

dr hab. inż. Lucyna Rajchel prof. nadzw. AGH  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica  
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska  
Katedra Geologii Złożowej i Górniczej

Kraków, 11.10.2018r.

## RECENZJA

### rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Toczek pt. „Hydrogeologia wód leczniczych rejonu Świeradowa-Zdroju”

Recenzja została wykonana na podstawie pisma Dziekana Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Pani prof. dr hab. inż. Moniki Hardygóry z dnia 12.07.2018 r. nr W6/1037/2018., w związku z uchwałą Rady Wydziału GGiG z dnia 11 lipca 2018 r. Manuskrypt pracy doktorskiej otrzymałam 20.07.2018 r.

Wody lecznicze to wyjątkowo cenny, niekiedy unikatowy rodzaj wód podziemnych. Poszczególne ich typy występują tylko lokalnie na obszarze Polski. Szczawy i wody kwasowęglowe udokumentowano jedynie na obszarze prowincji karpackiej i sudeckiej, natomiast szczawy radonowe i wody radonowe, wyłącznie prowincji sudeckiej. I właśnie te ważne i cenne wody, są przedmiotem zainteresowania naukowego Doktorantki.

#### **I. Ogólna charakterystyka pracy**

Recenzowana praca została zrealizowana w Politechnice Wrocławskiej na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii w Zakładzie Geologii i Wód Mineralnych. Promotorem pracy doktorskiej jest Pan Prof. dr hab. inż. Wojciech Ciężkowski.

Dysertacja liczy 179 stron numerowanych, oraz 47 nienumerowanych, na których doktorantka zamieściła załączniki. Praca składa się z wstępu, celu i zakresu pracy oraz części ogólnej i części szczegółowej. Zamieszczony jest również bardzo dokładny spis 48 rysunków, 41 tabel, 15 załączników oraz płytka CD, na której znajduje się dokumentacja fotograficzna wyników kartowania hydrogeologicznego wód zwykłych, oraz wykresy modelowania izotopowego wód leczniczych. Literatura (nienumerowana), została zamieszczona na 15 stronach.

We *Wstępie* Autorka zwraca uwagę na bogactwo różnorodnych typów wód leczniczych Sudetów, a rejon Świeradowa-Zdroju określa jako unikatowy, ze względu na obecność udokumentowanych dwóch typów wód leczniczych, szczaw i szczaw radonowych. Rozprawa doktorska stanowi podsumowanie prac terenowych i laboratoryjnych przeprowadzonych w latach 2011-2017 przez Doktorantkę.



Po *Wstępie* Doktorantka przedstawiła ambitny cel i zakres pracy. Celem, jak sama precyzuje, „było rozpoznanie systemów krążenia wód zwykłych i leczniczych w utworach krystalicznych Gór Izerskich w warunkach eksploatacji istniejących ujęć i wzmożonego zapotrzebowania na wodę pitną”. W ramach szczegółowych prac terenowych Doktorantka wykonała kartowanie hydrogeologiczne, w tym rejestrację źródeł i ujęć wód zwykłych i leczniczych, badania podstawowych wskaźników fizykochemicznych i wydajności, analizy fizykochemiczne wód, oznaczenia stężenia trytu i radonu, oraz badania natężenia przepływu. Wyniki własnych badań wzbogaciła danymi pochodzącymi z 30-letnich obserwacji pracowników UZG Świeradów-Zdrój i Czarniawa-Zdrój, oraz obszernego studium literatury.

