

Prof. dr hab. Agnieszka Gałuszka
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Instytut Chemii
Zakład Chemii Analitycznej i Geochemii Środowiska
25-406 Kielce
ul. Uniwersytecka 7

Kielce, 29.03.2022 r.

Recenzja pracy doktorskiej pt. „Aerozole solne w atmosferze podziemnej Kopalni Soli Bochnia; geneza, skład, przyczyny dystrybucji i potencjalne znaczenie w lecznictwie” napisanej przez mgr inż. Aleksandrę Marię Puławską pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Macieja Maneckiego w Katedrze Mineralogii, Petrografii i Geochemii, na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wprowadzenie

Recenzja została wykonana na podstawie pisma WGGiOŚ-dz.0154-93/2022 Rady Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 31 stycznia 2022 r. w sprawie powołania mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Puławskiej pt. „Aerozole solne w atmosferze podziemnej Kopalni Soli Bochnia; geneza, skład, przyczyny dystrybucji i potencjalne znaczenie w lecznictwie”.

Temat rozprawy dotyczy aerozoli i pyłów występujących w zabytkowej Kopalni Soli „Bochnia”, w której aktualnie prowadzi się działalność turystyczną, rekreacyjną i leczniczą. Badania powietrza wewnątrz pomieszczeń są niezbędne dla zapewnienia zdrowia człowieka i z tego powodu są one często prowadzone w wielu obiektach użyteczności publicznej, takich jak szkoły, szpitale, urzędy. Kopalnia Soli „Bochnia” to miejsce, w którym przebywają turyści i kuracjusze, stanowiące dość specyficzne środowisko dla człowieka. Istotne jest zbadanie, jakie są źródła pochodzenia i skład podziemnych aerozoli w odniesieniu do ich potencjalnego wpływu na zdrowie ludzi, czego podjęta się w swojej rozprawie Doktorantka. Temat pracy można zaliczyć do tematyki badawczej aeromineralogii, utworzonej przez prof. dr hab. inż. Andrzeja Maneckiego i rozwijanej od lat 70-tych XX wieku w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, a obecnie uprawianej w wielu ośrodkach naukowych zarówno w kraju, jak i za granicą.

Ocena redakcyjna rozprawy doktorskiej

Rozprawa ma formę obszernego opracowania liczącego 175 numerowanych stron oraz trzy załączniki. Jej struktura jest typowa dla prac naukowych. Rozpoczyna się ona *Streszczeniem* oraz krótkim *Wprowadzeniem*. Kolejno, w rozdziale *Aktualny stan wiedzy*, dokonano krótkiego przeglądu literatury na temat charakterystyki i źródeł aerozoli atmosferycznych, ze szczególnym uwzględnieniem składu i właściwości leczniczych aerozoli w podziemnych kopalniach soli. Opisano także historię i problematykę badań aerozoli w zakładach górniczych w Polsce, w których jest prowadzona działalność turystyczna, lecznicza i rekreacyjna. Ważnym

zagadnieniem ujętym w tej części pracy jest charakterystyka działalności uzdrowiskowej i opis historii użytkowania zabytkowej Kopalni Soli „Bochnia”.

W następnej części rozprawy przedstawiono *Cele pracy*. W rozdziale *Metodyka badań* opisano badany obiekt, przedstawiono miejsca i sposób pobrania próbek, zastosowane metody analityczne i obliczeniowe. Kolejno, zaprezentowano wyniki badań, osobno dla pyłu zawieszonego i pyłu opadowego oraz wartości współczynników wzbogacenia w pyłach opadowych. Wyniki analiz próbek pyłu zawieszonego zawierają dane na temat wartości stężeń, składu mineralnego i mikromorfologii cząstek, stężeń węgla organicznego i elementarnego oraz wybranych jonów i pierwiastków, natomiast wyniki badań pyłu opadowego obejmują występowanie, skład mineralny, mikromorfologię i skład pierwiastkowy cząstek.

