

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Mazurkiewicz

**pt. „Ocena obszarów perspektywicznych dla geotermalnego wykorzystania
wód niskotemperaturowych w województwie małopolskim”**

Recenzja ww. rozprawy doktorskiej została wykonana na podstawie pisma Dziekana Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH z dnia 20.07.2017 r. wynikającego z uchwały Rady WGGiOŚ z dnia 27.06.2017 r. Manuskrypt pracy otrzymałem 31.07.2017 r.

Recenzowana rozprawa doktorska jest pracą z zakresu hydrogeologii stosowanej. Dotyczy istotnego zagadnienia związanego z oceną możliwości wykorzystania wód podziemnych do celów grzewczych. Podjęty temat wpisuje się w nurt współczesnych badań szeroko rozumianej ochrony środowiska, w tym także możliwości ograniczania emisji szkodliwych substancji do atmosfery poprzez powszechne zastosowanie alternatywnych źródeł energii.

Praca Pani mgr inż. Justyny Mazurkiewicz została napisana w Katedrze Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Promotorem rozprawy jest Pani dr hab. Ewa Kmiecik, prof. AGH, a promotorem pomocniczym Pani dr hab. inż. Barbara Tomaszewska, prof. AGH. Całość recenzowanej rozprawy obejmuje 155 stron tekstu (w tym 59 rycin i 28 tabel) oraz 18 stron spisu literatury i 4 strony spisu rycin, tabel i załączników. Dołączone na płycie CD załączniki to kolejne 200 stron na których zamieszczone są liczne wykresy, ryciny i tabele. Należy podkreślić, że zał. 5 to opublikowana w Przeglądzie Geologicznym praca pt. „Analiza możliwości wykorzystania wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w systemach

geotermii niskotemperaturowej w Małopolsce. Część II. Przykład ujęcia Zawoja-3" (autorzy: J. Mazurkiewicz, E. Kmiecik, B. Tomaszewska).

Treść pracy podzielona została na 8 rozdziałów. Praca jest dobrze udokumentowana wynikami szczegółowych analiz materiałów archiwalnych oraz uzupełniona została o własne wyniki badań polowych i laboratoryjnych.

Zasadniczym celem niniejszej pracy sformułowanym przez doktorantkę, było wskazanie w obrębie województwa małopolskiego obszarów perspektywicznych dla wykorzystania wód podziemnych w instalacjach niskotemperaturowych wspomaganych pompami ciepła typu woda/woda. Autorka oceniła potencjał energetyczny, którego wykorzystanie jest możliwe na obszarze województwa. Wykazała, że rozwój tego typu geotermii niskotemperaturowej uzależniony jest i będzie m.in. od przyjętych przez Unię Europejską oraz Polskę przepisów formalno-prawnych dotyczących możliwości wykorzystania wód podziemnych. Omówiła także efekt ekologiczny jaki można osiągnąć poprzez powszechne zastosowanie alternatywnych źródeł energii do celów grzewczych.

Kompleksowe rozpoznanie warunków hydrogeologicznych i hydrochemicznych w wodach podziemnych dla całego województwa małopolskiego było zadaniem nietrywialnym zważywszy na skomplikowane systemy krążenia wód w poszczególnych jednostkach geologicznych i piętrach wodonośnych. Przyjęty temat rozprawy doktorskiej oraz założenia badawcze należy uznać za istotne z punktu widzenia rozpoznania warunków hydrogeologicznych i oszacowania mocy cieplnej możliwej do pozyskania z analizowanych poziomów wodonośnych.

Zgromadzone dane (baza danych HYDRO) zostały szczegółowo przeanalizowane i poddane weryfikacji przez doktorantkę. Można mieć pewne zastrzeżenia co do jakości wszystkich danych zawartych w tej bazie ale nie ma obecnie lepszej i większej ilości informacji na temat ujęć wód podziemnych. Autorka w pełni wykorzystwała te dane, niejednokrotnie podchodząc krytycznie do ich zawartości, bo niewątpliwie niektóre z nich budzą wątpliwości (np. temperatury wód w płytkich czwartorzędowych poziomach wodonośnych dochodzące do 22,5°C (str. 78).

