

Gliwice, 16.08.2023

Joanna Kyzioł-Komosińska, prof.dr hab.inż.
Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska PAN
Ul. M. Skłodowskiej-Curie 34
41-819 Zabrze
e-mail joanna.komosinska@ipispan.edu.pl

Recenzja
rozprawy doktorskiej Pani mgr Laury Frydel
pt. Synteza i zastosowanie adsorbentów węglowo-haloizytowych do usuwania
pochodnych fenolu z wody

Podstawą opracowania recenzji jest Uchwała Nr 17/2023 z dnia 28 czerwca 2023 roku Rady Naukowej Instytutu Chemii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach w sprawie oceny pracy doktorskiej mgr Laury Frydel *pt. Synteza i zastosowanie adsorbentów węglowo-haloizytowych do usuwania pochodnych fenolu z wody*. Poniższa recenzja została opracowana po zapoznaniu się z otrzymaną rozprawą doktorską.

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Laury Frydel *pt. Synteza i zastosowanie adsorbentów węglowo-haloizytowych do usuwania pochodnych fenolu z wody* została napisana pod kierunkiem naukowym prof. dr hab. Piotra Słomkiewicza. Powstała ona w ramach projektu badawczego „Akcelerator rozwoju Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach”, nr POWR.03.05.00-00-Z212/18 współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr Laury Frydel była ocena możliwości zastosowania kompozytów węglowo-haloizytowych do usuwania triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu z wód.

Badane przez Doktorantkę chlorowe pochodne fenolu (triklosan, chloroksylenol i chlorofen) należą do grupy „emerging contaminants” tj. śladowych zanieczyszczeń organicznych o nieuregulowanym poziomie stężeń bezpiecznych dla organizmów i środowiska, a w związku z rozwojem metod analitycznych coraz częściej wykrywanych w środowisku wodnym na wszystkich kontynentach. Przy czym nie są one objęte rutynowymi programami monitoringu obowiązującymi w Unii, i których zachowanie się i efekty (eko)toksykologiczne nie są dobrze poznane. W Polsce brak jest rozporządzeń, które dotyczyłyby bezpośrednio stężeń pochodnych fenolu w środowisku wodnym, a także bezpiecznego stężenia w produktach konsumenckich. Ważną grupę tych związków stanowią środki higieny osobistej, w tym produkty kosmetyczne, produkty higieniczne, preparaty do higieny jamy ustnej, środki zapachowe, środki powierzchniowo-czynne oraz środki antybakteryjne i antywirusowe. Głównymi źródłami zanieczyszczenia wód tymi związkami są ścieki z oczyszczalni ścieków oraz grunty rolne nawożone osadami ściekowymi zawierającymi ich pozostałości. Związki te trudno lub nie ulegają degradacji w konwencjonalnych oczyszczalniach ścieków. Ponadto w środowisku utleniającym lub w obecności promieniowania UV, związki te mogą przekształcać się w inne, bardziej toksyczne (np. triklosan).

Z drugiej strony minerały i kopaliny ilaste z grupy kaolinitu ze względu na rozprzestrzenienie znajdują szerokie zastosowanie, w tym do produkcji organiczno-mineralnych materiałów hybrydowych stosowanych w różnych gałęziach przemysłu oraz ochronie środowiska.

W związku z tym wybrany przez Doktorantkę temat badawczy jest bardzo ważny w kontekście ochrony środowiska wodno-glebowego.

W pracy Doktorantka opisała syntezę kompozytów węglowo-haloizytowych na bazie skały haloizytowej ze złoża Dunino i celulozy dwoma metodami, określiła właściwości teksturalne i fizykochemiczne otrzymanych kompozytów oraz przeprowadziła badania ich zdolności adsorpcyjnych w stosunku do triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu z wody.

Praca ta posiada układ typowy dla większości eksperymentalnych prac doktorskich, tj. składa się z Części teoretycznej zawierającej 2 rozdziały z 9 podrozdziałami i Części doświadczalnej obejmującej 6 rozdziałów z podrozdziałami uzupełnione spisem literatury, a także wykazem skrótów i symboli, streszczeniem w języku polskim i angielskim oraz dorobkiem Doktorantki. Praca obejmuje 144 strony tekstu z 35 tabelami, 106 rysunkami i 321 pozycjami piśmiennictwa.

