

Recenzja  
rozprawy doktorskiej **mgr inż. Doroty Szal**  
pt. „**Beztlenowe utlenianie metanu w ekosystemach słodkowodnych na przykładzie  
zbiorników zaporowych**”  
wykonanej pod kierunkiem Promotora dr hab. inż. Renaty Gruca-Rokosz, prof. PRz  
na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Politechniki Rzeszowskiej

## **1. Podstawa prawna recenzji**

Podstawą wykonania recenzji było powołanie na recenzenta uchwałą Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki na Wydziale Budownictwa Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej w Rzeszowie w dniu 3 lutego 2021r. przekazane pismem Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza prof. dr hab. inż. Daniela Słysia z dnia 5 lutego 2021r.

## **2. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Doroty Szal pt. „Beztlenowe utlenianie metanu w ekosystemach słodkowodnych na przykładzie zbiorników zaporowych” została przygotowana w formie 181-stronicowego opracowania. W dysertacji wyróżniono 6 rozdziałów głównych: jeden rozdział dotyczący przeglądu literatury, drugi łącznie opisujący - cel i zakres pracy oraz hipotezy badawcze, następny rozdział przedstawiający metodykę wykonanych eksperymentów oraz rozdział, w którym przedstawiono otrzymane wyniki. Następnie sformułowano wnioski i przedstawiono kierunki dalszych badań. Na końcu opracowania zamieszczono spis literatury, rysunków i tabel oraz zamieszczono załączniki i streszczenia w języku polskim i angielskim.

Na początku dysertacji nakreślono problematykę emisji metanu ze środowiska wodnego do atmosfery i uznano za celowe rozpoznanie warunków przebiegu procesu beztlenowego utleniania tego związku jako procesu mającego wpływ na zmniejszenie tej emisji. Uzasadnia to podjęcie badań w tym temacie. Na 21 stronach zamieszczono obszerny przegląd literatury, a w części eksperymentalnej opisano przedmiot badań, materiały badawcze, metodyki analityczne oraz podano metody statystyczne zastosowane do obróbki wyników. Wyniki badań, wraz z ich dyskusją, zamieszczono na 63 stronach rozprawy. Na podstawie wyników badań zredagowano wnioski. W spisie literatury znajduje się 294 pozycji; w tym 277 – zagranicznych co stanowi 94%. Większość cytowanych prac zostało opublikowane w ostatnich latach. W spisie literatury znajduje się 1 współautorska publikacja Doktorantki w tematyce związanej z badaniami

opisanymi w dysertacji. Uwzględniając powyższe, można stwierdzić, że układ pracy jest prawidłowy i zgodny z przyjętymi zasadami redagowania rozpraw doktorskich.

### 3. Ocena szczegółowa rozprawy

Część pracy dotyczącą przeglądu literatury podzielono na 5 podrozdziałów, w których kolejno opisano obieg węgla w środowisku, scharakteryzowano metan i przemiany tego związku w środowisku wodnym ze szczególnym uwzględnieniem procesu beztlenowego utleniania AOM. Masowy obieg węgla w środowisku oraz obieg tego pierwiastka w ekosystemach wodnych poszerzono o przemiany jakie są charakterystyczne dla tego środowiska. Następnie w kolejnych czterech podrozdziałach opisano występowanie, pochodzenie, migracje i przemiany metanu w zbiornikach zaporowych. Z punktu widzenia tematyki pracy szczególnie istotne jest przedstawienie dotychczasowego stanu wiedzy na temat procesu beztlenowego utleniania metanu. Ta część przeglądu literatury jest najważniejsza, gdyż te informacje uwzględniono podczas planowania i prowadzenia badań będących meritum rozprawy. Szczegółowo opisano mechanizm procesu w obecności różnych akceptorów elektronów oraz scharakteryzowano biomarkery lipidowe mikroorganizmów mających zdolność do przeprowadzenia tego procesu. Scharakteryzowano konsorcja anaerobowych archeonów, które prowadzą proces utleniania metanu. Opisano trzy główne ścieżki przemian takie jak: „odwróconą metanogenezę”, utlenianie wraz z redukcją siarczanów oraz utlenianie połączone z redukcją azotanów(III) i azotanów(V). Wskazano także, że nie tylko siarczan lub azotan mogą być akceptorami elektronów w procesie utleniania metanu, lecz także możliwy jest ten proces w obecności innych akceptorów elektronów. Wśród nich wymienia się substancje humusowe, jony żelaza i manganu  $Fe^{3+}/Mn^{4+}$ . Spośród biomarkerów charakterystycznych dla archeonów opisano takie jak: archeole, phytane (fitan), pristane (pristan), crocetane (krokodan).