Opiniowaną rozprawę otwiera wstęp, w którym po zarysowaniu problematyki analizowanej w pracy uzasadnieniu wyboru tematyki badawczej, Autorka scharakteryzowała cel i zakres prac oraz wskazała metodykę badań. Metodykę pracy należy ocenić pozytywnie, jest to kompleksowe podejście do tego zagadnienia. Realizacja celu pracy wymagała także

przeprowadzenia własnych prac badawczych, szczegółowej analizy olbrzymiej bazy danych archiwalnych, a także wykonania szeregu prac kameralnych. Dodatkowo Autorka przeprowadziła weryfikację funkcjonowania pracujących od kilku lat systemów pomp ciepła typu woda/woda na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych.

W kolejnym rozdziale doktorantka dokładnie przedstawiła charakterystykę obszaru badań zarówno pod względem geograficznym jak i geologicznym oraz hydrogeologicznym. Charakterystyka obszaru badań przedstawiona jest wystarczająco szczegółowo. Zbyteczne wydaje się być zamieszczone w tym rozdziale podsumowanie.

W rozdziale 3 doktorantka omawia zasady działania pomp ciepła i wykorzystanie wód podziemnych jako niskotemperaturowego źródła ciepła. Porusza także związane z tym zagadnieniem aspekty prawne.

W kolejnym rozdziale została zaprezentowana metodyka badań, zasady weryfikacji bazy danych HYDRO, co było istotnym elementem pracy oraz zasady oszacowania mocy cieplnej, których wyniki przedstawia w kolejnym rozdziale i na załącznikach. Prezentuje także metodykę oceny stabilności składu badanych wód do których wykorzystano wyniki Monitoringu Wód Podziemnych pozyskane z bazy GIOŚ.

Możliwość wykorzystania wód podziemnych w systemach geotermii niskotemperaturowej zweryfikowała na przykładach pięciu instalacji działających w oparciu o wody z utworów czwartorzędowych, gdzie przeprowadziła badania terenowe oraz laboratoryjne. Uzyskane wyniki porównała z wartościami granicznymi stężeń dla parametrów fizykochemicznych podanymi przez producentów pomp ciepła oraz z wartościami dopuszczalnymi zawartymi w RMZ 2015 i RMŚ 2014.

W rozdziale 5 doktorantka prezentuje wyniki przeprowadzonych badań. Omawia przykłady funkcjonujących instalacji niskotemperaturowych bazujących na wodach podziemnych, przedstawia obliczenia mocy cieplnej ujęć wód podziemnych (dla 1096 studzien) z podziałem na poszczególne pietra wodonośne. W rozdziale tym analizuje także skład chemiczny wód podziemnych pod względem spełnienia wymogów producentów pomp ciepła. Doktorantka ocenia agresywność korozyjną wód i analizuje możliwości wytrącania się osadów wtórnych. W pracy przeprowadzona została także ocena stabilności składu chemicznego wód podziemnych na terenie województwa małopolskiego na podstawie danych z Monitoringu Wód Podziemnych. Ma to istotne znaczenie na dobór odpowiedniej instalacji oraz ich bezawaryjną i długą pracę (czyli ostatecznie na tzw. kosztochłonność systemu).

Autorka w rozdziale tym wskazuje obszary perspektywiczne dla zastosowania pomp ciepła typu woda/woda.

W kolejnym rozdziale omawia i analizuje pracę kilku systemów geotermii niskotemperaturowej na terenie Małopolski. Przeprowadza analizę miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Uzyskane wyniki badań własnych porównuje z wartościami granicznymi stężeń parametrów fizykochemicznych podanymi przez niektórych producentów pomp ciepła oraz z wartościami dopuszczalnymi dla tych wskaźników. Efektem tych analiz jest wskazanie schematu postępowania przy ocenie możliwości wykorzystania wód podziemnych w systemach pomp ciepła typu woda/woda (szczegóły w zał. 5).

W rozdziale 7 doktorantka przedstawia uwarunkowania formalno-prawne i finansowe wspierające rozwoju geotermii niskotemperaturowej wspomaganej pompami ciepła typu woda/woda oraz analizuje ograniczenia wstrzymujące rozwój tego typu inwestycji.