We wstępie Doktorantka wskazała na właściwości antyseptyczne pochodnych fenolu i znaczny wzrost w ostatnich czasach produktów je zawierających, związany głównie z pandemią wywołaną wirusem SARS-CoV-2 i wskazała na konieczność monitorowania i usuwania triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu.

W rozdziale 2 przedstawiła grupę związków należących do „emerging contaminants”, w tym produkty higieny osobistej, które w środowisku można identyfikować dzięki rozwojowi metod analitycznych. Głównym źródłem zanieczyszczenia środowiska tymi związkami są ścieki komunalne i osady ściekowe z oczyszczalni ścieków, przy czym większość pracujących oczyszczalni nie jest przystosowana do usuwania związków o właściwościach antyseptycznych, antybakteryjnych i antywirusowych.

W następnym rozdziale Doktorantka przedstawiła ogólną charakterystykę środków zawierających pochodne fenolu (triklosan, chloroksylenol i chlorofen), w tym ich właściwości fizyko-chemiczne, ich zastosowanie, a także ich obecność w środowisku, w tym stężenia w wodach powierzchniowych, osadach dennych, w wodzie do picia, ściekach na dopływie i odpływie z oczyszczalni ścieków.

Rozdział 3 przedstawia metody usuwania pochodnych fenolu metodami biologicznymi, chemicznymi i fizycznymi bez podania ich skuteczności. Wśród metod fizycznych wymieniła adsorpcję z wykorzystaniem adsorbentów węglowych, mineralnych i polimerowych jako metodę prostą, skuteczną i ekonomiczną. Przedstawiła również budowę i właściwości fizykochemiczne niektórych adsorbentów, w tym węgla aktywnych, glinokrzemianów z uwzględnieniem haloizytu – dioktaedrycznego krzemianu warstwowego o pakietach 1:1 z podgrupy kaolinitu. Opisała również możliwość aktywacji jego powierzchni oraz modyfikacji. Jedną z metod zwiększenia skuteczności usuwania zanieczyszczeń organicznych przez haloizyt jest synteza kompozytów węglowo-haloizytowych z wykorzystaniem celulozy jako prekursora węgla (2 podrozdziały).

Te informacje pozwoliły doktorantce na sformułowanie celu pracy doktorskiej, tj.:

- *synteza kompozytów węglowo-haloizytowych dwiema różnymi metodami, z wykorzystaniem haloizytu o różnej morfologii jako nośnika węgla,*
- *wyznaczenie parametrów fizykochemicznych charakteryzujących otrzymane kompozyty,*
- *zastosowanie tych kompozytów do usuwania triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu z wody.*

Na podstawie przeglądu literaturowego badań Doktorantka postawiła następujące hipotezy badawcze:

1. *Kompozyty węglowo-haloizytowe mają lepsze właściwości adsorpcyjne w porównaniu z adsorbentami węglowymi i haloizytem stosowanymi osobno.*
2. *Sposób otrzymywania kompozytów węglowo-haloizytowych wpływa na efektywność procesu adsorpcji triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu z wody.*
3. *Właściwości donorowo-akceptorowe i wartości swobodnej energii adsorpcji powierzchni kompozytów węglowo-haloizytowych determinują sprawność procesu adsorpcji.*

Badania laboratoryjne składały się z trzech etapów.

W pierwszym etapie Doktorantka przeprowadziła syntezę kompozytów węglowo-haloizytowych wykorzystując do tego skalę haloizytową ze złoża Dunino o średnicy ziaren 0,2 – 0,32 mm i pokroju rurkowym i płytkowym i po usunięciu tlenków żelaza oraz rurki haloizytowe firmy Merck KGaA, Darmstadt, Niemcy a także celulozę mikrokrystaliczną jako źródło węgla, dwoma metodami: poprzez rozpuszczenie celulozy mikrokrystalicznej w odczynniku Cross-Bewana (chlorek cynku(II) rozpuszczony w 37% kwasie solnym) i zmieszaniu z haloizytem lub poprzez zmielenie haloizytu i celulozy mikrokrystalicznej w młynie kulowym. Następnie otrzymane materiały poddano kalcynacji w temperaturze 500 i 800°C. W ten sposób Doktorantka otrzymała 8 adsorbentów węglowo-haloizytowych.

