

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami

Katedra Inżynierii Górniczej i Bezpieczeństwa Pracy

Kraków, 2024-07-24

**Rada Naukowa Państwowego Instytutu Geologicznego
- Państwowego Instytutu Badawczego
Ul. Rakowicka 4
00-975 Warszawa**

Recenzja rozprawy doktorskiej

Imię i Nazwisko Doktorantki: **mgr inż. Joanna Krasuska**

Tytuł rozprawy doktorskiej: **Ocena zanieczyszczenia osadów rzek, jezior i zbiorników wodnych na skutek odprowadzania wód chłodniczych z elektrowni**

Promotor: **Prof. dr hab. Stanisław Wołkowicz**

Recenzent: **dr hab. inż. Wojciech Naworyta – prof. AGH**

Podstawa formalna

Podstawę formalną recenzji stanowi decyzja Rady Naukowej Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego z dnia 23 lipca 2024r. w sprawie powołania niżej podpisanego na recenzenta pracy mgr inż. Joanny Krasuskiej.

Informacje wstępne o przedmiocie recenzji

Praca przedłożona do recenzji jest naukowym efektem zadania badawczego nr 61.8304.1301.00.0 pt. **Ocena zanieczyszczenia osadów rzek, jezior i zbiorników wodnych na skutek odprowadzania wód chłodniczych z elektrowni** sfinansowanego ze środków przeznaczonych na działalność statutową PIG-PIB. Na przykładzie kilkunastu wybranych elektrowni konwencjonalnych ze zróżnicowanymi systemami chłodzenia przebadano czy wody odprowadzane z elektrowni do cieków i akwenów mają wpływ stan chemiczny osadów. Sprawdzone czy istnieje zależność między systemem chłodzenia elektrowni a poziomami zanieczyszczeń w osadach. Na 192 stronach



znalazło się 10 merytorycznych rozdziałów. Spis materiałów źródłowych obejmuje 151 pozycji, spis tabel – 19, a spis rycin - 95. Integralną częścią pracy jest zbiór załączników obejmujący 10 tabel z wynikami badań oraz 30 rysunków z mapami poboru próbek i ich jakości na tle lokalnej zlewni. Praca ma przejrzysty i logiczny układ, rozdziały następujące po sobie są ze sobą logicznie powiązane.

Ocena oryginalności rozwiązania naukowego

Praca dotyczy oceny wpływu wód z układów chłodzenia elektrowni konwencjonalnych na wody naturalne (akweny i cieki), do których odprowadza się część wód z systemów chłodzenia. Pod tym względem jest to praca oryginalna wnosząca nową wiedzę na temat wpływu elektrowni konwencjonalnych na środowisko. Dotychczasowe prace dotyczące wpływu elektrowni na środowisko koncentrowały się głównie na ocenie emitowanych spalin albo ocenie odpadów lub ubocznych produktów spalania. Jeżeli analizowano wody i ich wpływ to koncentrowano się przede wszystkim na ładunku ciepła odpadowego wprowadzanego do wód. Wpływ elektrowni na wody przez wprowadzanie związków pierwiastków, których stężenia mogą być toksyczne nie był dotychczas badany, a na pewno nie tak kompleksowo, jak w przypadku recenzowanej pracy. W rozdziale **4. Geochemiczne badania osadów rzek, jezior i zbiorników wodnych – przegląd dostępnej literatury** Doktorantka przedstawiła wybrane prace z zakresu określonego w tytule rozdziału.

Ocena warsztatu Autorki rozprawy

Recenzowana praca, jak zresztą każda praca dotycząca antropogenicznego wpływu na środowisko, ma charakter interdyscyplinarny. Są w niej elementy inżynierii środowiska, geologii, mineralogii, chemii, ekotoksykologii, energetyki, wreszcie statystyki matematycznej. Nie mogło być inaczej, bo w gruncie rzeczy problemy środowiska są bardzo złożone i nie sposób badać ich w oderwaniu od otoczenia biologicznego, geologicznego czy antropogenicznego.

