



Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Elżbieta Hałaj

pt. „Warunki występowania i możliwości wykorzystania wód i energii geotermalnej
z utworów mezozoicznych niecki mogileńsko-łódzkiej”

Promotor rozprawy:

dr hab. inż. Beata Kępińska, prof. IGSMiE PAN

Podstawa opracowania

Recenzja ww. rozprawy doktorskiej została wykonana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Nauki o Ziemi i Środowisku” Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, prof. dr hab. inż. Jacka Matyszkiewicza, z dnia 07.03.2022 r. (uchwała nr 8). Oceny pracy dokonałem odnosząc się do przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz.U. 2018 poz. 1668) „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Elżbieta Hałaj składa się z czterech artykułów naukowych dotyczących zagadnień związanych z możliwościami wykorzystania energii geotermalnej z wód znajdujących się w osadach mezozoicznych niecki mogileńsko-łódzkiej. Artykuły wchodzące w skład rozprawy zostały opublikowane w latach 2015-2021 w recenzowanych czasopismach znajdujących się na liście JCR oraz w wykazie MEiN. Stanowią one spójny i powiązany ze sobą tematycznie zbiór. Ich sumaryczny Impact Factors wynosi 7,544 natomiast suma punktów wg wykazu Ministerstwa Edukacji i Nauki



wynosi 210. Łączna liczba cytowań bez autocytowań według bazy Scopus wynosi 21 (według stanu na 02.05.2022 r.). Podobnie wyglądają cytowania omawianych prac według bazy Web of Science, gdzie ich liczba wynosi 18.

W skład rozprawy wchodzi następujące publikacje:

Hałaj E. (2015). Geothermal bathing and recreation centres in Poland. *Environmental Earth Sciences*, 74: 7497–7509. DOI 10.1007/s12665-014-3740-5

Hałaj E. (2019) Characteristics and sustainable utilisation prospects of geothermal waters of the liassic formations in the Mogilno–Lodz Trough, Poland. *Sustainable Water Resources Management*, 5: 1537–1553. DOI10.1007/s40899-018-0235-7

Hałaj E., Kępińska B. (2019) Conjunctive uses of the geothermal water resources from lower cretaceous formations in the Mogilno–Lodz trough, Poland. *Sustainable Water Resources Management*, 5: 1479–1494. DOI 10.1007/s40899-018-0284-y

Hałaj E., Pająk L., Papiernik B. (2021) Simulation study of the Lower Cretaceous geothermal reservoir for Aquifer Thermal Energy Storage. *Environmental Geochemistry and Health*, DOI 10.1007/s10653-021-01130-7 (wraz z supplementary materials do artykułu)

Załączone artykuły poprzedzono obszernym opisem liczącym 40 stron, w którym Autorka przedstawia ogólny kontekst swojej pracy, omawia cele badawcze, budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne obszaru niecki mogileńsko-łódzkiej, a także prezentuje wyniki swoich badań w odniesieniu do postawionych celów badawczych oraz użytkowych. Całość kończy przedstawieniem najistotniejszych osiągnięć oraz wnioskami i spisem literatury.

Zakres prac oraz udział procentowy Autorki w poszczególnych artykułach został określony i potwierdzony przez współautorów w załączonych oświadczeniach (zał. 6).

Ocena pracy

Przedłożona do oceny rozprawa pt.: „Warunki występowania i możliwości wykorzystania wód i energii geotermalnej z utworów mezozoicznych niecki mogileńsko-łódzkiej” obejmuje autorską syntezę problemu przedstawiającą cele i koncepcję badawczą, przegląd metod, problematyki oraz wyniki badań wraz z dyskusją i wnioskami. Integralną część stanowią załączone, wymienione powyżej, oryginalne prace badawcze.



Recenzowana praca dotyczy jakże aktualnego obecnie (przy rosnących cenach paliw i znacznej niepewności w dostawach surowców energetycznych) problemu możliwości wykorzystania energii geotermalnej, a także magazynowania ciepła. Autorka za podstawowy cel badawczy przyjęła rozpoznanie warunków występowania wód i energii geotermalnej z utworów mezozoicznych niecki mogileńsko-łódzkiej. Przeprowadziła analizę porównawczą parametrów wód stosowanych w istniejących ośrodkach geotermalnych na obszarze badań. W pracach, wchodzących w skład rozprawy, Pani Elżbieta Hałaj podjęła zagadnienie zmienności przestrzennej i głębokościowej występowania w wodach wybranych pierwiastków oraz mineralizacji i ich temperatury.

Moim zdaniem, niezwykle cennym efektem niniejszej rozprawy jest opracowanie modelu numerycznego systemu magazynowania ciepła w warstwach wodonośnych w niecce mogileńsko-łódzkiej. Tego typu badania są rzadko podejmowane i prezentowane. Przedstawione zagadnienie może przyczynić się do wprowadzenia nowoczesnych rozwiązań w sektorze geotermii w Polsce (magazynowania ciepła w warstwach wodonośnych).