Część ogólna zajmuje 31 stron. Rozpoczyna ją rozdział 3, w którym autorka szczegółowo definiuje formalne pojęcie wody leczniczej objęte przepisami prawnymi, oraz przedstawia podstawową klasyfikację wód leczniczych: anionowo-kationową oraz farmakodynamiczną. Następnie charakteryzuje ogólnie złoża wód leczniczych Polski. Stwierdza, iż „w prowincji sudeckiej w niewielkiej odległości od siebie występują zróżnicowane typy wód leczniczych”. Z własnych badań wiem, iż prowincja karpacka pod tym względem nie jest gorsza i też znane są takie przypadki. Rozdział 4 poświęca historii działalności uzdrowiskowej w Górach Izerskich, szczegółowo opisując historię Świeradowa-Zdroju i Czarniawy-Zdroju, oraz położonych nieopodal, ale już w Czechach, uzdrowisk Lázně Libverda i Novego Mesta pod Smrkem, gdzie udokumentowano szczawy o podobnym typie. W rozdziale 5, Autorka opisuje stan rozpoznania warunków geologicznych i hydrogeologicznych rejonu Świeradowa-Zdroju przypominając, iż pierwsze badania były realizowane przez geologów niemieckich, a dopiero po zakończeniu II wojny światowej przez badaczy polskich. Lista badaczy jest imponująca. Rozdział 6 poświęcony jest warunkom naturalnym obszaru badań. Autorka dysertacji szczegółowo charakteryzuje położenie geograficzne obszaru badań, ukształtowanie powierzchni terenu, wybrane elementy klimatu, sieć hydrograficzną oraz zagospodarowanie terenu. W rozdziale 7 Doktorantka, wykazując się dużą wiedzą, szczegółowo opisuje warunki geologiczno-strukturalne, czyli skomplikowaną budowę geologiczną bloku karkonosko-izerskiego. Analizowane wody mineralne i lecznicze swoją obecność zawdzięczają wyłącznie budowie geologicznej, tak tektonice jak i litologii. Dlatego ten rozdział jest bardzo ważny. Rozdział 8 rozpoczyna część szczegółową gdzie Pani mgr inż. Marta Toczek opisuje badania, które wykonała, a które stały się podstawą realizacji pracy doktorskiej. Słusznie zauważa, iż problematykę wód leczniczych rejonu Świeradowa-Zdroju należy analizować razem z współwystępującymi wodami zwykłymi. Prace terenowe, jak każdy wytrawny hydrogeolog rozpoczęła od inwentaryzacji ujęć wód leczniczych i kartowania hydrogeologicznego. Zinwentaryzowała ujęcia wód leczniczych, które podzieliła na: eksploatowane, nieeksploatowane i zlikwidowane. Ta baza danych ułatwiła doktorantce podjęcie decyzji o wyborze punktów badawczych. W terenie monitoringiem objęła 16 punktów badawczych – ujęć wód leczniczych, gdzie raz w miesiącu przez okres roku mierzyła podstawowe wskaźniki fizykochemiczne wód (temperaturę, pH, przewodność elektrolityczną właściwą, zawartość CO<sub>2</sub> i określiła zasadowość), a tam gdzie to było możliwe, również wykonywała pomiar położenia zwierciadła wód. Próbkę wód pobrała do badań fizykochemicznych i izotopowych w celu oznaczenia stężeń trytu i radonu. Wyniki badań doktorantki, oraz dane archiwalne pozyskane w uzdrowisku z obserwacji stacjonarnych



pozwoili utworzy elektroniczn baz 66 000 danych, ktore po weryfikacji szczegolowo zinterpretowala. Wykonala rowniez kartowanie hydrogeologiczne w rejonie Swieradowa-Zdroju inwentaryzujac 62 punkty (zrodla i studnie) nanoszac je na mape dokumentacyjna na powierzchni 28,8 km<sup>2</sup>. Z wytypowanych 24 punktow wykonala badania fizykochemiczne wod, identyczne jak w przypadku wod leczniczych, wykonujac rowniez oznaczenia stzen radonu. Autorka zweryfikowala w ramach kartowania przebieg stalej i okresowej sieci rzecznej, a w celu okreslenia jakosci wod powierzchniowych, wykonala analizy skladu fizykochemicznego. Dodatkowo w osmiu przekrojach hydrometrycznych przeprowadzila pomiar natenzia przeplywu, okreslajac przestrzenne zroznicowanie odplywu rzecznej na obszarze badan.