Doktorantka zrealizowała wszystkie zakładane cele badawcze. Pod względem merytorycznym praca nie budzi żadnych zastrzeżeń. Obliczenia mocy cieplnej czy stabilności składu chemicznego wód zostały wykonane prawidłowo. Do oceny agresywności korozyjnej wód oraz możliwości wytrącania osadów, Pani mgr inż. Justyna Mazurkiewicz wykorzystowała indeksy Langeliera (*LSI*) i Ryznara (*RSI*) a ocenę stabilności składu chemicznego przeprowadziła wykorzystując metody kart kontrolnych (Szczepańska, Kmiecik 2005). Wyniki tych analiz są szczegółowo opracowane pod względem statystycznym na załącznikach 3 i 4.

Opiniowana rozprawa doktorska ma charakter metodyczny oraz praktyczny. Może być pomocna przy planowaniu tego typu inwestycji przez osoby prywatne jak również powinna zainteresować władze samorządowe. Napisana została jasnym, precyzyjnym językiem, co ułatwia jej czytanie. Na podkreślenie zasługuje dopracowana szata graficzna rycin i załączników.

Przy czytaniu dysertacji nasuwają się także pewne uwagi dyskusyjne. Ważniejsze z nich wymieniam poniżej:

- ✓ termin „trzeciorząd” od co najmniej kilku lat nie jest stosowany, należy używać terminów paleogen, neogen. Wiem, że niekiedy nie jest to możliwe, bo dokumentacje, czy karty otworów nie zawsze jednoznacznie wskazują na dany okres geologiczny;
- ✓ czwartorzęd nie jest zaliczany do neogenu – proszę zobaczyć publikacje np. prof. Marksa:

Marks. L., 2006. Bitwy o czwartorzęd ciąg dalszy Przegląd Geologiczny, vol. 54, nr 8: 662-668

Marks, L. 2008. Tabela stratygraficzna Polski (red. nauk. R. Wagner). PIG-PIB Warszawa

czy też tabelę stratygraficzną rekomendowaną przez Międzynarodową Komisję Stratygraficzną (2017) lub z Przeglądu Geologicznego (2007-09, tom 55).

- ✓ skąd tak wysokie temperatury wody pomierzone w studniach, a zamieszczone przez Panią w zweryfikowanej bazie HYDRO - np. w poziomie czwartorzędowym (do 22,5°C) ? Nadmieniam, że wartości obliczone przez doktorantkę nie budzą zastrzeżeń i są moim zdaniem prawidłowe (może poza górną wartością dla „trzeciorzędu” – 15,1°C). Myślę, że przydatna była by także informacja o głębokości lub jej zakresie na jakiej studnie danego piętra są zafiltrowane.

Część wyników z bazy HYDRO zawiera „podejrzanie” wysokie wartości temperatur. Prawdopodobnie decydował o tym nieprawidłowy pobór próbek, bez odpowiedniego „przepompowania” studzien. Z doświadczenia wiem, że niezmiernie rzadko, nawet w sezonie letnim, temperatura wód w poziomie czwartorzędowym przekracza 12°C. Zazwyczaj wynosi do 10°C i dobrze koreluje z wartościami średniorocznej temperatury powietrza dla danego terenu.

- ✓ czy warto podawać sumaryczną moc cieplną dla poszczególnych poziomów, skoro zależy to głównie od liczby ujęć ?
- ✓ w przypadku poziomów czwartorzędowych warto dodać informację, że ujęcia zlokalizowane są głównie na obszarze dolin rzecznych – tam są największe wydajności studzien. Zapewne jest dobra korelacja z Mapą hydrogeologiczną Polski w skali 1:50000 (np. plansza wydajność). Na rys. 5.32, gdzie wyniki zostały przedstawione punktowo, myślę, że można wyznaczyć obszary perspektywiczne. Wiem, że pozostaje problem „skali” prezentowanych map.
- ✓ rys. 5.35b - proszę wyjaśnić dlaczego na obszarach GZWP znalazły się ujęcia nie spełniające wymagań dla pomp ciepła. To zagadnienie powinno być szerzej omówione w pracy.
- ✓ wniosek, że wody o temperaturze > 4°C mogą stanowić dolne źródło ciepła jest oczywisty. Bardzo mało jest miejsc w Polsce, gdzie ta temperatura jest niższa (np. średnia roczna temp. Źródła Lodowego w Dolinie Kościeliskiej wynosi około 4,3°C).
- ✓ „zmiana cen energii ze źródeł konwencjonalnych – zaniżanie cen ?” (bariery rozwoju ...) – chciałbym aby Pani nieco rozszerzyła to zagadnienie, bo nie zostało jednoznacznie wyjaśnione w pracy.
- ✓ - dlaczego obserwuje się trend malejący, tak duży spadek w instalowaniu pomp typu woda/woda (str. 54, rys. 3.6). Co należy zrobić aby tego typu instalacje były bardziej wykorzystywane, czy jest na to szansa ? Jaki jest tzw. rachunek ekonomiczny na