W kolejnym punkcie umieszczono cel i zakres pracy oraz hipotezy badawcze. Cel główny sformułowano następująco: „pozyskanie informacji na temat procesu beztlenowego utleniania metanu (AOM) w osadach dennych wybranych zbiorników zaporowych, co stanowić będzie uzupełnienie istniejącej wiedzy na temat krążenia metanu w słodkowodnych ekosystemach wodnych”. Uwzględniając treść pracy i zakres badań wydaje się, że można było w celu napisać „pozyskanie wiedzy” (a nie „pozyskanie informacji”). Cele szczegółowe natomiast dotyczyły:

- wyznaczenia szybkości procesu beztlenowego utleniania metanu (AOM) w osadach dennych zbiorników zaporowych,
- określenie roli potencjalnych akceptorów elektronów biorących udział w procesie AOM w środowiskach słodkowodnych,
- identyfikacji wybranych biomarkerów lipidowych mikroorganizmów biorących udział w procesie AOM w środowiskach wodnych
- analizy czynników wpływających na intensywność procesu AOM.

Zakres pracy obejmował ogólnie :

- badania ilościowo-jakościowe materii organicznej w osadach dennych wód interstycjalnych w zakresie wybranych wskaźników
- badania szybkości utleniania metanu w osadach dennych, z uwzględnieniem zróżnicowania wertykalnego i pory roku, w warunkach beztlenowych w obecności i bez różnych akceptorów elektronów
- identyfikację wybranych biomarkerów lipidowych mikroorganizmów uczestniczących w procesie AOM w osadach dennych badanych zbiorników wodnych.

Hipotezy badawcze natomiast sformułowano w następującym brzmieniu:

- H1: „Proces beztlenowego utleniania  $\text{CH}_4$  zachodzi w osadach dennych ekosystemów słodkowodnych i stanowi jeden z głównych mechanizmów zmniejszających emisję tego gazu do atmosfery”.
- H2: „Szybkość procesu AOM w środowiskach słodkowodnych jest zależna od czynników abiotycznych i biotycznych charakteryzujących osady denne i/lub wodę interstycjalną”. Sformułowanie dotyczące abiotycznych i biotycznych czynników jest zbyt ogólne i można było je uszczegółowić i określić jakie konkretnie czynniki mają wpływ na szybkość badanego procesu.
- H3: „W warunkach anoksydacyjnych jakie mają miejsce w osadach dennych słodkowodnych ekosystemów zbiorników zaporowych, proces utleniania  $\text{CH}_4$  przebiega najintensywniej w obecności azotanów (V) i/lub żelaza (III), zaś proces utleniania  $\text{CH}_4$  połączony z redukcją  $\text{SO}_4^{2-}$  jest procesem najmniej korzystnym energetycznie i jego znaczenie w ekosystemach słodkowodnych jest znikome z uwagi na niskie stężenia jonów  $\text{SO}_4^{2-}$ „. Część zdania związana z procesem „utleniania  $\text{CH}_4$  połączony z redukcją  $\text{SO}_4^{2-}$  jest procesem najmniej korzystnym energetycznie” jest podawane w literaturze (np. str.104) i niepotrzebnie zostało umieszczone w hipotezie badawczej. Część badawcza bowiem nie obejmuje wyznaczania wartości zysku energetycznego. Lepszym sformułowaniem byłoby np. Intensywność /szybkość procesu utleniania  $\text{CH}_4$  w warunkach anoksydacyjnych w osadach dennych słodkowodnych ekosystemów zbiorników zaporowych zależy od obecności azotanów(V), siarczanów(VI) i jonów żelaza (III).

