

Dr hab. inż. Mariola Rajca, prof. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Inżynierii Wody i Ścieków
ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice
tel.: 32 237 29 81, email: mariola.rajca@polsl.pl

Gliwice, 28.05.2021 r.

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Bernadetty Kaźmierczak
pt. „Zatężanie roztworów chromu(III) w procesie nanofiltracji metodą
diafiltracji”

(Promotor: Dr hab. inż. Paweł Religa, prof. UTH)

Podstawa opracowania recenzji:

Pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Warszawskiej prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego Nr RND-IŚGiE-14/2021 z dnia 30 marca 2021 r. zlecające wykonanie recenzji w oparciu o Uchwałę nr 121/2019 Rady Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej z dnia 26 września 2019 roku oraz dostarczony egzemplarz rozprawy doktorskiej mgr inż. Bernadetty Kaźmierczak pt.: „Zatężanie roztworów chromu(III) w procesie nanofiltracji metodą diafiltracji”.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska wydana została w formie zwięzłego opracowania. Obejmuje 173 strony, rozpoczyna się od podziękowania, następnie zawiera spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz wstęp, a dalej podzielona jest na 11 rozdziałów, z których większość zawiera podrozdziały.

Streszczenie/Abstract jest dwustronicowym opracowaniem i zawiera merytoryczny skrót z przeprowadzonych badań i osiągniętych wyników oraz wyciągniętych wniosków. Całość kończą słowa kluczowe.

We wstępie Autorka krótko opisała i oceniła problem naukowy i zaproponowała jego rozwiązanie stawiając tezę pracy oraz określiła główny cel badań.

W rozdziałach 1-4 Autorka omawia stan wiedzy i definiuje pojęcia w zakresie merytorycznym rozprawy.

Pierwszy rozdział poświęcony jest szczegółowej charakterystyce chromu, jego właściwościom, zasobom oraz znaczeniu dla gospodarki. Autorka wyjaśnia pojęcia „surowce krytyczne” oraz „wskaźnik zastępowalności” i identyfikuje chrom jako jeden z 20 surowców krytycznych. Rozdział kończy sentencja, że wzrost gospodarczy doprowadzi do wzrostu wykorzystania surowców naturalnych, w tym surowców krytycznych i aby temu zapobiec trzeba przyjąć strategię gospodarki o obiegu zamkniętym, w której kładzie się nacisk na odzysk surowców ze strumieni odpadowych i ich ponownym wykorzystaniu. Jest to istotne i uzasadnia to słuszność przeprowadzonych badań w dalszej części pracy.

W drugim rozdziale wyjaśnione zostały zasady Gospodarki Obiegu Zamkniętego (GOZ), Czystej Produkcji (CP) i Najlepszych Dostępnych Technik (BAT), które opierają się na dążeniu do odzysku surowców w celu ochrony środowiska naturalnego.

Trzeci rozdział składa się z dwóch głównych podrozdziałów i czterech podrozdziałów podrzędnych. Stanowi on szczegółowy opis technologii wyprawy skór zwierzęcych, Autorka wskazuje na skalę produkcji skór w Polsce i na świecie i związaną z nią ilość zużycia substancji chemicznych, w tym garbników chromowych oraz wody. Podrozdział 3.2. dotyczy charakterystyki ścieków garbarskich, jako źródła szkodliwych substancji dla środowiska.

W tym podrozdziale Autorka dokonała przeglądu literaturowego dotyczącego praktycznego zastosowania recyrkulacji pośredniej jako powszechnej metody oczyszczania ścieków garbarskich i wskazała w nim na wady i zalety tego procesu.

W rozdziale czwartym, jego trzech głównych i podrzędnych podrozdziałach Doktorantka przedstawiła obszerny opis ciśnieniowych procesów membranowych, ze szczególnym naciskiem na szczegółową charakterystykę procesu nanofiltracji. Przegląd literaturowy dotyczący zastosowania procesu nanofiltracji do oczyszczania ścieków garbarskich pozwolił Autorce na zaproponowanie hipotezy pracy w rozdziale 5. oraz celu i zakresu pracy w rozdziale 6.