Próbki te, a także haloizyt, nanorurki haloizytowe i celulozę w temperaturze pokojowej i po kalcynacji w temperaturze 500 i 800 stopni poddała analizie elektronowej mikroskopii skaningowej z analizą w

mikroobszarze (SEM/EDS), proszkowej dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), niskotemperaturowej adsorpcji par azotu, fourierowskiej absorpcyjnej spektroskopii w podczerwieni (ATR-FTIR), spektroskopii ramanowskiej, a także oznaczyła zawartość powierzchniowych grup funkcyjnych a także swobodną energię adsorpcji i stałe kwasowo-zasadowe badanych adsorbentów. Dla dwóch próbek wyznaczyła punkt ładunku zerowego (pH_{PZC}) (Rozdział 8).

Następnie Doktorantka przeprowadziła badania zdolności otrzymanych adsorbentów w usuwania triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu z wody w funkcji pH, dawki adsorbentu, stężenia początkowego, a także szybkości reakcji ich wiązania w statycznych oraz dynamicznych (z wykorzystaniem inwersyjnej chromatografii cieczowej) warunkach kontaktu faza stała-roztwór. W ostatnim rozdziale Doktorantka dokonała podsumowania badań i przedstawiła wnioski.

Wyniki badań pozwoliły na określenie wpływu morfologii ziaren, temperatury kalcynacji oraz metody przygotowania kompozytów na ilość węgla na powierzchni ziaren haloizytu. Najwyższą ilość węgla doktorantka zaobserwowała na próbkach haloizytu w formie nanorurek w kontakcie z rozpuszczoną celulozą i kalcynowanych w temperaturze 800°C. Ponadto na podstawie analizy dyfraktogramów XRD stwierdziła, że węgiel nie pokrył całkowicie powierzchni nanorurek haloizytowych. Wyniki tych badań wskazały, że pokrój ziaren ma duże znaczenie w wiązaniu węgla na ich powierzchni. Jednocześnie badania tekstury kompozytów metodą adsorpcji azotu wskazały, że największy udział mezoporów występował w kompozytach węgiel-haloizyt otrzymanych poprzez oddziaływanie haloizytu z ciekłą celulozą i kalcynacji w temperaturze 800°C, niezależnie od pokroju ziaren. Największą powierzchnią właściwą, powierzchnią zewnętrzną, całkowitą objętość porów, a także objętość ultraporów i mikroporów miał kompozyt w postaci nanorurek z węglem naniesionym w formie ciekłej celulozy i kalcynowanym w obu temperaturach.

Najwyższe stężenie zasadowych grup doktorantka obserwowała dla kompozytów nanorurki haloizytowe - węgiel powstałych poprzez mielenie składników i kalcynowanych w obu temperaturach, a sumaryczne stężenie grup kwasowych było najwyższe dla kompozytów nanorurki - węgiel w formie ciekłej celulozy. Kompozyty węglowo-haloizytowych charakteryzowały się wysokim stężeniem grup karbonylowych i fenolowych, które mogą brać udział w wiązaniu badanych pochodnych fenolu. Obecność tych grup została potwierdzona analizą FTIR (pasmo przy ok. 1738 cm^{-1} związane rozciągającymi drganiami grupy C=O). Wartości pH_{PZC} oznaczona dla dwóch kompozytów wynosiła 7,25 i 6,82, wskazując, że przy pH około 6 powierzchnia kompozytów jest naładowana dodatnio, a jednocześnie pochodne fenolu występują w formie cząsteczkowej (pH_{PZC} jest niższe niż pK_a tych związków).

Najwyższe wartości swobodnej energii adsorpcji, a więc najlepsze właściwości adsorpcyjnych miały kompozyty nanorurki-węgiel otrzymane obu metodami i kalcynowane w temperaturze 800°C i haloizyt - węgiel otrzymane poprzez zmielenie składników i kalcynacji w temperaturze 800°C. Obliczone wartości stosunków K_b/K_a wskazały, że powierzchnie wszystkich adsorbentów miały charakter zasadowy (donory elektronów) i silniej oddziałują z substancjami o charakterze kwasowym. Najbardziej kwasowym (elektronoakceptorowym) materiałem był kompozyt nanorurki haloizytowe - węgiel w formie ciekłej celulozy kalcynowany w temperaturze 800°C.