W części pracy, zatytułowanej *Metodyka badań* wydzielono 10 podrozdziałów, w których bardzo szczegółowo opisano przebieg eksperymentu. Przedmiotem badań były osady denne trzech zbiorników zaporowych pobierane w różnych sezonach. W sumie pobrano 6 rdzeni, które przeznaczono do dalszych badań. Z tych materiałów wydzielono próbki osadów i wody porowej do badań fizyczno-chemicznych oraz pozostałych eksperymentów. W tym miejscu przedstawienie na schemacie wykonanych operacji wydzielenia próbek do poszczególnych analiz oraz badań znacznie poprawiłoby czytelność pracy i zilustrowało zakres przeprowadzonego eksperymentu. W wodzie porowej wydzielonej z trzech warstw jednego rdzenia (0-5, 5-10, 10-15cm) oznaczano stężenie węgla organicznego  $\text{TOC}_w$ , stężenie jonów azotanowych(III), azotanowych(V), amonowych, siarczanowych(VI), chlorkowych, sodowych, potasowych,

magnezowych i wapniowych oraz stężenie żelaza(II) i żelaza(III). W osadach wysuszonych, także pochodzących z trzech warstw, oznaczono odczyn, zawartość materii organicznej, całkowitego węgla organicznego, całkowitego azotu, skład izotopowy węgla organicznego, zawartość węgla organicznego frakcji kwasów fulwowych i huminowych, fulwowych, hemiceluloz oraz humin. Wykonano także analizę granulometryczną osadów. Kolejne próbki osadów przeznaczono do identyfikacji biomarkerów takich jak: archaeol, skwalan, pristane i crocetane. Procedura oznaczania tych biomarkerów była wieloetapowa, pracochłonna i czasochłonna. Oznaczenia biomarkerów prowadzono z wykorzystaniem GC-MS metodą wzorca wewnętrznego. Opisano ją bardzo szczegółowo i przedstawiono na przejrzystym schemacie. Wydaje się jednak że informacje dotyczące analiz powinny być przedstawione w innej kolejności. Opis analiz chromatograficznych powinien być połączony z procedurą czyli informacje zawarte w 3.6 powinny znajdować się w kolejności po 3.4.2. Natomiast eksperyment inkubacyjny opisany w pkt. 3.5 – przed opisem kalibracji GC\_BID (pkt. 3.7), a kolejnym punktem powinna być metoda obliczeń AOM. Natomiast informacje zawarte w pkt 3.8 (test szczelności...) powinny być zamieszczone na wstępie opisu eksperymentu inkubacyjnego (pkt. 3.5). Ułatwiłoby to czytelność tej części pracy.

Eksperyment inkubacyjny opisano w pkt.3.5. Próbki wydzielone do badania szybkości utleniania metanu inkubowano przez okres 50 dób w warunkach beztlenowych. Do tego eksperymentu wydzielono następujące próbki: z dodatkiem helu, z dodatkiem znacznika  $^{13}\text{CH}_4$  oraz z dodatkiem znacznika i azotanów, siarczanów lub jonów żelaza(III). Próbki te były przygotowane z każdej z trzech warstw. Inkubację prowadzono w trzech różnych temperaturach ( $10^\circ\text{C}$ ,  $15^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ). Oznaczanie stężenia  $\text{CH}_4$  oraz  $\text{CO}_2$  wykonywano w fazie gazowej pobieranej w ustalonych przedziałach czasowych (co 10 dni). Analizę prowadzono z wykorzystaniem układu chromatograf gazowy z detektorem jonizacyjnym wyładowań barierowych GC-BID. Skład izotopowy  $\text{CO}_2$  oznaczano z wykorzystaniem układu: chromatograf gazowy z izotopowym spektrometrem masowym GC-CIII-IRMS.

W pkt. 3.9 przedstawiono metodykę wyznaczania szybkości procesu utleniania metanu w warunkach beztlenowych.. Następnie przedstawiono informacje dotyczące obróbki statystycznej wyników. Wartości średnie wyznaczono korzystając z programu MS Excel. Analizę korelacji pomiędzy wartościami oznaczanych wskaźników wykonano w programie Statistica w zakresie obliczeń korelacji liniowej Pearson'a. Oceniono także istotność zależności pomiędzy wybranymi parametrami. Ponadto ocenę różnic pomiędzy wartościami średnimi analizowanych wskaźników wykonano zgodnie z nieparametrycznym testem Kruksala-Wallisa. Uwzględniając powyższe należy podkreślić, że badania były bardzo rozbudowane, a zakres badań analitycznych – bardzo szeroki.