Rozdział siódmy podzielony jest na 7 głównych podrozdziałów i 14 podrzędnych podrozdziałów, które przedstawiają szczegółowy opis stanowiska badawczego. Autorka scharakteryzowała laboratoryjną instalację badawczą, którą wykorzystwała do przeprowadzenia wszystkich eksperymentów, podała skład roztworu modelowego oraz rzeczywistego, przy czym nie podała źródła pochodzenia ścieków rzeczywistych. W rozdziale 7.3. Doktorantka scharakteryzowała membranę nanofiltracyjną zastosowaną w badaniach (DL, GE Osmonics), zaś w kolejnych podrozdziałach przedstawiła metodykę prowadzenia procesu nanofiltracji. Doktorantka w pierwszej kolejności zbadała wpływ różnych parametrów na efektywność separacji chromu(III) z roztworów modelowych, takich jak: wpływ zateżnienia wstępnego oraz wpływ objętości wprowadzanego rozpuszczalnika na stopień zateżnienia chromu w retencji. Przeanalizowała również takie parametry jak: stopień zateżnienia i retencji chromu, stopień odmycia soli, bilans wody oraz współczynnik redukcji objętości nadawy. Efektywność nanofiltracji Autorka badała dla różnych sposobów prowadzenia diafiltracji, takich jak: 1) ze stałą objętością dozowania rozpuszczalnika, 2) ze zmienną objętością dozowania rozpuszczalnika, 3) ze „skokową” objętością dozowania rozpuszczalnika. Przeprowadzona szczegółowa analiza dla roztworu modelowego pozwoliła Autorce wybrać najkorzystniejsze rozwiązanie zateżnienia chromu(III) w rzeczywistych ściekach garbarskich. Ponadto, Doktorantka w podrozdziale 7.4.7. opisała procedurę mycia membrany, a w kolejnych podrozdziałach omówiła metody analizowania zmian powierzchniowych membrany, takie jak: skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM/EDS) oraz fluorescencyjna spektroskopia rentgenowska (XRF). W ostatnim podrozdziale 7.6. Doktorantka omówiła metody analityczne oznaczania jonów chlorkowych (metoda Mohra), oznaczania chromu(III) (metoda spektrofotometryczna), pomiar przewodności właściwej oraz pH. W podrozdziale 7.7. Autorka przedstawiła wzory potrzebne do określenia efektywności różnych wariantów procesu nanofiltracji z diafiltracją.

W kluczowym rozdziale ósmym zatytułowanym „Wyniki i dyskusja” Doktorantka przedstawiła i przedyskutowała uzyskane wyniki badań. W przedstawionych wynikach można wyodrębnić trzy etapy badań, które się wzajemnie uzupełniają, ponieważ rezultaty pierwszego pozwalają udoskonalić drugi etap, a rezultaty drugiego prowadzą do wyciągnięcia najlepszych rozwiązań w etapie trzecim. Działania Doktorantki są tutaj celowe, zaczynając badania od zateżnienia chromu(III) w jednostkowym procesie nanofiltracji, ponieważ pokazały mechanizmy oddziaływania pomiędzy składnikami jonowymi w roztworze i również membraną. Na tym etapie badań Autorka stwierdziła, że głównym powodem niskiego zateżnienia chromu(III) jest wysokie stężenie soli w roztworze, które prowadzi do polaryzacji stężeniowej. Autorka stwierdziła, że rozwiązaniem jest połączenie nanofiltracji z diafiltracją, polegające na wprowadzeniu do oczyszczanych ścieków rozpuszczalnika. Przeprowadziła kompleksowe badania dla roztworu modelowego analizując różne zależności i warianty procesowe i doszła do wniosku, że najkorzystniejszym wariantem jest prowadzenie procesu nanofiltracji metodą diafiltracji CVD, a więc ze stałą objętością dozowania rozpuszczalnika do roztworu. Cenne jest to, że w końcowym, trzecim etapie badań Doktorantka

zweryfikowała najlepszy wariant proponowanego rozwiązania na rzeczywistych ściekach garbarskich, uzyskując pomyślne rezultaty i osiągnięcie celu pracy.