Badania stopnia usuwania pochodnych fenolu przez kompozyty węgiel-haloizyt Doktorantka prowadziła przy pH roztworu w zakresie 2 - 10, dawce adsorbenta od 0,02 do 1,0 g i stężeniu 20 mg/L, a stężenia pochodnych fenolu w roztworze początkowym i równowagowym oznaczała metodą spektroskopii UV. Wyniki badań wskazały, że skuteczność adsorpcji tych związków rosła wraz ze wzrostem temperatury kalcynacji kompozytów. Spośród kompozytów kalcynowanych w temperaturze 800°C kompozyty otrzymane metodą mielenia usuwały triklosan, chloroksylenol i chlorofen z wody w większym stopniu w porównaniu do tych przygotowanych w oparciu o rozpuszczoną celulozę. Stopień usuwania triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu przez nanorurki mielone z celulozą i kalcynowane w temperaturze 800°C wynosił odpowiednio 95,55%, 92,26% i 78,79% dla stężenia początkowego 20 mg/L i dawki 0.1 g/L dla triklosanu i chloroksylenolu oraz 0.05 mg/L - dla chlorofenu. Doktorantka porównała stopień usuwania pochodnych fenolu przez badane adsorbenty z ich powierzchnią właściwą, zawartością węgla, a także swobodną energią dyspersyjną i właściwościami elektrondonorowymi lub elektronoakceptorowymi powierzchni i wykazała, że swobodna energia dyspersyjna i właściwości elektrondonorowych i

elektronoakceptorowych powierzchni adsorbentu są bardzo ważnym parametrem w ocenie zdolności adsorpcyjnej badanych adsorbentów.

Określając wpływ dawki kompozytu nanorurki haloizytowe mielone z celulozą i kalcynowane w temperaturze 800°C oraz pH roztworów zawierających pochodne fenolu, stwierdziła, że stopień usuwania, R(%), triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu rośnie wraz ze wzrostem masy adsorbentu. Ponadto według doktorantki wielkość dawki kompozytu 0,1g i 0,2 g nie wpływa znacząco na stopień usunięcia triklosanu i chloroksylenolu, a wielkość dawki 0,05g, 0,1 i 0,2 g – na stopień usunięcia chlorofenu. Wnioski te przedstawiła bez analizy statystycznej i nie są one zgodne z wynikami przedstawionymi na wykresie 9.7.

Określając wpływ pH roztworu na stopień usunięcia pochodnych fenolu z wody Doktorantka stwierdziła, że najwyższe wartości stopnia usuwania były przy pH ok. 6, natomiast najniższe przy pH około 10. Dlatego do dalszych badań wybrała roztwory o pH ok. 6. Wartości pH wpływają zarówno na ładunek powierzchni kompozytów jak również na formę zanieczyszczenia (forma cząsteczkowa, zjonizowana), a tym samym na możliwość powstawania różnego rodzaju wiązań.

Wyniki badań desorpcji wodą dejonizowaną wskazały, że wszystkie badane związki były wiązane bardzo silnie i ulegały desorpcji w niewielkim stopniu, w zakresie 1.22- 5.42%.

Porównanie widm FTIR kompozytu nanorurki węglowe mielone z celulozą i kalcynowane przed i adsorpcji pochodnych fenolu wskazało na wiązanie pochodnych fenolu z kompozytem poprzez karbonylowe grupy funkcyjne. Adsorpcja triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu może się też odbywać na zasadzie oddziaływań między wolną parą elektronową atomu tlenu w cząsteczkach adsorbentu a dodatkowo naładowaną powierzchnią adsorbentu.

