

**AUTOREFERAT
PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU
I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

Lucyna Rajchel

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Geologii Złóżowej i Górniczej

Kraków 2012

Życiorys naukowy

Dane osobowe

Data urodzenia:

Adres domowy:

Wykształcenie

tytuł magistra

18 września 1973 r.

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Geologiczno-Poszukiwawczy

specjalność: geologia górnicza

stopień doktora

25 września 2000 roku

dr nauk o Ziemi w zakresie geologia podstawowa

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Praca doktorska: pt. „Siarczkowe wody mineralne i akropetegi Karpat polskich”

promotor: prof. dr hab. Stefan Witold Alexandrowicz

zatrudnienie

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Katedra Geologii Żyłowej i Górniczej

adiunkt

przebieg pracy zawodowej

1. XII. 1973 – 30. IX. 1976, stażysta, asystent (etaty zamknięte)

1. X. 1976 – 30. IX. 1994, inżynier, specjalista w zawodzie

1.X. 1994 – 15. II. 2001, asystent, starszy asystent

16. II. 2001 do chwili obecnej – adiunkt

Urodziłam się w Nowym Sączu. Do szkoły podstawowej uczęszczałam w Piwnicznej. W roku 1968 po ukończeniu II Liceum Ogólnokształcące im. Marii Konopnickiej w Nowym Sączu, rozpoczęłam studia na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. W roku 1973 obroniłam pracę magisterską z wynikiem bardzo dobrym w zakresie geologii złóż ropy i gazu nt. „Warunki akumulacji ropy naftowej i gazu ziemnego w złożu Raciborsko”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Roman Ney. 1. XII 1973 roku zostałam zatrudniona na etacie stażysty w macierzystej uczelni.

Wstępny etap mojej pracy naukowej, w zespole uczniów prof. H. Świdzińskiego (dr H. Ostrowicka, mgr J. Chrzęstowski, doc. dr S. Węclawik), kierowanym przez doc. dr. hab. A. Garlickiego, związany był z badaniem chemizmu solanek z rejonu Łapczyca – Gdów, oraz wód chlorkowych z rejonu Nieborowa. Wyniki badań zostały przedstawione w pierwszych moich komunikatach naukowych i wygłoszonym referacie (Turek & Garlicki 1974, Rajchel 1975, Garlicki & Rajchel 1975, 1976).

W roku 1976 zostałam zatrudniona na etacie naukowo-technicznym (inżynier, następnie specjalista w zawodzie); w tym okresie prowadziłam nadal badania wód chlorkowych (Rajchel 1982, 1983, Chrzastowski i in. 1991).

Moją działalność naukową kontynuowałam aktywniej dopiero po powrocie na etat naukowo-dydaktyczny 1.X.1994 r., kierując zainteresowania badawcze na karpackie wody siarczkowe. Badania mogłam realizować dzięki przyznanemu projektowi badawczemu nt. „Siarczkowe wody mineralne i akratopegi Karpat polskich”, finansowanemu przez KBN Nr 6PO4D 02615, którego byłam kierownikiem i jednoosobowym wykonawcą. Badania realizowałam w latach 1997 - 1999 opróbowując 125 źródeł w całym orogenie Karpat polskich (Rajchel 1996, 1997, 1998, 1999a i b). Większość źródeł nigdy nie była analizowana jak również nie była opisana w literaturze geologicznej.

Równocześnie prowadziłam badania chemizmu wód mineralnych i akratopeg rejonu Krakowa, opróbowując i analizując skład fizykochemiczny w kontekście ich balneologicznego znaczenia, z uwzględnieniem historii i terażniejszości ich wykorzystania (Rajchel 1998b, Rajchel 1999).

Prace w terenie i fascynacja fenomenem, którym są źródła (Rajchel 2006b, 2008b), z obserwowanym realnym ich zagrożeniem, stworzyła nowe pole badawcze. Wspólnie z prof. J. Rajchelem rozpoczęłam działalność naukową związaną z prawną ochroną źródeł jako pomników przyrody nieożywionej, wskazując ich wyjątkowe walory naukowe, dydaktyczne, poznawcze i krajobrazowe. Opracowałam z prof. Rajchelem 16 wniosków ochrony źródeł karpackich (11 źródeł wód siarczkowych i 5 źródeł wód typu szczawy), które w wyniku postępowania administracyjnego zostały zatwierdzone, co z czynnym zaangażowaniem śledziłam. W tym czasie w Karpatach polskich ochroną objęte było tylko znane źródło „Bełkotka” w Iwoniczu i źródło wody słodkiej „Pocieszna woda” w Rabce. Z prof. Z. Alexandrowicz i prof. J. Rajchelem opracowałam wniosek ochrony najpiękniejszej w Polsce mofety w dolinie Złockiego Potoku, która na nasz wniosek została objęta prawną ochroną, jako „Mofeta w Złockiem, pomnik przyrody im. Prof. Henryka Świdzińskiego” (Rajchel & Rajchel 1999, Rajchel i in. 1999). W roku 2005 z prof. Rajchelem i dr. T. Wieją opracowałam projekt zagospodarowania i udostępnienia mofety w Złockiem w ramach współpracy z Popradzkim Parkiem Krajobrazowym, który został zrealizowany, a w roku 2011 brałam udział w opracowaniu projektu jej rewitalizacji.