Część doświadczalną pracy kończy rozdział dziewiąty – Wnioski. Doktorantka wyprowadziła na podstawie uzyskanych wyników badań kilka kluczowych wniosków, świadczących o krytycznym podejściu do badań i dojrzałości naukowej. Wnioski te są w pełni uzasadnione.

Kolejny rozdział dziesiąty to Literatura, zawiera 234 pozycje literaturowe, w tym 1 pozycja współautorska. Większość zacytowanych prac została opublikowana w ostatnim dziesięcioleciu.

Ostatni rozdział pracy jedenasty stanowi Dorobek naukowy Doktorantki.

2. Szczegółowa ocena pracy

2.1. Uzasadnienie podjętej tematyki

Problematyka niebezpiecznych substancji chemicznych w ściekach przemysłowych, w tym chromu jest aktualna i istotna ze względu na uciążliwość w ich oczyszczaniu i niebezpieczeństwo w aspekcie środowiskowym. W niniejszej pracy uwagę skupiono na ściekach pochodzących z przemysłu garbarskiego, a w szczególności te pochodzące z etapu garbowania, charakteryzujące się wysokim stężeniem chromu i soli. Do skutecznego oczyszczania takich ścieków, zarówno w Polsce, jak i na świecie stosuje się metody strącania (np.: recykulacja pośrednia), ale Autorka słusznie zauważa, że problemem jest wprowadzanie do ścieków dodatkowych substancji chemicznych (np. wodorotlenku sodu, tlenku wapnia czy wodorotlenku wapnia), które powodują wytrącenie osadu, w składzie którego jest chrom, ale niestety też i inne zanieczyszczenia.

Zatem uzasadnione jest, że Doktorantka w poszukiwaniu nowych, lepszych metod oczyszczania ścieków garbarskich, ze szczególnym uwzględnieniem zasad gospodarki o obiegu zamkniętym, na podstawie studium literaturowego proponowała zastosowanie procesu nanofiltracji prowadzonego metodą diafiltracji, jako skutecznej i trafnej metody dla roztworów o silnym zasoleniu i zawierających inne substancje, w tym przypadku chrom. Uzasadnia to postawioną przez Doktorantkę hipotezę pracy, która brzmi:

„Zastosowanie procesu nanofiltracji prowadzonej metodą diafiltracji do regeneracji chromowych, zużytych kąpielach garbarskich umożliwi „wymycie” jonów chlorkowych przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej retencji chromu(III). Pozwoli to, na efektywne zateżnienie chromu(III) i jego recykulację”.

Biorąc powyższe pod uwagę, uważam że temat przedstawionej do recenzji pracy wpisuje się w aktualne trendy badawcze, a podjętą przez Doktorantkę problematykę badawczą należy uznać za w pełni uzasadnioną.

2.2. Ocena merytoryczna rozprawy

Stwierdzam, że Doktorantka wykazała słuszność hipotezy rozprawy, podanej na s. 57. Udało się mianowicie wykazać, że istnieje możliwość istotnej poprawy zateżnienia chromu(III) z możliwością jego recykulacji i ponownego użycia z jednoczesnym efektywnym transportem jonów chlorkowych do permeatu przy zastosowaniu procesu nanofiltracji prowadzonej metodą diafiltracji. Doktorantka zrealizowała główny cel pracy, ponieważ wykonała prace eksperymentalne, pozwalające określić najkorzystniejsze warunki do prowadzenia proponowanego procesu zateżnienia chromu(III) z roztworów modelowych, wykonała szczegółową analizę zależności opisujących ten proces, przygotowała odpowiednie stanowiska laboratoryjne, które posłużyły do wykonania tych badań. Ponadto przeprowadziła szczegółową analizę powierzchni membrany nanofiltracyjnej zastosowanej w badaniach,

co pozwoliło na zrozumienie niekorzystnych zjawisk zachodzących podczas procesu nanofiltracji (polaryzacja stężeniowa, skaling).

