskaźnika HPC dot. poziomu bakterii heterotroficznych, który może być wykorzystany do monitorowania skuteczności procesów uzdatniania i dezynfekcji oraz oceny eksploatacji poszczególnych elementów systemów dystrybucji wody w tym kontroli tworzenia biofilmów. Przedstawiona problematyka wniosła istotny wkład w poszerzenie wiedzy dotyczącej uregulowań prawnych w kontekście obowiązujących na dany czas przepisów UE i krajowych oraz jakości mikrobiologicznej w całym systemie dystrybucji wody, łącznie z etapami jej uzdatniania. Szczególna uwaga została poświęcona uwarunkowaniom technologicznym sprzyjającym tworzeniu biofilmów przez bakterie heterotroficzne co jest przedmiotem kolejnych zamieszczonych w rozprawie prac doktorantki. Publikacja ta w mojej opinii jest ciekawą odpowiedzią na realne zapotrzebowanie uporządkowania dotychczasowej wiedzy w świetle nowych informacji w tym temacie, gdzie praca jest adresowana do szerokiego grona osób reprezentujących świat nauki, przemysł oraz laboratoriów kontroli jakości wody.

Celem trzeciej pracy była identyfikacja krytycznych punktów w procesie produkcji butelkowanej wody pitnej w oparciu o badania próbek wody pobranych z sześciu różnych etapów technologicznych, począwszy od wody surowej, wody po usunięciu żelaza i manganu, po mikrofiltracji i dezynfekcji UV, wody ze zbiornika magazynowego, wody przed napełnieniem (butelkowaniem) i produktu końcowego. Dokonano jednocześnie izolacji i pełnej identyfikacji bakterii heterotroficznych (HPC) występujących w sieci zakładu. Monitoring mikrobiologiczny prowadzono stosując różne metody analityczne począwszy od konwencjonalnych (płytkowa, mikroskopia oraz analiza biochemiczna) oraz niekonwencjonalne (luminometria). Identyfikację izolatów bakteryjnych przeprowadzono metodami opartymi na testach biochemicznych oraz na analizie molekularnej z wykorzystaniem rybosomalnego RNA. Badania wykazały, że izolaty bakteryjne należały do ośmiu rodzajów: *Acinetobacter, Agrobacterium, Aeromonas, Brevundimonas, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Pantoea* i *Rhizobium*. Doktorantka potwierdziła, że szczepy należące do gatunków *Aeromonas hydrophila* i *Citrobacter freundii* wykazywały najlepsze właściwości adhezyjne. Jednakże czuję pewien niedosyt wynikający z braku próby opisu jakie wspólne i lub indywidualne specyficzne cechy morfologiczne i/lub biochemiczne tych dwóch szczepów decydują o ich zdecydowanie większych zdolnościach adhezyjnych i docelowo tworzenia stabilnych biofilmów. Jako miejsca najbardziej narażone na powstawanie biofilmów i/lub osadów wskazano miejsca o słabym przepływem wody takie jak stacje filtracji wody i dezynfekcji za pomocą UV oraz zbiornik retencyjny natomiast sam procesu filtracji może odpowiadać za proces wtórnego zanieczyszczenia. Zastosowanie ditlenku węgla podczas procesu butelkowania znacznie obniżyło ryzyko rozwoju bakterii tlenowych w gotowym produkcie. Wyizolowane szczepy bakteryjne o najlepszych właściwościach adhezyjnych zostały wykorzystane w dalszych badaniach opisanych w pracach 4-5.