W następnej kolejności w pkt. 4 (str. 54 - 116) zawarto opis wyników i ich dyskusję. Punkt ten podzielono na cztery części. Pierwsza część dotyczy opisu właściwości osadów dennych takich jak: skład granulometryczny, odczyn, zawartość i skład materii organicznej, w tym skład

izotopowy oraz zawartość biomarkerów lipidowych. Skład granulometryczny wykonano dla 9 próbek (3 zbiorniki, 3 warstwy osadów) wydzielając 3 frakcje pozwalające na dokonanie klasyfikacji stosowanej dla gruntów. Odczyn oznaczano w 21 próbach osadów, przedstawiając wyniki na wykresach. Wyniki badań zawartości materii organicznej OM oraz węgla organicznego TOC i azotu całkowitego TN (21 próbek) przedstawiono na wykresach 4.2; 4.3 i 4.4. Matrycę korelacji pomiędzy wskaźnikami zamieszczono w tab. 4.6 - 4.8. W numeracji tabel nie zachowano kolejności co powoduje, że w teście odwołano się do tabel, które znajdują się w dalszej części pracy (odwołanie do tab. 4.6-4.8 jest wcześniej niż odwołanie do tabel 4.2). Skład materii organicznej określono analizując zawartość kwasów fulwowych i huminowych łącznie FA+HA, kwasów fulwowych FA, hemiceluloz HC, humin HU oraz łatwo rozkładalnej materii organicznej ROM (84 próbki). W tabeli 4.2 przedstawiono wyniki ww. oznaczeń wraz z wyliczoną zawartością substancji humusowych SH oraz kwasów huminowych HA. Analiza składu izotopowego węgla organicznego (jako  $\delta^{13}\text{C}$ ) (21 próbek) oraz iloraz zawartości węgla organicznego do zawartości azotu całkowitego (C:N) posłużyła do oceny pochodzenia materii organicznej w badanych osadach. W kolejnym podrozdziale przedstawiono wyniki badań ilościowo-jakościowych czterech biomarkerów lipidowych charakterystycznych dla archeonów odpowiedzialnych za beztlenowe utlenianie metanu w poszczególnych warstwach osadów dennych (84 próbki). W kolejnym podpunkcie (4.2) zamieszczono wyniki oznaczenia stężenia anionów i kationów (razem 11) w wodach porowych otrzymanych z odwirowania wydzielonych warstw osadów dennych. Wyniki umieszczono w tabeli 4.4 zawierającej 231 wyników badań analitycznych (osady z 3 warstw trzech zbiorników w dwóch/trzech temperaturach). Wprawdzie opisane są w tekście wartości korelacji pomiędzy wartościami wskaźników, ale brakuje odnośnika z numerem tabeli lub stroną zawierającą te dane. Stężenia węgla całkowitego i całkowitego węgla organicznego zamieszczono w tab.4.5 (42 wyniki oznaczeń). Mimo komentarzy dotyczących wyników obróbki statystycznej w poszczególnych podpunktach podsumowano obliczenia w oddzielnym podpunkcie 4.3. W każdym podrozdziale w którym przedstawiono wyniki otrzymane w wyżej opisywanych badaniach zamieszczono także dyskusję porównawczą z wynikami badań opisanych w literaturze.

Zasadniczą częścią rozprawy, bezpośrednio związaną z tytułem pracy, są wyniki dotyczące analizy procesu beztlenowego utleniania metanu w osadach dennych. Zamieszczono je w trzech częściach. W pierwszej - przedstawiono wyniki oznaczania stężenia metanu i ditlenku węgla w fazie gazowej inkubowanych osadów i wyniki obliczeń szybkości procesu utleniania metanu. W drugiej - opisano wyniki badań wpływu różnych akceptorów elektronów, natomiast w trzeciej – wpływ czynników biotycznych i abiotycznych na szybkość procesu AOM. Szybkość beztlenowego utleniania metanu wyznaczono na podstawie procedury znajdującej się w literaturze uwzględniając wyniki badań prowadzonych z dodatkiem znacznika izotopowego węgla  $^{13}\text{C}$ . Wyniki z monitorowania zmian stężeń metanu i ditlenku węgla i znaczonego węgla zamieszczono na 3 rysunkach złożonych z 18 wykresów (wykonane oddzielnie dla zbiorników, trzech warstw