Kolejną częścią pracy jest rozdział *Dyskusja wyników i identyfikacja źródła aerozoli*. Jest on podzielony na trzy podrozdziały, w których przedstawiono potencjalne źródła aerozoli w badanych próbkach, w tym procesy wietrzenia i erozji skał, ruch turystyczny oraz powietrze zewnętrzne. Rozdziały 6 i 7 (*Potencjalne zastosowanie podziemnych aerozoli w lecznictwie oraz wskazówki dla zarządzających* i *Podsumowanie i ocena strategii analitycznej badań podziemnych aerozoli*) mają charakter analizy uzyskanych wyników dotyczącej możliwości ich wykorzystania na potrzeby działalności uzdrowiskowej w Kopalni Soli „Bochnia”. W rozdziale 9, *Przyszłe kierunki badań*, opisano plany badawcze Autorki pracy dotyczące bakterii halofilnych, w ramach realizowanego przez nią projektu NCN PRELUDIUM. Rozdział 10 *Podsumowanie i wnioski* kończy część opisową pracy. Bezpośrednio po jego zakończeniu umieszczono spis pozycji literatury oraz *Załączniki* zawierające rozkładaną wkładkę ze schematem wentylacyjnym Kopalni Soli „Bochnia”, spisy tabel i rysunków. Bibliografia zawiera 314 pozycji literatury, w tym trzy współautorskie publikacje Doktorantki oraz 4 adresy stron internetowych.

Struktura rozprawy jest poprawna. Podział prezentowanych treści jest przemyślany i wpływa na dobry odbiór całości opracowania. Kolejność rozdziałów jest właściwa, a przedstawione tezy kompletne. Wartościowym uzupełnieniem tekstu są liczne ryciny, w tym mikrofotografie SEM w bardzo dobrej rozdzielczości oraz towarzyszące im widma EDS. Praca jest napisana starannie, choć Autorka nie uniknęła pewnych błędów redakcyjnych i językowych. Przykładem takiego niedociągnięcia edytorskiego jest pozostawianie pustego miejsca przed rycinami i tabelami (np. str. 49, 53, 61, 69), niekiedy o objętości ponad pół strony. W spisie literatury brakuje pozycji, które są cytowane w tekście pracy, Marszałek 1992 (str. 1), Tanda i in. 2019 (str. 6, 137), Shrivastava i in. 2017 (str. 115). W przypadku niektórych z cytowanych prac podano w tekście pracy inny rok wydania niż w spisie literatury, np. Wilczyńska-Michalik i in. 2016, Tobler i in., 2021, Gębarowska i in. 2017, Anioł i in. 2021. Dwie publikacje, które są wymienione w spisie literatury, tj. Cong i in. 2009 oraz Shiraiwa i in. 2012 nie są cytowane w tekście pracy. Niekiedy zastosowano niewłaściwy lub niekonsekwentny sposób cytowania literatury w części opisowej, np. na str. 3 zamiast „Błaszczak i in. 2020” powinno być „Błaszczak i Mathews 2020”; na str. 8 zamiast „Wasik i in. 2021” powinno być „Wasik i Tuuminen 2021”.

Słabą stroną ocenianego opracowania jest dość swobodny styl pisanie i częste używanie kalek z języka angielskiego (np. „figura” zamiast „rycina”, „rysunek”; „poniżej limitu detekcji” zamiast „poniżej granicy wykrywalności”; „reżimów wilgotnościowych” zamiast „wahań

wilgotności”; „stan utlenienia” zamiast „stopień utlenienia”) lub sformułowań żargonowych. Wielokrotnie w pracy pojawiają się sformułowania „jony rozpuszczalne w wodzie” lub „przebieg stężeń”. Zamiast określenia „fragmenty skór” (np. str. 91) czy „fragmenty złuszczonej skóry” powinno się użyć terminu „złuszczony naskórek”.

Poniżej przytoczono wybrane przykłady nieprawidłowych sformułowań:

Str. 48, linijka 6: „...cząstki bogate w C były szczególnie obfite...”

Str. 51, linijki 5-6: „Spadek stężenia TC kontynuował się do punktu I.2...”

Str. 52, ostatnia linijka: „...wykryto większą liczbę jonów...”

Str. 57, linijka 23: „...zanotowano 3,5-krotny spadek tego jonu...”