Praca nr 4 dotyczy syntezy i otrzymywania polimerów krzemoorganicznych o aktywności antybakteryjnej i antybiofilmowej na bazie fotoinicjowanej addycji eno-tiolowej N-acetylocysteiny NAC do odpowiednich prekursorów polimerowych zawierających podstawniki winylowe poli(winylosilseskwioksany) oraz poli(metylowinylosiloksany).
W badaniach oceny aktywności przeciwbakteryjnej NAC i jej polimerowych pochodnych krzemoorganicznych wykorzystano 3 szczepy referencyjne i oceniono wpływ łańcucha polimeru (liniowy vs rozgałęziony) o różnej rozpuszczalności w wodzie na wzrost bakterii. Dla wszystkich testowanych układów uzyskane bardzo zbliżone wartości stężenia MIC, ang. Minimal Inhibitory Concentration), które wynosiły 0,25% w/v. Aktywność NAC była znacząco większa w porównaniu do działania zastosowanych polimerów z NAC. Zahamowanie wzrostu testowanych szczepów w obecności polimerów było zróżnicowane i zależne nie tylko od rodzaju bakterii, ale także od rozpuszczalności tych związków w wodzie. Traktowanie dojrzałych biofilmów bakteryjnych zawiesinami otrzymanych polimerów o stężeniu 1% w/v skutkowało znaczną redukcją liczby żywych komórek bakterii w matrycy biofilmu dzięki tworzeniu wiązań z polimerem, pomimo braku aktywnych grup tiolowych w strukturze testowanych polimerów. Wykazano, że polimery hybrydowe o niższej rozpuszczalności w wodzie, wykazywały dobre działanie na biofilmy szczególnie tworzone przez bakterie *S. aureus.*
Opracowane antybakteryjne polimery o dobrych właściwościach do eliminacji biofilmów tworzonych przez szczepy referencyjne stanowiły materiał do rozszerzonych badań w ramach pracy 5 na 6 izolatach środowiskowych, pozyskanych z funkcjonujących systemów wodnych. Oceniono wpływ NAC oraz jej polimerów na wzrost bakterii i tworzenie biofilmów w środowisku o różnym stężeniu związków organicznych. Metodą chromatografii cieczowej HPLC potwierdzono, że sama NAC może stanowić źródło C i N dla niektórych izolatów bakterii, zwłaszcza w środowisku o niewielkim poziomie związków organicznych. Zatem założono, że funkcjonalizacja polimerów za pomocą NAC może przyczynić się do zmniejszenia dostępności NAC jako związku asymilowanego przez bakterie.
Oceniono, że polimery z NAC charakteryzowały się większą hydrofilowością niż kontrolna powierzchnia szklana. Swobodna energia powierzchniowa NAC-Si-1 i NAC-Si-2 jest wyższa niż wartość oznaczona dla wyjściowego szkła. Wykazano, że liniowy polimer NAC-Si-2 lepiej „wychwytuje" komórki bakteryjne, co w praktyce może utrudniać rozwój biofilmu na takiej matrycy. Dla tego polimeru odnotowano znaczącą 10-krotną redukcję tworzenia biofilmu w pożywce minimalnej (zawierającej C 0,08 g/l i N 0,02 g/l).
Nowe hybrydowe polimery krzemoorganiczne z NAC wykazały mniejszą aktywność przeciwbakteryjną w odróżnieniu do samej NAC. Wykazano jednak ich dobre działanie w niszczeniu dojrzałych biofilmów bakteryjnych. Sposób otrzymywania modyfikowanych polimerów krzemoorganicznych oraz ich wykorzystanie zostały opatentowane (Patent RP 235567).
W pracy brak informacji dot. nie tylko ekotoksyczności otrzymanych i zastosowanych związków ale ich potencjalnej toksyczności dla ludzi co jest bardzo istotne np. kiedy przedostałyby się one bezpośrednio do wody pitnej. Występuje tylko krótka wzmianka w samym abstrakcie publikacji nr 4, że rozpuszczalna w wodzie N-acetylowa pochodna L-cysteiny (NAC) jest nietoksycznym związkiem o właściwościach mukolitycznych i bakteriostatycznych. Czy takie badania toksykologiczne były wykonywane dla otrzymanych i badanych w pracy pochodnych krzemoorganicznych z NAC a jeżeli tak ta jakie były ich wyniki? Czy tego rodzaju związki wielkocząsteczkowe w postaci hybrydowych polimerów krzemoorganicznych z NAC lub innymi aktywnymi pochodnymi oraz inne wielkocząsteczkowe