osadów oraz z helem i węglem znacznym ( $^{13}\text{C}\text{H}_4$ ). W tym miejscu odwołano się do 30 tabel umieszczonych jako załączniki. W załącznikach/tabelach 16-30 błędnie oznakowano wartości procentowe  $^{13}\text{C}$  AP (zamiast  $^{13}\text{C}$  AT %) gdyż nie odpowiada to oznaczeniu przyjętemu we wzorach 3.5 i 3.7. Dyskusyjne jest zamieszczenie tych tabel w formie załączników, gdyż właśnie te wyniki stanowią meritum pracy i są ściśle związane z tytułem dysertacji. Tabele z wynikami obliczeń statystycznych mogły być zamieszczone w załącznikach. Na podstawie oznaczonych stężeń  $\text{CO}_2$  oraz wartości  $^{13}\text{C}$  AT procent, wyznaczono szybkość beztlenowego utleniania metanu. Wyniki zamieszczono w na ww rysunkach oraz w załącznikach w tabelach 31-45. Wyniki te obejmują dane dla różnych czasów inkubacji, różnych temperatur, warstw osadów dennych oraz warunków procesowych. W tabelach zamieszczono także wyniki otrzymane podczas badań procesu utleniania metanu w warunkach redukujących azotany(V), siarczan(VI) lub w obecności jonów żelaza(II). Ponadto sporządzono przejrzyste wykresy (4.11- 4.16), na których zilustrowano zależności szybkości utleniania metanu AOM w osadach pobranych z różnych warstw, inkubowanych w różnych temperaturach i w różnych warunkach. W kolejnym podrozdziale przeanalizowano zależności pomiędzy warunkami abiotycznymi i biotycznymi a szybkością procesu beztlenowego utleniania metanu. Wynikające z obliczeń statystycznych zależności zostały obszernie skomentowane oraz porównane z wynikami badań innych autorów opublikowanymi w literaturze. Wyniki przeprowadzonych badań wskazały na zależność procesu AOM od temperatury, wartości pH, zawartości materii organicznej, azotu ogólnego, wartości ilorazu C:N, zawartości substancji humusowych, obecności biomarkerów lipidowych oraz siarczanów, azotanów, jonów żelaza. Zależności te, jak wskazały obliczenia statystyczne, były na różnym poziomie istotności.

Końcowe punkty rozprawy to rozdział zatytułowany *Wnioski*. Zawiera on 12 wniosków. Treść tych wniosków jest jednak bardzo rozbudowana. Można było w pierwszej kolejności wydzielić wnioski ogólne ściśle związane z tezą badań oraz wnioski szczegółowe z podaniem dodatkowych osiągnięć wynikających z przeprowadzonych badań. Do najważniejszych osiągnięć wynikających z przeprowadzonych badań należy zaliczyć:

- wykazano, że w osadach dennych słodkowodnych zbiorników zaporowych zachodzi proces beztlenowego utleniania metanu (wyniki badań z wykorzystaniem węgla znaczonego izotopowo  $^{13}\text{C}$ )
- zidentyfikowano biomarkery lipidowe charakterystyczne dla mikroorganizmów prowadzących proces beztlenowego utleniania metanu
- wyznaczono szybkość procesu beztlenowego utleniania metanu AOM w osadach dennych o zróżnicowanym składzie w zależności od temperatury, wartości pH, zawartości substancji humusowych, chlorków, jonów sodu, potasu i magnezu, żelaza(II) a także siarczanów(VI) i azotanów(V)
- wyznaczono dynamikę procesu AOM poprzez monitorowanie zmian stężeń przez okres 50 dób inkubacji osadów.

Analizując treść pracy, opis wyników, ich dyskusję i wnioski należy stwierdzić, że cele badań zostały osiągnięte i udokumentowane wynikami badań i obliczeń. W odniesieniu do tez badawczych, które Autorka sformułowała, można stwierdzić, że wprawdzie otrzymane wyniki nie pozwalają na jednoznaczne potwierdzenie tezy trzeciej (co Doktorantka skomentowała w dysertacji), ale pozostałe dwie tezy zostały potwierdzone i udokumentowane, jak pisano wyżej w recenzji.