Rozdzial 9 Autorka pracy doktorskiej poswiecila hydrogeologicznym warunkom wystepowania wod zwyklych w krystalniku izerskim. Przedstawila regionalizacje hydrogeologiczna obszaru badan, charakterystyce hydrogeologiczna zrodel wod zwyklych, dzielac je na cztery typy: grzbietowe, zboczowe, stokowe i dolinne. Nastepnie scharakteryzowala litologie drenowanych utworow skalnych stwierdzajac, iz zdecydowanie przewazaja wyplywy z gnejsow, mniej licznie z leukogranitow i pokryw torfowych a sporadycznie z lupkow lyszczkowych. Wyplywy podzieliła na podstawie kartowania hydrogeologicznego na klasy wydajnosci, wedlug klasyfikacji Mainzera, a analizujac wydajnosć poszczegolnych zinwentaryzowanych zrodel nie stwierdzila zadnych zaleznosci od wysokości ich polozenia. Nastepnie opisala wlasciwosci zbiornikowe skal wodonošnych, zwiazane ze staropaleozoiczno-proterozoicznym i czwartorzędownym pietrem wodonošnym, oraz scharakteryzowala wlasciwosci fizykochemiczne wod; temperature, przewodnosć elektrolityczna wlasciwa, odczyn pH, stzenie radonu i potencjal utleniajaco-redukcyjny (redox) i dokonala charakterystyki chemizmu wod zwyklych. Obliczyla wskaźniki nasycenia SI przy pomocy modelowania hydrogeochemicznego wykonanego w programie PHREEQC, stwierdzajac, iz wody zwykle pozostaja w stanie nasycenia z krzemionka (SI w przyblizeniu rowne 0 dla chalcedonu i kwarcu) natomiast istnieje teoretyczna mozliwosc wytracania sie zelaza (SI > 0, stan przesycenia dla goethytu, hematytu i magnetytu). W skladzie chemicznym wod zwyklych dominuje anion siarczanowy, Autorka pracy jego geneze wiaze z procesami geogenicznymi (utlenianiem pirytu w skalach krystalicznych), ale rowniez procesami antropogenicznymi zwiazanymi ze spalaniem węgla brunatnych w przygranicznym obszarze Polski, Czech i Niemiec. Gory Izerskie to najbardziej zanieczyszczony emisja gazowo-pylowa fragment Sudetow. Doktorantka nie precyzuje jednak, ktory z wymienionych procesow ma decydujacy wplyw na obecnosć tego skladnika. Rozdzial konczy ocena zasobow zwyklych wod podziemnych dla zlewni rzeki Kwisy i Czarnego Potoku zamknietych posterunkiem w Mirsku, wykonana metoda Wundta i Kille'go. Autorka okreslila rowniez udzial odplywu zrodlanego w calkowitym odplywie podziemnym, oraz okreslila wielkosć drenazu korytowego dla zlewni Czarnego Potoku i Kwisy.

Rozdzial 10 Pani mgr inż. Marta Toczek poswiecila obszernemu opisowi wod leczniczych obszaru badan, przedstawiajac szczegolowa charakterystyce wszystkich ujec eksploatowanych, ale rowniez nie eksploatowanych w Swieradowie-Zdroju i Czerniawie-Zdroju, hydrodynamike wod leczniczych, analizujac zmiennosć wydajnosci ujec w czasie, oraz szeroko omowila wlasciwosci fizykochemiczne oraz chemizm wod leczniczych.