Wspólnie z prof. K. Wołowskim, prof. J. Rajchelem i dr M. Marszałek prowadziłam badania mineralogiczne i mikrobiologiczne osadów z wytypowanych źródeł wód siarczkowych. Mineralogiczne badania osadów karpackich wód siarczkowych były realizowane po raz pierwszy (Rajchel i in. 2000c). Moją współpracę w dziedzinie badań izotopowych siarki z prof. S. Hałasem i dr J. Szaran z UMCS w Lublinie rozpoczęłam w trakcie realizacji badań związanych z grantem. Ta współpraca była kontynuowana również po doktoracie.

Interpretacja bogatego zebranego materiału badawczego została, przedstawiona w rozprawie doktorskiej, której publiczna obrona odbyła się we wrześniu 2000 roku nt. „Siarczkowe wody mineralne i akratopegi Karpat polskich” (Rajchel 2000a). Promotorem rozprawy doktorskiej, która została wyróżniona był prof. dr hab. Stefan Witold Alexandrowicz (Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH), a recenzentami prof. dr hab. inż. Nestor Oszczytko (Instytutu Nauk Geologicznych UJ) i prof. dr hab. inż. Jacek Motyka (Wydział Górnictwa i Geoinżynierii AGH). W rozprawie doktorskiej opisałam zinventaryzowane i zbadane przeze mnie źródła wód siarczkowych z obszaru Karpat polskich. Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych i opróbowania, podałam: lokalizację źródeł, skład fizykochemiczny, genezę siarkowodoru z uwzględnieniem wstępnych badań izotopowych siarki, osady źródeł (badania mineralogiczne i mikrobiologiczne), oraz określiłam ich wartość balneologiczną. Zestawiłam również mapę z miejscowościami, w których udokumentowałam źródła wód

siarczkowych na tle budowy geologicznej. Jest to pierwsze, holistyczne opracowanie źródeł wód siarczkowych Karpat polskich (Rajchel 2000a).

Moje zainteresowania naukowe po doktoracie koncentrują się wokół kilku grup tematycznych związanych z wodami mineralnymi, leczniczymi, swoistymi i termalnymi. Są to:

1. Występowanie na tle budowy geologicznej, geneza i chemizm wód.
2. Procesy geochemiczne odpowiedzialne za formowanie składu chemicznego wód mineralnych.
3. Badania izotopowe wód i gazów.
4. Badania mineralogiczne i rola mikroorganizmów bakteryjnych w powstawaniu osadów z wód mineralnych i swoistych.
5. Zagrożenia i ochrona wód mineralnych i swoistych.
6. Wykorzystanie i balneologiczne znaczenie wód mineralnych, swoistych i termalnych.

Ad 1.

Występowanie wód mineralnych, swoistych i termalnych w polskich Karpatach zewnętrznych jest ściśle związane z ich budową geologiczną - utworami fliszowymi i ich podłożem, jak również skomplikowaną tektoniką. Wyniki prowadzonych badań terenowych potwierdziły hipotezy o występowaniu wód mineralnych w strefach zaangażowanych tektonicznie. Źródła wód siarczkowych (Rajchel 2000b) oraz źródła i odwierty wód typu szczawy układają się liniowo wzdłuż stref uskoków lub nasunięć. Strefy nieciągłości stanowią drogi krążenia wód oraz zawartych w niej gazów (CO_2 , H_2S i CH_4). Wody typu szczawy i wody kwasowęglowe występują wyłącznie na obszarze płaszczowiny magurskiej, oraz łuski przedmagurskiej (okno tektoniczne Szczawy) i płaszczowiny śląskiej. Natomiast wody siarczkowe i termalne stwierdzono na obszarze wszystkich jednostek tektonicznych Karpat zewnętrznych jak również na obszarze niecki podhalańskiej Karpat wewnętrznych. Występowanie wód mineralnych, swoistych i termalnych na tle budowy geologicznej zostało omówione w kilku pracach (Rajchel 2000a, b, Rajchel & Rajchel 2006, Zuber & Rajchel 2007, Kleczkowski i in. 2007, Czop i in. 2012a,b,c).