Artykuły wchodzące w skład przedłożonej dysertacji stanowią dobrze udokumentowany materiał badawczy, który spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Pod względem merytorycznym nie budzą zastrzeżeń i stanowią powiązany ze sobą tematycznie zbiór. Ponadto prace te zostały już ocenione przez niezależnych recenzentów.

Zakres merytoryczny poszczególnych prac i główne ich wyniki zostały szczegółowo przez doktorantkę opisane w poprzedzającym zestawione prace wstępie. Wkład merytoryczny Pani mgr inż. Elżbiety Hałaj należy ocenić pozytywnie. Został jednoznacznie omówiony w przedstawionym materiale oraz w oświadczeniach autorów. We wszystkich pracach wchodzących w skład recenzowanej rozprawy doktorskiej Pani Elżbieta Hałaj jest pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym. W pierwszych dwóch pracach jest jedynym autorem, natomiast w kolejnych dwóch artykułach jej udział został określony na 80%.



Podczas analiz przedstawionego przez doktorantkę materiału nasuwają się także zagadnienia dyskusyjne, które moim zdaniem wymagają dodatkowych wyjaśnień ze strony Autorki, jak np.:

- czy były wykonywane własne analizy hydrochemiczne próbek wód ?, czy też Autorka oparła się tylko na oznaczeniach archiwalnych ?
- jaki był zakres analiz i czy w przypadku analiz pochodzących z różnych laboratoriów można było porównać ich wyniki oraz metodykę oznaczeń z wykonywanych w różnych latach serii badawczych ?
- dlaczego nie uwzględniono lokalizacji GZWP nr 401 przy wykonywanym modelu matematycznym ? Jak zdaniem Autorki, magazynowanie w tym obszarze wód termalnych może wpłynąć na zasoby wód słodkich? czy mogą pojawić się jakieś zagrożenia dla zasobów wód słodkich ?
- jaki jest obszar zasilania wód podziemnych w rejonie obszaru magazynowania wód (ATES) ? Czy zasilanie odbywa się z północnego-wschodu? czy raczej z północnego-zachodu, na co wskazują mapy hydrogeologiczne głównego użytkowego poziomu wodonośnego.
- jaki wpływ na magazynowanie ciepła (ATES) ma przepływ wody/ruch wody ?
- przemiany fazowe zachodzące w obszarze magazynowania ciepła - czy zostały uwzględnione przez Autorkę tylko te zasadnicze, i np. brak odpowiednich danych uniemożliwił pełną ich analizę ?, czy są także spodziewane inne ograniczenia w tym zakresie ?

Zdaję sobie sprawę, że jest to problem złożony i może to być zagadnienie na kolejną dysertację. Jednak są one istotne dla weryfikacji uzyskanych wyników a stopień ich znajomości wpływa na rozpoznanie czynników i procesów warunkujących możliwości magazynowania ciepła, a także może mieć istotne znaczenie dla chemizmu i zasobów wód na tym obszarze.

Doktorantka zrealizowała zakładany cel badawczy. Pod względem merytorycznym praca nie budzi zastrzeżeń. Opiniowana rozprawa doktorska ma charakter metodyczny oraz praktyczny. Jej wyniki powinny być uwzględniane przy planowaniu nowych inwestycji geotermalnych na obszarze niecki mogileńsko-łódzkiej. Podkreślić należy nowatorskie oraz kompleksowe podejście do tego typu badań. Poprawnie wykonane modelowanie



matematyczne i prawidłowe analizy mogą także przyczynić się do ustalenia możliwości i określenia wymogów dla magazynowania ciepła na innych obszarach w Polsce.

Po analizie treści artykułów, stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej, oraz autorskiego tekstu rozprawy, biorąc także pod uwagę kwestie dyskusyjne, wyrażam zdanie, że przedłożona do recenzji rozprawa porusza istotny i oryginalny problem naukowy. Z pewnością zebrany materiał badawczy może być wykorzystany aplikacyjnie, a metodyka badawcza znaleźć także zastosowanie na innych obszarach. Rozprawa jest dobrze przygotowana od strony redakcyjnej. Autorka szczegółowo przeprowadziła dyskusje uzyskanych wyników badań w odniesieniu do celów badawczych, a także przedstawiła możliwości praktycznego ich zastosowania.

Wniosek końcowy

W konkluzji stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Elżbiety Hałaj jest oryginalnym osiągnięciem badawczym. Doktorantka osiągnęła założony cel pracy i wykazała, iż posiada zdolność do samodzielnego rozwiązywania zagadnień badawczych. Wykazała zdolność do rozwiązywania problemów naukowych oraz wnioskowania na podstawie uzyskanych wyników badań.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska zgodnie z przepisami Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 z późn. zm. o stopniach i tytule naukowym oraz w zakresie sztuki), spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Wnioskuje zatem do Rady dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie o dopuszczenie mgr inż. Elżbieta Hałaj do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Arkadiusz Krawiec