Autorka zwróciła uwagę na niepokojący wzrost zawartości jonu  $Cl^-$  jako dominującego anionu w wodach z ujęć Marii Curie-Skłodowskiej, co jak wyjaśnia związane jest z sąsiedztwem kompleksu narciarskiego. Doktorantka przeprowadziła także, podobnie jak dla wód zwykłych, obliczenia wskaźnika nasycenia (SI) przy pomocy modelowania hydrogeochemicznego wykorzystując program PHREEQC dla szczaw, szczaw radonowych i wód radonowych. Autorka wykonała również analizę korelacyjną pomiędzy wybranymi parametrami dla poszczególnych ujęć, jak również pomiędzy poszczególnymi ujęciami. Doktorantka wykonała także badania trwałych izotopów tlenu i wodoru, a otrzymane wyniki badań wykorzystwała do określenia genezy wód i położenia obszarów zasilania. Wykorzystując modele matematyczne i dane stężenia trytu uściśliła swoimi wynikami badań, oszacowany w latach 90-tych przez innych badaczy, wiek analizowanych wód. Autorka podjęła również próbę oszacowania zasobów szczaw biorąc uśrednioną wartość modułu odpływu podziemnego oraz wielkość powierzchni złoża. Rozdział 11 dotyczy współwystępowania wód zwykłych i leczniczych w rejonie Świeradowa-Zdroju. Tą część pracy doktorskiej autorka poświęciła zagadnieniu związanemu z mieszaniem się wód zwykłych i leczniczych, a zjawisko to analizowała rozpatrując dane chemiczne. Na podstawie analizy otrzymanych wyników, określiła procentowy udział wód zwykłych w wodach leczniczych Świeradowa-Zdroju i Czerniawy-Zdroju. Rozdział 12, bardzo ważny, w którym na podstawie szczegółowej analizy zebranych bardzo licznych wyników badań Doktorantka przedstawiła po raz pierwszy podsumowując wyniki badań własnych i analizy licznych materiałów archiwalnych model warunków hydrogeologicznych w rejonie Świeradowa-Zdroju, schemat ideowy systemu hydrogeologicznego rejonu Świeradowa-Zdroju, konceptualny model przepływu wód leczniczych w rejonie Świeradowa-Zdroju i konceptualny model przepływu wód leczniczych w rejonie Czerniawy-Zdroju. Rozdział 13 - zawiera podsumowanie i wnioski końcowe. Rozdział 14 - to obszerny spis cytowanej literatury.

## **II. Cel pracy i zastosowane metody badawcze**

Głównym celem pracy było sporządzenie modelu warunków hydrogeologicznych występowania wód leczniczych w rejonie Świeradowa-Zdroju, ze szczególnym uwzględnieniem współwystępowania wód zwykłych.

Cel ten Doktorantka osiągnęła przez:

- uzyskanie własnych wyników badań,
- zebranie archiwalnych wyników badań,
- stworzenie elektronicznej bazy 66 000 danych.

Dysponując bardzo licznymi wynikami badań, Doktorantka przeprowadziła dla wód zwykłych i leczniczych (szczaw, szczaw radonowych i wód radonowych), analizę chemizmu wód, modelowanie hydrochemiczne wskaźników nasycenia względem wybranych minerałów, modelowanie z wykorzystaniem oznaczeń trytu, a także zastosowała metody statystyczne i matematyczne do interpretacji danych. Po wnikliwej dyskusji uzyskanych wyników Doktorantka przeprowadziła logiczne wnioskowanie.



### III. Ocena recenzowanej pracy.

Praca napisana ładnym językiem, stanowi ważną lekturę hydrogeologiczną, którą bardzo dobrze i z dużą przyjemnością się czyta. Wszystkie rozważania są przedstawione precyzyjnie, a na dodatek, wyjątkowo zrozumiale. Pod względem merytorycznym według recenzenta, praca nie budzi żadnych zastrzeżeń. Podkreślić należy również, iż szata graficzna pracy została perfekcyjnie przygotowana. Ważnym dla hydrogeologii efektem zaangażowania w prace badawcze Doktorantki jest powstanie modelu współwystępowania wód zwykłych i leczniczych oraz mapy hydrogeologicznej rejonu Świeradowa-Zdroju.