Poruszane w pracy zagadnienia są ze sobą logicznie powiązane i jeżeli zostały w pracy omówione to dlatego, że istniał ważny do tego powód. Autorka dość swobodnie porusza się po często dość odległych zagadnieniach na tyle, na ile to było konieczne do rozwiązania problemu naukowego, dając tym dowód dobrego przygotowania teoretycznego.

Rzuca się w oczy bardzo szeroki zakres badań. W każdej z kilkunastu różnych, rozrzuconych po kraju, elektrowni pobrano wiele próbek osadów. Każdą próbkę odpowiednio przygotowano i przanalizowano pod kątem występowania interesujących pierwiastków. Dane opracowano statystycznie i oceniono biorąc pod uwagę kilka kryteriów. W pracy podjęto próbę powiązania wpływu właściwości zlewni, sposobu

chłodzenia, sposobów postępowania ze spalinami z wielkością stężeń badanych pierwiastków w osadach.

Lektura pracy nie jest łatwa. Dwanaście elektrowni konwencjonalnych z trzema różnymi systemami chłodzenia. W każdej elektrowni pobrano od kilku do kilkunastu próbek przed systemem chłodzenia, w misie chłodni kominowej, o ile takie były, oraz na wypływie wód ogrzanych do cieków powierzchniowych. W każdej próbce określano stężenia trzynastu pierwiastków, a wyniki badań analizowano w odniesieniu do trzech różnych kryteriów – geochemicznego, ekotoksykologicznego i wskaźnika geoakumulacji. W ramach kryterium ekotoksykologicznego odniesiono stężenia do dwóch istotnych poziomów krytycznych – TEC i PEC. Kombinacja tych liczb daje wyobrażenie o stopniu skomplikowania pracy. Wykonanie wyżej wymienionych czynności już tylko dla zespołu elektrowni PAK z otwartym zbiornikowym systemem chłodzenia jest bardzo trudnym i czasochłonnym zadaniem. Tymczasem Doktorantka wykonała to zadanie dla wielu elektrowni rozrzuconych po całej Polsce.

Dla oceny wiarygodności przeprowadzonych analiz wyniki badań porównano z innymi niezależnymi badaniami wykonanymi w podobnych miejscach w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ). Przy takim materiale badawczym bardzo trudno o syntezę i spójne wnioski. Moim zdaniem Autorce pracy udało się ta sztuka. Bardzo ważnym jest rozdział **9. Dyskusja wyników badań**, w którym Doktorantka podjęła się próby oceny i interpretacji uzyskanych wyników oraz powiązania poziomów stężeń z systemem chłodzenia elektrowni. W rozdziale **10. Wnioski** Autorka dokonała syntezy i sformułowała najważniejsze wnioski wypływające z pracy. Wnioski są jasne i logiczne.

Analiza krytyczna

Praca ma kilka mankamentów. Bardzo ważna jej część została niejako przemycona do rozdziału **3. Budowa systemów chłodzenia elektrowni**. Począwszy od podrozdziału pt. **Przygotowanie wody chłodzącej** na stronach od 15 do 18, przedstawiono przyczyny przedostawania się zanieczyszczeń z systemów chłodzenia do wód chłodzących. Moim zdaniem ten problem zasługuje na zupełnie osobny rozdział. To zagadnienie dla całej pracy kluczowe. Bez niego czytelnik może sobie zadawać pytanie – po co właściwie badać wody chłodzące? Skąd mogą brać się jakiegokolwiek zanieczyszczenia w tych wodach, to przecież tylko wody chłodzące? Tymczasem właśnie na tych kilku stronach przedstawiono procesy i miejsce w elektrowni, w których może występować migracja niektórych niepożądanych pierwiastków do wód chłodzących i tą drogą dotrzeć do osadów w wodach cieków powierzchniowych lub jezior. To właśnie w tym rozdziale pojawia się uzasadnienie dla wszystkich przeprowadzonych badań, których zwieńczeniem jest recenzowana praca doktorska.