Bardzo pozytywnie oceniam podjęcie przez Doktorantkę badań prowadzonych na rzeczywistych ściekach garbarskich, ponieważ skład takich ścieków jest bardziej zróżnicowany w porównaniu ze składem roztworów modelowych, co Doktorantka wykazała w pracy, ale jednocześnie wykazała i uzasadniła różnice w efektywności procesu wynikające z tego faktu. Doktorantka wybrała optymalny układ nanofiltracji z diafiltracją do oczyszczania tych ścieków, który był najkorzystniejszy dla roztworów modelowych. Finalnie cenne jest to, że również dla ścieków rzeczywistych osiągnęła główny cel pracy, a więc znaczną poprawę stopnia retencji chromu i transportu chlorków w kierunku permeatu w porównaniu z samodzielnym procesem nanofiltracji.

Za szczególne osiągnięcie Doktorantki uważam zatem to, że uzyskane wyniki badań pozwoliły jej na wyciągnięcie wniosku końcowego, że otrzymane w zastosowanym układzie nanofiltracji z diafiltracją dwa strumienie, tj. retentat i permeat mogą być ponownie wykorzystane w poszczególnych etapach wyprawy skór.

Pomimo wysokiej wartości naukowej pracy oraz poprawnej redakcji pracy (o czym piszę w dalszej części recenzji), w trakcie lektury rozprawy nasunęły mi się następujące wątpliwości i drobne uwagi krytyczne:

- a) W metodyce badań opisano sposób ustalenia stanu równowagi dla badanej membrany, a czy membrana została też poddana kondycjonowaniu, tj. ustaleniu stałej wydajności membrany nowej dla wody zdemineralizowanej? Ponadto, w metodyce badań na stronach 68-69 podano, że odbiór 10 cm^3 permeatu dokonywano co 15 minut, a na stronie 74 w rozdziale 7.7. podano, że pomiaru dokonywano co 10 minut?
- b) Doktorantka w pracy szczegółowo analizowała dobór warunków prowadzenia diafiltracji z wykorzystaniem jednej nanofiltracyjnej membrany. Czy słusznym byłoby zbadanie też innych membran nanofiltracyjnych (może wykonano takie badania)? Tym bardziej, że na s. 125 w kontekście uzyskanych wyników napisano w zdaniu: „*Dlatego stwierdza się wpływ właściwości membrany na uzyskane wyniki badań dla procesu NF-VVD*”.
- c) W metodyce opisano sposób obliczania współczynnika VRF, czyli redukcji objętości nadawy, czy zatem we wszystkich tabelach w części dotyczącej wyników badań ten parametr powinien mieć w indeksie dolnym symbol Cr^{3+} ? Ponadto na s. 83 wartość tego współczynnika wynosi 2.7 dla wariantu NF-CVD (3), a w ostatnim zdaniu na tejże stronie napisano, że w wariantcie NF-CVD (2)?
- d) W rozdziale 8.7. jasno napisano, że dodawanym rozpuszczalnikiem do ścieków rzeczywistych była woda wodociągowa, ale nie znalazłam takiej informacji w przypadku roztworu modelowego? Czy Autorka brałaby też pod uwagę inny rozpuszczalnik (inna woda niż wodociągowa) kierując się względami ekonomicznymi?
- e) W pracy stosuje się dwa pojęcia „odmycie” i „wymycie” soli, których znaczenie jest odmienne, sprawia to trochę kłopotu podczas czytania pracy, dlatego wygodniejsze byłoby posługiwanie się innym sformułowaniem w przypadku jednego z nich.
- f) Na stronie 126 w zdaniu: „*Duże kationy i aniony zatrzymane są przez membranę*” zastosowano nieprecyzyjne sformułowanie, ponieważ chodzi tu o kationy i aniony o dużych masach cząsteczkowych.
- g) Uważam, że badania dla ścieków rzeczywistych mogły być uzupełnione o analizę powierzchni badanej membrany, tak jak w przypadku roztworu modelowego, ponieważ dałyby Autorce pełniejszy obraz występujących zjawisk na membranie.

- h) W strumieniu retentatu otrzymanym dla ścieków rzeczywistych występują oprócz chromu związki organiczne (ChZT na poziomie ok. 3000 mg/dm^3), czy te związki nie będą przeszkadzały w ponownym użyciu tego strumienia w technologii wyprawy skór?