Praca ma znaczenie zarówno naukowe, jak i praktyczne, dzięki umiejętnej interpretacji danych hydrochemicznych, umiejętnemu wykorzystaniu metod statystyki, modelowania hydrogeochemicznego, a także metod analitycznych i matematycznych. W efekcie holistycznego podejścia do postawionego celu dysertacja stanowi spójny, ważny obraz hydrogeologii wód leczniczych i zwykłych rejonu Świeradowa-Zdroju. Jest to niekwestionowane osiągnięcie Pani mgr inż. Marty Toczek. Niewątpliwie uzyskane i zinterpretowane wyniki badań Doktorantki, pozwolą racjonalnie i bezpiecznie wykorzystywać cenne złoża wód leczniczych Świeradowa-Zdroju i Czerniawy-Zdroju.

### IV. Uwagi natury ogólnej

Przedstawione poniżej uwagi są wyłącznie dyskusyjne, a nie merytoryczne, i nie wpływają na wysoka ocenę recenzowanej pracy. Mam świadomość, iż Doktorantka wykonała niemal wszystkie możliwe badania i szczegółowo je zanalizowała. Jednak dostrzegam brak w pracy krótkiego odniesienia do następujących zagadnień:

- szczaw karpackich, szczególnie ich chemizmu i genezy (może ten zauważalny brak jest związany z patriotyzmem lokalnym recenzenta?);
- szczaw występujących nieopodal, w Czechach, mając na uwadze, iż granice państw nie stanowią granic geologicznych;
- ochrony wód leczniczych. W krótkim akapicie Doktorantka zasygnalizowała, iż w rejonie Świeradowa-Zdroju wzrosła mineralizacja wód radonowych o około 150%, i obserwuje się wzrost obecności anionu chlorkowego, jako dominującego w składzie wód. Jest to spowodowane, jak twierdzi, wpływem infrastruktury sportów zimowych na złoża wód leczniczych Świeradowa-Zdroju. To bardzo niepokojące zjawisko, związane z nasilającą się inwazją inwestorów sportów zimowych na obszary zasobowe, górnicze, a nawet strefy uzdrowiskowe, w Karpatach również!. Szkoda, że te zmiany nie zostały skorelowane z datą powstania tej infrastruktury, gdyż poszukiwanie przyczyn tego zjawiska nie budziłoby wówczas wątpliwości. Zdaniem recenzenta, należało odnieść się do zagrożeń i ochrony tych cennych wód leczniczych.
- zmiany typu hydrochemicznego wód z ujęcia Marii Curie-Skłodowskiej. Typ tych wód był siarczanowy, a w ostatnich latach jest chlorkowy. Czy według Doktorantki te wody cechuje stałość składu chemicznego i czy obecnie te wody spełniają wymogi dla wód leczniczych zgodnie z aktami prawnymi np. Ustawą prawo geologiczne i górnicze.?



- analizy zmienności parametrów w czasie. Analizując zmienność w czasie wybranych parametrów stwierdza, iż „nie zaznaczają się żadne trwałe trendy zmian, widoczne są jednak wahania”. Czym te wahania można tłumaczyć? I czy to są tylko wahania, jeśli Autorka stwierdza, iż ...”mineralizacja płytkich wód radonowych na przestrzeni lat uległa znacznej zmianie”, a dalej..”Zmianom uległy nie tylko stężenia poszczególnych składników wód leczniczych. Nastąpiła również obserwowana w dłuższym okresie czasu wyraźna zmiana typu chemicznego wód.”