przykładzie instalacji badanych przez Panią np. w stosunku do popularnych pomp powietrze/woda. Które systemy oraz produkty są najbardziej przyjazne użytkownikowi pod względem ekonomicznym i użytkowym. Dlaczego ten typ geotermii tak słabo się rozwija ?

Uwagi redakcyjne. Zauważyłem drobne błędy redakcyjne, jak np.:

- Str. 13 – Z rozdziału 2.3 proponowałbym wyłączyć opis wód podziemnych. Lepiej zamieścić go w rozdziale 2.6. - Warunki hydrogeologiczne.
- Str. 14 – jezioro to naturalny zbiornik wodny, na mapie są zbiorniki.
- Str. 12, 14, 27 ... – „*stoki posiadają*” „*źródła nie posiadają*”, „*posiada charakter erozyjny*” „*wody posiadają*”; „*posiada budowę*” itd. – w tym kontekście lepiej użyć słowa „*mają*”. Posiadać, to być właścicielem czegoś; mieć jakąś wiedzę, umiejętności.
- Str. 18 – przy opisie klimatu cytować klimatologów.
- Str. 29 – granice GZWP proszę sprawdzić i porównać z najnowszą bazą PSH (2017)
- Str. 86 – czy warto (powinno się) analizować poziom triasu na równi z innymi skoro obliczenia były możliwe tylko dla 2 studzien.
- Str. 91-104 – proponuję nieco urozmaicić opis, zróżnicować dla poszczególnych pięter wodonośnych. Część opisu jest identyczna, a zmienia się tylko zawartość % lub niektóre parametry.
- Str. 108 – Rys. 5.17 przy przygotowaniu publikacji proponuję nieco lepiej dobrać przedziały (opis) klasyfikacji wód aby łatwiej można było porównać obliczenia RSI i LSI. Można także moim zdaniem dodać numery otworów.
- Str. 125 – rozdział 5.5. na końcu podrozdziałów moim zdaniem występują zbyteczne powtórzenia dotyczące rozporządzeń.
- Str. 136 – Rys. 6.1 zbyteczny, można nanieść punkty na Rys. 5.35a.
- Na mapach podczas przygotowania pracy do druku warto dodać kierunek północy.

Należy podkreślić, że recenzowana praca jest ciekawa, wymagała dużego zaangażowania doktorantki w przygotowanie i weryfikację bazy danych. Praca ma aspekt użyteczny, a po odpowiednim przygotowaniu w pewnych obszarach nawet wdrożeniowy. Uwagi dyskusyjne i dostrzeżone uchybienia nie umniejszają wartości naukowej omawianej dysertacji.

Wniosek końcowy

W konkluzji stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Justyny Mazurkiewicz jest oryginalnym osiągnięciem badawczym. Doktorantka osiągnęła założony cel pracy i wykazała, że posiada zdolność do samodzielnego rozwiązywania zagadnień badawczych. Dowiodła, że dobrze opanowała warsztat badawczy zarówno z zakresu hydrogeologii, hydrogeochemii jak i statystyki. Wykazała zdolność do samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych oraz logicznego wnioskowania na podstawie uzyskanych wyników badań.

Jestem przekonany, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia warunki stawiane w „Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595) z późniejszymi zmianami. Wniosuję zatem do Rady Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie o dopuszczenie Pani mgr inż. Justyny Mazurkiewicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Antoniuse Krawiec