Podobny zarzut mógłbym sformułować w odniesieniu do przedstawienia kryteriów oceny zanieczyszczeń w osadach wodnych. Kryteria ekotoksykologiczne z poziomami TEC i PEC oraz kryteria geochemiczne w stopniach od I do IV (tab. 4.1), które w całej pracy mają ogromne znaczenie bo służą ocenie poziomu zanieczyszczeń osadów, zostały niejako przemycone w rozdziale **4. Geochemiczne badania osadów rzek, jezior i zbiorników wodnych – przegląd dostępnej literatury**. Owszem, merytorycznie zagadnienia te pasują do rozdziału 4, ale moim zdaniem ze względu na ich kluczowe znaczenie dla całej pracy zasługują przynajmniej na osobny podrozdział. Doktorantka często przywołuje w tekście ww. kryteria. Niestety, w obecnym układzie pracy czytelnik nie ma łatwego zadania, aby odszukać liczbowe wartości poziomów zanieczyszczeń przypisane do poszczególnych pierwiastków.

W rozdziale **5. Charakterystyka geochemiczna wybranych pierwiastków** na 10 stronach scharakteryzowano 13 pierwiastków, które w pracy były przedmiotem analiz chemicznych osadów z systemów chłodzenia elektrowni. Rozdział ma głęboki sens bo przedstawia się w nim pierwiastki, których stężeń szuka się w osadach. Brakuje mi wprowadzenia do tego, zresztą nie tylko do tego rozdziału. Jeżeli w pracy pojawia się jakieś zagadnienie to powinno się we wstępie napisać po co się o tym pisze i jakie to ma znaczenie dla całej pracy. Inteligentny czytelnik domyśli się sam, ale nie jest rolą czytelnika domyślanie się, a rolą autora jest wyjaśnienie czytelnikowi co i po co znalazło się w pracy. Pierwiastki nie są scharakteryzowane według jasnego schematu, wyraźny jest brak równowagi. W przypadku arsenu, czyli na początku rozdziału wyjaśniono dlaczego i w jakiej postaci może ten pierwiastek znaleźć się w systemach chłodzenia. To ważne. Jeżeli poszukujemy go w osadach to znaczy, że jest jakiś uzasadniony powód, aby to robić. W przypadku innych pierwiastków ograniczono się do ich charakterystyki geochemicznej. Na możliwość ich obecności w systemach chłodzenia wskazano, co prawda, już wcześniej w opisanym wyżej rozdziale 3, gdzie Autorka scharakteryzowała systemy chłodzenia i procesy oraz miejsca migracji pierwiastków do wód chłodzących, jednak tu przy ogólnej charakterystyce pierwiastków zostało to pominięte. Moim zdaniem niesłusznie. W rozdziale 3 charakterystyka ma charakter ogólny, w rozdziale 5 powinna odnosić się do poszczególnych pierwiastków w sposób bardziej szczegółowy.

Nierównowaga w charakterystyce pierwiastków dotyczy również kwestii znaczenia pierwiastków dla organizmów żywych. W opisie niektórych pierwiastków zostało to szeroko opisane, w przypadku innych zupełnie pominięte. To poważny mankament, bo jeżeli poszukujemy jakiegoś pierwiastka w osadach to chciałoby się znać powody, dla których to robimy. I znowu, czytelnik zaznajomiony z problemami ochrony środowiska wie, że omawiane metale mogą być toksyczne, jednak Autorka pracy nie powinna zakładać tzw. wiedzy uprzedniej czytelnika. Na pewno nie w pracy doktorskiej.

Biorąc pod uwagę treść rozdziału 5 nie jestem pewien czy tytuł **Charakterystyka geochemiczna wybranych pierwiastków** jest adekwatny. Charakterystyka przedstawiona w rozdziale 5 wykracza często poza zagadnienia geochemiczne.

W rozdziale **7. Charakterystyka obszarów oraz elektrowni objętych badaniami** na 30 stronach obszernie opisano każdą elektrownię na tle obszaru lokalnej zlewni. Znowu brakuje mi kilku zdań wprowadzenia. Dlaczego jest tu ten rozdział, po co Autorka poświęca tak dużo miejsca na szczegółową charakterystykę geologiczną zlewni. Zrozumiałe jest dla mnie, że budowa geologiczna zlewni może mieć wpływ na osady w ciekach czy akwenach, domyślam się tego, ale nie jest moją rolą domyślanie się co i po co. Kilka zdań wprowadzenia do rozdziału byłoby wystarczającym wyjaśnieniem. We wstępie napisałem, że praca ma bardzo logiczny i jasny układ, każdy rozdział ma sens i właściwe miejsce w pracy. Wciąż tak uważam, brakuje mi jednak tych kilku zdań wiążących poszczególne zagadnienia, wskazujących na celowość i znaczenie poszczególnych rozdziałów.