Badania kinetyki adsorpcji dla jednego stężenia początkowego badanych związków i jednego pH wskazały, że adsorpcja triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu przebiega zgodnie z równaniem pseudo drugiego rzędu, co oznacza, że głównym mechanizmem adsorpcji jest chemisorpcja. Wyniki te potwierdziły bardzo silną adsorpcję i niską desorpcję tych związków. Ponadto adsorpcja triklosanu, chloroksylenolu i chlorofenu przebiegała dwuetapowo. Pierwszy etap był etapem bardzo szybkim (do 5 minut) i polegał na kierowaniu się cząsteczek związków do powierzchni adsorbentu. Drugi etap był etapem znacznie wolniejszym i przypisuje się go dyfuzji wewnątrzcząsteczkowej i transportowi cząsteczek adsorbatów z powierzchni do mikro- i mezoporów adsorbentu i decydujący o szybkości adsorpcji. Proces adsorpcji przebiegał najszybciej w przypadku usuwania triklosanu, a najwolniej w przypadku usuwania chloroksylenolu.

Jednocześnie Doktorantka stwierdziła, że adsorpcję pochodnych fenolu najlepiej opisuje wielocentrowa izoterma Langmuira (oszacowanie parametrów wykonane dla 5 stężeń związków). Najwyższą wartość stałej równowagi adsorpcji uzyskano dla triklosanu, a najniższą dla chloroksylenolu. Wartości stałych równowagi adsorpcji są wyższe w temperaturze 25°C niż 40°C w przypadku adsorpcji wszystkich badanych adsorbatów. Maksymalna pojemność adsorpcyjna była najwyższa dla chlorofenu, a najniższa dla chloroksylenolu.

Ponadto doktorantka badała zachowanie się pochodnych fenolu w kolumnie chromatograficznej inwersyjna chromatografia cieczowa.

Recenzowana rozprawa doktorska została przygotowana starannie. Wyniki analiz i interpretację wyników badań zaprezentowano w formie tabelarycznej i graficznej.

Odnosząc się do badań prowadzonych przez doktorantkę uważam, że podrozdział zatytułowany pomiary adsorpcji metodą dynamiczną przedstawia informacje dotyczące badania nowego wypełnienia kolumny chromatograficznej opartego na bazie kompozytu węglowo-haloizytowego i nie mieści się w zakresie badań pracy pt. *Synteza i zastosowanie adsorbentów węglowo-haloizytowych do usuwania pochodnych fenolu z wody*. Badania zdolności adsorpcyjnych materiałów w warunkach dynamicznych prowadzi się w kolumnach, których długość do średnicy wynosi ok 3:1, symulujących warunki strefy saturacji lub aeracji. Zanieczyszczenia wiązane są poprzez zatrzymywanie ich w porach adsorbenta i/lub poprzez oddziaływania z powierzchniowymi grupami funkcyjnymi. Oprócz roztworu badanych zanieczyszczeń stosuje się roztwory znaczników konserwatywnych. Wyniki badań przedstawia się jako krzywą przebiegu C/C_0 vs czas

lub V/V_0 , krzywą adsorpcji i profil retencji. Wyniki pozwalają na określenie udziału dyfuzji i adwekcji w procesie adsorpcji.

Doktorantka na podstawie wyników badań nad wpływem dawki adsorbenta na stopień usuwania zanieczyszczeń stwierdziła, że ze względu na niewielki obserwowany wpływ dawki, badania pojemności adsorpcyjnej i kinetyki adsorpcji będzie prowadziła przy dawce 0.1 g dla triklosanu i chloroksylenolu oraz 0.05 g dla chlorofenu, zapominając, że w trakcie badań porównawczych nie można zmieniać warunków procesu (dawka kompozytu, pH, stężenie). Ponadto mimo zbliżonych wartości stopnia usunięcia zanieczyszczeń przy różnych dawkach adsorbenta, jego pojemność adsorpcyjna będzie znacznie się różnić dla różnych dawek i maleć wraz ze wzrostem jego masy (wzór 16 w pracy doktorskiej). A najkorzystniejsza dawka adsorbenta jest przy najwyższym stopniu usuwania adsorbenta i jednocześnie najwyższej pojemności adsorpcyjnej, a nie tylko dla najwyższego stopnia usuwania adsorbenta jak podaje Doktorantka.