Str. 65, linijka 7: „...stężeń tych trzech pierwiastków, które spadły w próbce I.2...”

Str. 67, linijka 4: „Zawartość tego minerału drastycznie spadła...”

Str. 80, linijka 21: „...stężenia pierwiastków śladowych podążały za tendencją wzrostową stężeń...”

Str. 86, linijka 31: „...geologia złoża „Bochnia” odsłonięta w podziemnych wyrobiskach kopalni...”

Str. 89, linijka 3: „...z wnętrza wnętrzu kopalni...”

Str. 95, linijka 18: „Większy wzrost PO_4^{3-} na stanowisku...”

Str. 100, linijka 13: „...mają znacznie inną morfologię...”

Str. 102, linijki 15-16: „...mogą reagować ze skorupą ziemską...”

Str. 102, linijka 17: „... w grubych cząsteczkach...”

Str. 107, linijki 4-5: „...ogólny spadek pierwiastków śladowych...”

Str. 128, linijka 15 „...wystarczająco wspólne...”

Przykłady te powinny być zachętą dla Doktorantki do większej dbałości o precyzję i poprawność językową podczas przygotowywania przez Nią tekstów naukowych, ale nie wpływają na ocenę merytoryczną rozprawy, która zostanie przedstawiona w kolejnej części recenzji.

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

W badaniach wykorzystano wiele metod analiz chemicznych i mineralogicznych, które umożliwiły dokonanie bardzo dokładnej charakterystyki składu badanych próbek. Oprócz analizy aerozoli, które były głównym obiektem badań, wykonano także badania pyłu zdeponowanego na wysokości 0,3-0,5 m, określanego w pracy terminem „pył opadowy”, co pozwoliło na porównanie wyników analiz i wyznaczenie współczynników wzbogacenia. Próbkę do badań były pobierane dwukrotnie, w czerwcu 2019 (okres letni) i w styczniu 2021 (okres zimowy), w czterech seriach. Próbkę pyłu zawieszonego były pobierane metodami filtracyjną oraz płuczkową. Badano dwie frakcje pyłu zawieszonego – pył całkowity i PM_{10} . Do badań pobranych próbek wykorzystano następujące metody i techniki: grawimetrię, metodę termiczno-optyczną, chromatografię jonową, ICP-OES i ICP-MS, XRD, SEM/EDS. Dzięki skorzystaniu z tak dużej liczby metod uzyskano duży zbiór danych. Szkoda, że w pracy nie wykorzystano narzędzi statystycznych, które mogłyby być przydatne do uporządkowania tych danych i oceny zależności między nimi. Stwierdzenia o charakterze intuicyjnym, jak np. „zaobserwowano korelujący się wzrost zawartości”, czy „istotnie wzbogacony w Zn oraz

umiarkowanie wzbogacony w Cu” które są używane w pracy nie są uprawnione bez wykonania odpowiednich obliczeń.

Współczynniki wzbogacenia (a nie jak w tytule podrozdziału 4.4. „wskaźniki zanieczyszczenia”) w geochemii środowiska i geochemii poszukiwawczej są najczęściej używane w celu wskazania anomalii geochemicznych lub oceny wpływu zanieczyszczeń na osady dennie i gleby. Do ich wyliczenia konieczna jest znajomość tła geochemicznego analizowanej substancji w próbkach o jednakowej matrycy, co matryca badanych próbek. W pracy doktorskiej wykorzystano jako tło geochemiczne zawartości pierwiastków w osadach morskich wg. Turekiana i Wedepohla (1961) oraz tzw. „lokalne tło geochemiczne”, za które Doktorantka uznała próbkę ze stanowiska I.7. Można mieć zastrzeżenia do użycia osadów morskich jako wzorców tła geochemicznego dla pyłów opadowych, szczególnie w przypadku próbek pyłu pobranego na zewnątrz kopalni (na stanowisku E.1). Wartości współczynnika EF wyznaczone z wykorzystaniem obu rodzajów wzorców znacznie się różnią, co nie zostało w pracy dostatecznie wyjaśnione, poza przykładem strontu na str. 89.