związki organiczne są obecnie już wykorzystywane w procesach przemysłowego zwalczania biofilmów, a jeżeli tak to jak wygląda taki proces? Czy są jakieś ewentualne ograniczenia w zastosowaniu takich związków w procesach oczyszczania instalacji poboru i zasilania wody pitnej?
W pracy poza klasycznymi metodami analityki mikrobiologicznej wykorzystano także inne zawansowane metody analityki molekularnej w tym chromatografię cieczową z detekcją masową. Doktorantka zajmowała się w pracy głownie analizą mikrobiologiczną natomiast badania takie jak obserwacje SEM, analiza HPLC biorozkładu oraz synteza zastosowanych związków zostały przeprowadzone przez innych współautorów co ma swoje odzwierciedlenie w potwierdzonych udziałach w przedstawionych oświadczeniach.
Podsumowując, należy stwierdzić, że recenzowana rozprawa doktorska posiada wysoką wartość poznawczą dotyczącą występowania zagrożeń mikrobiologicznych w tym powstawanie biofilmów w instalacjach uzdatniania wody. Jakość wykonanych przez mgr inż. Annę Jolantę Rygałę badań oraz sposób ich opisu oceniam pozytywnie. W trakcie lektury części doświadczalnej oraz opisu wyników przeprowadzonych nasunęły mi się pytania jakie zostały przytoczone podczas omawiania poszczególnych publikacji, Dlatego proszę, aby Doktorantka się do nich ustosunkowała podczas obrony.
Pracę zamyka 8 syntetycznych wniosków końcowych oraz zawierający 157 pozycji spis cytowanej literatury. Wnioski są zaprezentowane i sformułowane prawidłowo, adekwatnie do zakresu badań i otrzymanych wyników ze wskazaniem wszystkich najważniejszych obserwacji wynikających z poszczególnych badań jakie zostały wykonane w pracy a wyniki wraz z ich dość obszernym omówieniem zostały przytoczone w poszczególnych publikacjach. Szkoda, że w podsumowaniu autorka nie pokusił się o dyskusję nad realnością techniczną i ekonomiczną zaproponowanej metody zastosowania polimerów krzemoorganicznych z wykorzystaniem N-acylocysteiny i ew. porównania tej metody do innych obecnie stosowanych w tym rozwiązań komercyjnych.

Wszystkie przytoczone powyżej uwagi wynikają z moich jako recenzenta wątpliwości oraz pytań do dyskusji w trakcie obrony pracy. Jednakże w tym miejscu chciałem podkreślić moją opinię na temat wysokiego poziomu poznawczego i merytorycznego pracy doktorskiej mgr inż. Jolanty Rygały.

Od strony graficznej zarówno przedstawione do oceny publikacje jak i sam obszerny komentarz są wykonana staranie, z czytelnymi opisami, tabelami, rysunkami oraz ciekawymi zdjęciami. Na uwagę zasługuje fakt udziału na przestrzeni kilkunastu lat mgr inż. Anny Jolanty Rygały jako wykonawcy w 10 projektach i pracach naukowo-badawczych z czego 6 dotyczyło badań związanych z tematyką określenia jakości mikrobiologiczne i/lub poszukiwania metod przeciwdziałania rozwoju mikroflory bakteryjnej w miejscach poboru, uzdatniania i produkcji wody pitnej.
Otrzymane wyniki stymulują do dalszych badań związanych z poszukiwaniem alternatywnych układów i procesów modyfikacji bioaktywnych oligomerów i polimerów oraz metod ich stosowania w instalacjach pozyskiwania wody pitnej. Docelowo takie badania mogą pozwolić na lepsze zrozumienie zależności pomiędzy rodzajem zastosowanej substancji, ich budową chemiczną i makromolekularną oraz ostatecznymi wynikami efektywności zwalczania biofilmu. Przedstawiona do oceny praca ma charakter multidyscyplinarny wpisując się bardzo dobrze w zakres dyscypliny naukowej Inżynieria Chemiczna w obszarze poznawczym dot. przyczyn mikrobiologicznych rodzajowych i ilościowych procesów powstawania biofilmów w instalacjach uzdatniania wody oraz poszukiwania nowych rozwiązań w oparciu

o biokatywne związki polimeryczne jakie przyczynią się do opracowania bardziej efektywnych metod zwalczania powstających i/lub już istniejących biofilmów.

Po zapoznaniu się z przedstawioną do oceny pracą doktorską mgr inż. Anny Jolanty Rygały stwierdzam, że spełnia ona wszelkie wymogi formalne stawiane tego typu opracowaniom zgodnie z art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14.03.2003 (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zm.) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. W związku z powyższym wnoszę do Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinie nauki chemiczne, inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Jolanty Rygały do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

DYREKTOR
Centrum Bioimmobilizacji i Innowacyjnych Materiałów Opakowaniowych

Prof. dr hab. inż. Artur Bartkowiak