## V. Uwagi techniczne i in.

- Proponuję, aby przygotowując pracę do druku Doktorantka wprowadziła choćby minimalny tekst między rozdziałem a podrozdziałem, tak jak jest to chyba tylko na str. 18, rozdział 4. Praca wizualnie bardzo na tym zyska.
- Ryc. 9.1. Podpis pod rysunkiem „Rozmieszczenie wpływów wód podziemnych rejonu Świeradowa-Zdroju na tle geologiczno tektonicznym”, proponuję poprawić na Rozmieszczenie wpływów wód podziemnych rejonu Świeradowa-Zdroju na tle budowy geologicznej.
- Str.57<sup>11</sup> jest opływu źródłanego, ma być odpływu.
- Str. 79<sub>2</sub> typ wody HCO<sub>3</sub>-Mg-Ca-+Fe+Mn, mangan nie jest składnikiem swoistym.
- Str.82<sub>11</sub> powtarzające się określenie słabo zmineralizowaną, proponuję podać wartość mineralizacji, to będzie precyzyjne.
- Str. 83<sup>7</sup> co oznacza stwierdzenie ...woda nabrała charakteru szczawy.
- Str. 83<sub>12</sub> ujmuje on szczawę wodorowęglanowo-magnezowo-wapniową, manganową, żelazistą. Mangan nie jest składnikiem swoistym.
- Str. 85<sub>1</sub> uwaga j.w.
- Str. 86<sup>3</sup> Wypływająca z otworu woda, czy jest to samowypływ?.
- Str. 94<sub>9</sub> jest leżał, ma być leżą.
- Str. 103, tab. 10.7. Formuła Kurlowa- dlaczego Autorka nie podaje mineralizacji tylko PEW, czy w ten sposób modyfikuje wzór oryginalny, i dalej czy fluor w ilościach np.0,026; 0,1; 0,05 (chyba wartość sądząc po zawartości CO<sub>2</sub> podana jest w mg/L) jest składnikiem swoistym?
- Str. 113, Tab. 10.8. uwaga j.w. dotyczy Rn.
- Str. 111<sub>5</sub> Ponadto wody ujęć P-1 i P-2 mają charakter wód mineralnych, a w otworze P-1 także wód krzemowych. Należy jednoznacznie stwierdzić czy woda jest mineralna i krzemowa, czy nie.
- Str. 114<sub>14</sub> W ostatnich latach dominującym w typie wód anionem jest jon chlorkowy. Według recenzenta należy podać zakres czasowy, gdyż jest to istotne do korelowania tego zjawiska z notowanymi zmianami środowiskowymi (kolej gondolowa, infrastruktura sportów zimowych, produkcja sztucznego śniegu, odśnieżanie dróg).
- Str. 122<sub>2</sub> Najbardziej zmineralizowanymi wodami w rejonie Świeradowa-Zdroju są czyste szczawy o typie HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg. Co to są czyste szczawy?

- Str. 154<sub>9</sub>- jest to stworzenia, ma być do stworzenia.

## **VI. Wniosek końcowy**

Z największą przyjemnością stwierdzam, iż recenzowana praca Pani mgr inż. Marty Toczek jest oryginalnym osiągnięciem badawczym i stanowi niewątpliwie znaczny wkład w rozwój hydrogeologii rejonu Świeradowa-Zdroju. Doktorantka wykazała się dużym przygotowaniem do prowadzenia badań naukowych oraz dowiodła, iż posiada zdolność do samodzielnego rozwiązywania postawionych problemów naukowych realizując z powodzeniem zakładany cel badawczy. Niewątpliwie, recenzowana praca, to kolejne osiągnięcie wrocławskiej szkoły hydrogeologicznej.

Jestem przekonana, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia warunki Ustawy 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 więc do Rady Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, o dopuszczenie Pani mgr inż. Marty Toczek do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na wysoki poziom naukowy i merytoryczny pracy doktorskiej, świadczący o dużej wiedzy teoretycznej i doświadczeniu praktycznym, wzorowemu zaangażowaniu w wieloaspektowe prace badawcze w dyscyplinie naukowej górnictwo i geologia inżynierska, wniosuję również o wyróżnienie pracy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Toczek.