2.3. Poprawność językowa i redakcyjna rozprawy

Rozprawa napisana jest poprawnym językiem technicznym. Doktorantka nie stosuje żargonu, pisze w sposób jasny i zrozumiały, zwłaszcza dla osób, które nie są ekspertami w tematyce pracy.

W rozprawie dopatrzyłam się mało znaczącego błędu interpunkcyjnego (nadmiarowy przecinek), ale w tekście znalazły się liczne nadmiarowe lub niedomiarowe litery/wyrazy:

- s. 42 – pierwsze zdanie:*pomiędzy tradycyjnymi metodami filtracji, a ultrafiltracją* – niepotrzebny przecinek po słowie *filtracji*
nadmiarowe lub niedomiarowe litery/wyrazy:
s. 9 – w dziesiątym wierszu od dołu: *badań proces nanofiltracji..* zamiast *procesu*
s. 37 – rozdział 4., pierwsze zdanie:*procesów membranowych w wciągu ostatnich...* zamiast *w ciągu*
s. 38 – w drugim wierszu:*też m.in. innymi.....* zamiast *bez innymi*
s. 40 – w piątym wierszu: ...*warstwa górna jak i dolana...* zamiast *dolna*
s. 40 – w trzecim wierszu pod rysunkiem: *Metoda wytwarzana membran..* zamiast *wytwarzania*
s. 40 – w drugim wierszu od dołu: ..*nadawa poddawana jest...* zamiast *podawana*
s. 46 – w trzynastym wierszu: ...*znalazły zastawanie..* zamiast *zastosowanie*
s. 53 – w drugim wierszu pod rys.: ..*nie udają się...* zamiast *udaje* oraz w czwartym wierszu od dołu: ...*Badanie przez autorów..* zamiast *Badane*
s. 62 – w drugim wierszu od dołu: ..*pH którym może...* zamiast *w którym*
s. 99 – w szóstym wierszu od dołu: ...*zwiera grupy..* zamiast *zawiera*
s. 115 – trzeci wiersz od dołu: *Można stwierdzić się,...* zamiast *stwierdzić,..* oraz w dziewiątym wierszu od dołu: *składały się etapu..* zamiast *z etapu*.

Praca zredagowana jest poprawnie. Formatowanie tekstu jest prawidłowe. Wszystkie tabele i wzory są czytelne, ale numery wzorów powinny znajdować się w większej odległości od wzorów i w jednakowej odległości dla wszystkich wzorów. Rysunki nie wszystkie są czytelne, np. zdjęcie SEM na rys. 36. Na niektórych rysunkach można było zastosować większą czcionkę, np. na rys. 7-10, rys. 21, na niektórych wykresach punktowych, natomiast wszystkie wykresy słupkowe są czytelne i w wersji kolorowej, co ułatwia śledzenie meritum zmian na wykresach. Poniżej podaję listę uchybień w tekście:

- W pracy brak jest spisu użytych symboli i skrótów, spisu tabel i rysunków. Uważam to za niedopatrzenie.
- s. 38 w zdaniu:....*Prace Loeb i Sourirajan doprowadziły...* powinien znajdować się odnośnik do literatury.
- Pisownia zwyczajowa chromu(III) powinna być łączna a nie oddzielna, tj. chromu (III) (np. na s. 58 w tezie pracy znajduje się różny zapis i w wielu innych przypadkach).
- Uwagę zwraca przedstawianie wartości dziesiętnych w tabelach i w tekście, tj. zastosowano kropki, ale wyjątek stanowi tabela 10, w której zastosowano przecinki, w tekstach polskich zazwyczaj stosowane są przecinki.
- W tekście i w tabelach występuje niekonsekwencja w podaniu jednostek, tj. w tekście są g/dm^3 , a w tabelach g/L lub dm^3 i L .