We wnioskach poza przypadkiem systemu otwartego zbiornikowego w elektrowniach PAK nie odniesiono się do wpływu charakteru geologicznego zlewni na poziomy stężen. Według mnie jest to uzasadnione, bo w znakomitej większości przypadków stężenia analizowanych pierwiastków nie są wysokie w porównaniu do tła, czyli poziomów stwierdzanych przed wpływem wód do systemów chłodzących. Różnice w poszczególnych elektrowniach również nie są na tyle znaczące, aby móc doszukiwać się korelacji pomiędzy właściwościami mineralogicznymi zlewni a stężeniami analizowanych pierwiastków w osadach. Moim zdaniem należałoby to jednak wyartykułować. Niezależnie od tego czy korelacja została stwierdzona czy nie, uważam, że przedstawiona w rozdziale 7 analiza obszarów w granicach zlewni ma swoje głębokie uzasadnienie.

W dyskusji wyników w podrozdziale **9.6 Korelacja zawartości pierwiastków** przeprowadzono analizę statystyczną korelacji analizowanych pierwiastków. Wykazano, że pomiędzy niektórymi pierwiastkami występuje korelacja. Ta analiza nie została w żaden sposób skomentowana. Nie podjęto próby interpretacji lub wyjaśnienia stwierdzonych korelacji. Wydaje mi się, że wyjaśnienie statystycznych zależności pomiędzy poziomami stężeń różnych pierwiastków w osadach jest dość trudne, być może nawet wykracza poza cele pracy zdefiniowane przez Doktorantkę. Tym niemniej, uważam, że jeżeli już analiza korelacji pojawiła się w pracy to wynik tej analizy powinien zostać przynajmniej skomentowany. Same liczby zestawione w tabelach nic nie znaczą.

W pracy znalazły się błędy natury językowej. Nie jest ich wiele, dlatego odstąpiono od wymieniania ich na łamach recenzji. Doktorantka otrzyma egzemplarz pracy z

zaznaczonymi miejscami, gdzie zdaniem niżej podpisanego występują błędy językowe. W przypadku publikacji w druku należy je wyeliminować.

Podsumowanie

Praca doktorska będąca przedmiotem recenzji jest materialnym efektem wielu długich i żmudnych analiz, poczynając od wytypowania obszaru badań, przez fizyczny pobór prób i ich analizę, przez interpretację wyników, ich porównanie, weryfikację aż po próbę wyjaśnienia związków przyczynowo-skutkowych obserwowanych zjawisk. Praca doktorska wnosi nową treść do problematyki wpływu elektrowni konwencjonalnych na środowisko w obszarze, który dotychczas był raczej pomijany. Stanowi oryginalny wkład do nauki. Ponieważ praca dotycząca problematyki wpływu przemysłu na środowisko z definicji ma charakter interdyscyplinarny Doktorantka musiała wykazać się dużą wiedzą i znajomością zagadnień z bardzo nieraz odległych obszarów nauki. Swoją pracą Doktorantka udowodniła, że jest gotowa do prowadzenia samodzielnych badań naukowych.

Biorąc pod uwagę wartość merytoryczną, naukową i poznawczą oraz oryginalność recenzowanej rozprawy stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Krasuskiej spełnia warunki określone w art. 13.1 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późn. zm.) i wnioskuję do Rady Naukowej Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego o dopuszczenie mgr inż. Joanny Krasuskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na szeroki zakres prac badawczych, kompleksowość, oryginalność oraz bardzo dobry warsztat badawczy, którym wykazała się Doktorantka, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Krasuskiej.

Dr hab. inż. Wojciech Naworyta – prof. AGH