Podsumowując należy podkreślić, że przeanalizowano wiele prób i wykonano kilkaset oznaczeń analitycznych oraz obliczeń matematycznych i statystycznych. Bardzo cenne są wyniki z zastosowaniem węgla znaczonego izotopowo i identyfikacja biomarkerów lipidowych jako wskaźników obecności poszczególnych grup mikroorganizmów. Doktorantka pobierając rzeczywiste próbki osadów dennych podjęła się trudnego zadania, gdyż materiały pobierane ze środowiska są heterogenne i często otrzymuje się wyniki trudne do jednoznacznej interpretacji. Doktorantka dokonała wnikliwego i szczegółowego opisu wyników, uzupełniając go rysunkami i tabelami oraz właściwie je zinterpretowała. Ponadto wyznaczyła zależności statystyczne pomiędzy badanymi wskaźnikami. Materiał wynikowy jest więc bardzo obszerny. Autorka dokonała także porównania wyników badań własnych z wynikami innych badaczy opisanymi w literaturze w formie dyskusji. Rozprawa jest zredagowana z zachowaniem nomenklatury stosowanej w pracach naukowych. Wartość pracy podnosi wyznaczenie dalszych kierunków badań, które zostały sformułowane na podstawie wnikliwej analizy dotychczas uzyskanych wyników. Należy podkreślić, że tematyka i zakres podjętych badań wpisuje się w najnowsze trendy szeroko pojętej inżynierii środowiska w zakresie pozyskania wiedzy na temat warunków przebiegu procesu beztlenowego utleniania metanu w osadach dennych. Wyniki badań mają charakter naukowy i mogą stanowić podstawę do dalszych badań.

#### **4. Uwagi edycyjne**

Podkreślając profesjonalne podejście Doktorantki do zagadnienia, zarówno w kwestii przeglądu literatury jak i organizacji badań a także opisu wyników, w rozprawie znalazły się nieliczne niedociągnięcia edycyjne czy nieprawidłowe sformułowania. Nie mają one jednak wpływu na ocenę strony merytorycznej rozprawy. Uwagi edycyjne to przykładowo:

- we wzorach stosowane są różne jednostki stężenia oraz różne nazewnictwo (dwutlenek węgla, ditlenek węgla) (pkt.3.9), zapis jednostek we wzorach 3.3; 3.5 (str.41, 52), jednostka AOM (str. 80)
- nieprawidłowe sformułowania „ w redukcji CO<sub>2</sub> zachodzi metaboliczne zredukowanie CO<sub>2</sub> do CH<sub>4</sub>” (str.22), „ AOM jest procesem pochłaniającym znaczne ilości CH<sub>4</sub>” (str.25), sformułowanie „omówienie wyników” (str. 54), „co więcej” (str. 61, 105), „siarczany utleniały CH<sub>4</sub>” (str.89), „”proces AOM ... może odgrywać ważną rolę w kontroli emisji CH<sub>4</sub> do atmosfery, stanowiąc ujemne źródło tego gazu” (str.117)

## 5. Zagadnienia do wyjaśnienia w czasie obrony:

- na jakiej podstawie przyjęto początkowe stężenia siarczanów (VI), azotanów(V) i jonów  $Fe^{2+}$  w badaniach inkubacyjnych
- skomentować udział mikroorganizmów rozwijających się w warunkach redukujących siarczany(VI), azotany(V) w utlenianiu metanu
- odnośnie tezy pierwszej: czy badano inne procesy żeby mieć podstawę do stwierdzenia, że badany proces był główny?
- wyjaśnić możliwości aplikacyjne wyników badań w zakresie oczyszczania ścieków
- do prezentacji sformułować wnioski ogólne w odniesieniu do tez i celów rozprawy oraz wnioski szczegółowe.

## 6. Wniosek końcowy

Odnosząc się do aktualnie obowiązujących przepisów prawnych (Dz. U 2017, poz.1789 ze zm., Dz. U z 2018r. poz. 1669 ze zm. Dz. U z 2018r. poz.1668 ze zm.) rozprawa doktorska, przygotowywana pod opieką Promotora, powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w danej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Na podstawie przekazanej do recenzji rozprawy doktorskiej, stwierdzam, że opracowanie otrzymane do recenzji spełnia podane warunki. Treść rozprawy potwierdza wiedzę teoretyczną Doktorantki, a sprecyzowanie tezy, celu i zakresu badań, ich zaplanowanie i opis a także interpretacja wyników świadczą o dojrzałości naukowej i potwierdzają umiejętność do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej o dopuszczenie **mgr inż. Doroty Szal** do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze do uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Ze względu na oryginalny, innowacyjny i szeroki obszar badań wnioskuję o wyróżnienie.

*Marta Urbaniak*