- s. 62 – w tabeli 9 zastosowano jednostkę FNU dla mętności, należało pod tabelą wyjaśnić ten symbol, ponieważ nie dla wszystkich jest to jasne. Ponadto, jednostki w tej tabeli są niespójne z jednostkami w tabeli 26 na s. 133, chociaż dotyczą tego samego ścieku.
- Na stronach 68-69 zastosowano przywołania w tekście do rozdziału VII.4.7. zamiast 7.4.7.
- s. 74 – w rozdziale 7.7. czas odbioru permeatu oznaczono małą literką t, zaś na wszystkich wykresach w rozdziale 8. Ten sam parametr oznaczono dużą literą T.
- s. 93 – brak przywołania rys. 36-39 w tekście przed zdjęciami.
- s. 113 – w tekście przywołany jest rys. 50, a powinien być rys. 52.
- s. 116 – w podpisie rysunków 54 i 55 brakuje symbolu c).
- s. 120 – czwarty wiersz od dołu: powinno być NF-IVD zamiast NF-CVD.
- s. 129 – w ostatnim zdaniu jest rys. 60 zamiast rys. 62.
- s. 133 – jednostka ciśnienia powinna być ujednolicona, na s. 133 podano 1.0 MPa, a w metodyce 10 bar.
- s. 135 – w tabeli 27 podano wartość pH 381 zamiast 3,81.
- Forma pozycji literatury jest niekonsekwentna, niektóre zaczynają się od inicjałów imienia a większość od nazwiska. W niektórych pozycjach literaturowych (228-231) nie zastosowano cudzysłowu do tytułów artykułów, aczkolwiek stosowanie znaków cudzysłowu jest niepotrzebne.

2.4. Ocena dorobku publikacyjnego Doktorantki

W dorobku naukowym Doktorantki znajdują się następujące prace:

- a) trzy prace zamieszczone w czasopiśmie *Desalination and Water Treatment* (obecny współczynnik wpływu 0,854, 100 pkt. Na liście MNiSW),
- b) jedna praca zamieszczona w czasopiśmie *Journal of Machine Construction and Maintenance* (indeksowana między innymi w bazie Copernicus),
- c) siedem prac pokonferencyjnych,
- d) pięć komunikatów na konferencjach krajowych i międzynarodowych,
- e) sześć posterów na konferencjach krajowych i międzynarodowych,

Ponadto Doktorantka brała liczny udział w konferencjach naukowych i sympozjach dla młodych naukowców.

Dorobek publikacyjny Doktorantki oceniam pozytywnie. Spełnia on wymagania ustawowe (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r., Art. 186), tj. co najmniej jeden artykuł opublikowany w czasopiśmie naukowym lub recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej, które są ujęte w wykazie MNiSW).

3. Podsumowanie i wnioski końcowe

Recenzowana praca doktorska spełnia w ocenie recenzentki wszelkie wymagania stawiane pracom doktorskim, posiada istotne walory poznawcze w zakresie przedstawionego problemu badawczego oraz stanowi ważny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, co uzasadniono w niniejszej recenzji.

Praca jest napisana językiem naukowym, zrozumiałym dla kręgów czytelników naukowych, cechuje ją zwięzła i przejrzysta konstrukcja, czytelna narracja i jasny przekaz myśli Autorki.

Recenzentka niniejszym stwierdza, że rozprawa doktorska mgr inż. Bernadetty Kaźmierczak pt.: „Zatężanie roztworów chromu(III) w procesie nanofiltracji metodą diafiltracji” spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce* i zgodnie z wymogami Art. 187.1. prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydatki

w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Opiniująca potwierdza, że przedmiotem rozprawy doktorskiej jest nowe rozwiązanie problemu naukowego, a jest nim połączenie procesu nanofiltracji z diafiltracją w układ efektywnego odsolenia ścieków garbarskich z jednoczesnym wysokim stopniem zateżenia chromu(III), co pozwala spełnić zasady gospodarki o obiegu zamkniętym, wykorzystując otrzymane w tym układzie strumienie, tj. retentat i permeat do ponownego zastosowania w technologii wyprawy skór. Ten pierwszy (retentat) do ponownego garbowania chromowego, a ten drugi (permeat) do ponownego piklowania. Osiągnięty został zatem główny cel pracy w kontekście postawionej hipotezy.

Tym samym recenzentka przedstawiając Radzie Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej niniejszą pozytywną opinię i wobec stwierdzenia o spełnieniu wymagań określonych w Art. 186 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce* wnioskuję niniejszym o dopuszczenie Panią mgr inż. Bernadettę Kaźmierczak do obrony rozprawy doktorskiej.