Dyskusja wyników skupia się na zagadnieniu źródeł pochodzenia składników pyłu zawieszonego. Wśród wymienionych w pracy źródeł węgla organicznego, w podrozdziale 6.2.1. wymieniono złuszczony naskórek ludzi przebywających w kopalni, a w podrozdziale 6.3.4., składniki biogeniczne, takie jak pyłki roślinne, okrzemki, zarodniki grzybów. W dalszej części rozprawy (str. 139) można przeczytać, że w powietrzu Kopalni Soli „Bochnia” występują halofilne archeony w liczbie 10^6 jednostek tworzących kolonie na m^3 . Czy obecność tych bakterii może mieć wpływ na stężenia węgla organicznego w badanych próbkach?

W podrozdziale 4.3.1. i 4.3.2. używano do opisu składu pierwiastkowego określeń: mikroelementy, pierwiastki główne i śladowe, natomiast w dalszej części pracy (podrozdziały 5.2.3., 6.1.2., 7.1. oraz rozdział 8) pierwiastki te są podzielone na: główne (Na, Ca, Fe, Al, S, Mg, K), poboczne (P, Mn, Sr i Zn) i śladowe (Ag, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Ti, Tl, U, V, W, Zr). Przed opublikowaniem pracy należy ujednolicić te nieścisłości terminologiczne. Wyniki badań przedstawione w postaci wartości liczbowych w tabelach 2, 3 i 4 oraz na rysunkach 5.13, 5.14 powinny być zaokrąglone do cyfr znaczących.

Mimo wymienionych powyżej uwag, praca jest wartościowym opracowaniem, w którym przedstawiono oryginalne wyniki badań próbek pobranych w Kopalni Soli „Bochnia”, wzbogacając tym samym wiedzę o jakości powietrza w podziemnych wyrobiskach i o źródłach emisji pyłu zawieszonego i tego, pochodzącego z depozycji wewnątrz obiektu. Ciekawe są obserwacje związane z wymuszonym obiegiem powietrza w kopalni i jego wpływem na skład powietrza. Wyniki badań mają znaczenie praktyczne, a dość nietypowe dla rozpraw doktorskich części pracy, poświęcone analizie stosowalności metodyki badań do monitoringu jakości powietrza w przyszłości, a także wskazówki dotyczące lokalizacji nowych komór leczniczych są cennymi informacjami dla kadry zarządzającej obiektem oraz prawodawców odpowiedzialnych za wprowadzanie standardów jakości powietrza. Należy podkreślić, że Doktorantka jest świadoma pewnych ograniczeń przeprowadzonych badań, chociażby niewielkiej liczby próbek i pobierania próbek tylko raz w sezonach zimowym i letnim. Przedstawiła Ona krytyczną ocenę

zastosowanego w badaniach podejścia, co świadczy o Jej gotowości do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Bardzo interesujący jest rozdział 9 *Przyszłe kierunki badawcze*, w którym Doktorantka przedstawiła w zarysie swoje badania, które realizuje w ramach projektu NCN PRELUDIUM. Dotyczą one halofilnych archeonów, które występują w powietrzu w Kopalni Soli „Bochnia” i mogą mieć znaczenie w haloterapii. Ze względu na zdolność tych mikroorganizmów do życia w warunkach ekstremalnych, wyniki przyszłych badań Doktorantki mogą być interesujące dla astrobiologów.

Podsumowanie

Doktorantka swobodnie posługuje się terminologią specjalistyczną oraz zna metody badawcze stosowane w mineralogii i geochemii. O dobrym opanowaniu warsztatu naukowego świadczą już opublikowane artykuły w czasopismach o zasięgu międzynarodowym oraz uzyskanie finansowania badań w konkursie NCN PRELUDIUM.

Przygotowując przedstawioną do recenzji rozprawę, Pani mgr inż. Aleksandra Puławska udowodniła, że posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, tj. formułowania problemów badawczych, stawiania hipotez naukowych, właściwego dobierania metod badawczych i poprawnego ich stosowania oraz analizowania wyników i wyciągania wniosków. Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska odpowiada wymogom Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r., Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 r., poz. 1668 z późn. zm.; tekst jednolity Dz.U. 2022 r. poz. 574).

.....
Agnieszka Górska