Szkoda, że do badań pojemności adsorpcyjnej i kinetyki adsorpcji oprócz kompozytu nanorurki haloizytowe-celuloza mielone i kalcynowane w 800°C Doktorantka nie włączyła również próbki kompozytu haloizyt-celuloza otrzymanego w takich samych warunkach. Haloizyt jako surowiec krajowy jest łatwo dostępny i jego wykorzystanie w tym kierunku jest ekonomicznie uzasadnione.

Brak również porównania pojemności adsorpcyjnej badanych adsorbentów w stosunku do pochodnych fenolu z innymi adsorbentami węglowymi. Z całą pewnością takie uzupełnienie wzbogaciłoby interpretację wyników badań.

Brak również informacji na temat krotności powtórzeń wykonywanych badań stopnia usuwania zanieczyszczeń, pojemności adsorpcyjnej i kinetyki adsorpcji i czy dane zamieszczone na wykresach to są średnie wartości, a jeśli tak to gdzie są słupki błędów. Podobna uwaga dotyczy analizy składu chemicznego powierzchni adsorbentów (Tabela 8.1).

Brak jest informacji dotyczącej metody oszacowania parametrów w równaniach izoterm Freundlicha, Langmuira i Dubinina-Radushkevich - metoda regresji liniowej czy nieliniowej, jeśli nieliniowej to brak analizy błędów.

Brak w Tabeli 9.4 wartości pojemności adsorpcyjnej kompozytu doświadczalnej i oszacowanej, a także krzywych opisujących punkty doświadczalne w równania pseudo-pierwszego i pseudo-drugiego rzędu (Rys. 9.11).

Brak w Tabeli 2.1 średnicy badanych związków, co pozwoliłoby na ocenę czy mogą one wchodzić do porów adsorbentów. Brak również analizy granulometrycznej badanych adsorbentów.

Brak informacji dotyczących wymiarów nanorurek haloizytowych.

Zwracam również uwagę na brak zdolności adsorpcyjnej różnych adsorbentów umieszczonych w Tabelach 3.1-3.5.

Przy porównaniu zdolności usuwania różnych związków przez adsorbent lepiej podać ich stężenia w mM niż w jednostkach masowych.

Do uwag mniejszej rangi, o charakterze edytorskim zaliczam, m.in.:

Wyniki w tabeli 8.1 niezgodne z jej opisem na str. 44.

Niektóre stwierdzenia w tekście są nieprawdziwe:

- np. zeolity należą do minerałów ilastych, diatomit jest glinokrzemianem, minerały ilaste mają dużą twardość, haloizyt charakteryzują się dobrymi właściwościami adsorpcyjnymi, odległość międzypakietowa w kaolinicie 3 \AA ,

- niekonsekwencja stwierdzeń, np. *duża powierzchnia właściwa, duża porowatość, silne właściwości adsorpcyjne, duża zdolność wymiany kationów haloizytu*, a na następnej stronie *haloizyt jest również*

poddawany różnego rodzaju modyfikacjom, które mają poprawić skuteczność adsorpcyjną tego materiału w usuwaniu zanieczyszczeń,

- nieprawidłowy zapis nazwy minerału montmorillonit,
- w wykazie najważniejszych skrótów część skrótów ma rozwinięcie polskojęzyczne, a część polsko- i anglojęzyczne. Proponuję to ujednoczyć, i zastosować albo obie wersje językowe dla wszystkich skrótów albo tylko polską,
- brak spisu tabel i rysunków,

Szkoda, także że Doktorantka nie oszacowała stosunku kryształów pokroju rurek do tych pokroju płytek w haloizycie.

Rozprawa doktorska mgr Laury Frydel pt. pomimo krytycznych uwag, prezentuje interesujące wyniki badań. Za najważniejsze osiągnięcie uważam wykazanie, że swobodna energia dyspersyjna i właściwości elektronodonorowych i elektronoakceptorowych powierzchni adsorbentu są bardzo ważnymi parametrami w ocenie zdolności adsorpcyjnej badanych adsorbentów. Szkoda tylko, że ten wniosek nie został poparty analizą statystyczną.

Stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. tekst jednolity art. 186, 187) i Obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 10 marca 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z dnia 20 kwietnia 2023 r. Poz. 742) i wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Chemii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach o dopuszczenie mgr Laury Frydel do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