W ramach współpracy z geologami z Ukrainy opróbowywałam i zanalizowałam wodę siarczkową i mikroflorę osadu ze znanego źródła Adolf w Lubniu Wielkim k/Lwowa (Sprynski i in. 2005).

Innym zakresem badawczym w mojej działalności naukowej jest również określenie genezy wód mineralnych, swoistych i termalnych w Karpatach i zapadlisku przedkarpackim. Geneza tych wód jest urozmaicona, co dokumentuje ich zróżnicowany skład chemiczny, a także skład izotopowy tlenu i wodoru. Badaniami we współpracy z prof. S. Hałasem i dr J. Szaran objęto najpierw wody siarczkowe (Rajchel i in. 2002b, 2007a). Geneza obecnego w nich H_2S nie jest do końca wyjaśniona w kilku źródłach o zdecydowanie większej jego zawartości, dlatego we współpracy z dr. A. Mochalskim z IFJ PAN w Krakowie, prowadzone są obecnie badania w celu oznaczenia zawartości izotopów helu (He), co zbliża nas do wyjaśnienia genezy tego składnika.

W ramach współpracy z prof. A. Zuberem, dr. hab. M. Dulińskim, prof. J. Motyką i prof. J. Rajchelem realizowałam badania składu izotopowego w wodach siarczkowych, szczawach, wodach chlorkowych i solankach z obszaru Karpat polskich i zapadliska przedkarpackiego. Przyczyniły się one do określenia genezy wód Krzeszowic, Soli k/Żywca, Matecznego w Krakowie, Lipnicy Wielkiej i Małej na Orawie, oraz wód z rejonu doliny Popradu (Motyka i in. 2003, Duliński i in. 2005, Rajchel i in. 2005g, Zuber & Rajchel 2007, Rajchel i in. 2007d, Duliński i in. 2011).

Badania wód typu szczawy mogłam realizować dzięki kolejnemu projektowi badawczemu, który realizowałam latach 2002-2005 nr. 5T12B05222 pt. „Szczawy i wody kwasowęglowe

Karpat polskich”, którego byłam kierownikiem. Zebrany, obszerny i bogaty materiał wymusił napisanie monografii, która jest głównym moim osiągnięciem naukowym (Rajchel 2012). Obecnie jestem w trakcie realizacji (2010 do 2013 roku) następnego przyznanego mi projektu badawczego Nr N N307 312439 pt. „Wody chlorkowe i solanki Karpat polskich”, którego jestem kierownikiem. Jest to kolejny po wodach siarczkowych i szczawach typ wód, które mogę analizować. W pierwszej kolejności w ramach realizacji zadań grantu badaniami zostały objęte wody chlorkowe Rabki, rejonu Iwonicza i Rymanowa, oraz wody termalne z niecki podhalańskiej zawierające komponentę chlorkową. Wody chlorkowe polskich Karpat charakteryzują się na ogół mineralizacją niższą od wody morskiej. Ich występowanie związane jest ze strefami utrudnionego przepływu (wymiany) wód podziemnych w których zachodzi powolny proces zastępowania wód słonych (synsedymencyjnych) przez strumień wód słodkich infiltracyjnych lub paleoinfiltracyjnych (Czop i in. 2012a, b, Rajchel & Czop 2012c).

Ad 2

Kolejnym polem badawczym, które uznaję za bardzo ważne i dodatkowo ciągle możliwe do dalszego rozwijania jest identyfikacja procesów geochemicznych odpowiedzialnych za formowanie składu chemicznego wód mineralnych, swoistych i termalnych. Procesy te dostarczają ważnych informacji pomocnych w interpretacji warunków krążenia wód podziemnych w systemie hydrogeologicznym, co pośrednio może być pomocne w określaniu genezy i wieku wód. Ważnym osiągnięciem tego nurtu badawczego jest zwrócenie uwagi na nietrwały charakter układu wodno-gazowego H_2O-CO_2 dla formowania się wód typu szczawy. Na podstawie badań geochemicznych wszystkich rodzajów wód mineralnych Karpat polskich: szczaw i wód kwasowęglowych, wód siarczkowych i siarczanowych oraz wód chlorkowych zidentyfikowane zostały główne procesy geochemiczne odpowiedzialne za formowanie się ich unikalnego składu chemicznego (Rajchel i in. 2011, Rajchel & Czop 2012c). Jednocześnie zwrócono uwagę, że zasadniczo wszystkie wody mineralne formują się w strefach o utrudnionym przepływie wód podziemnym, przy niewielkim udziale zasilania infiltracyjnego. Głównym źródłem składników rozpuszczonych w wodach mineralnych są pozostałości pierwotnych wód synsedymencyjnych lub minerały wytrącone z tych wód w procesie diagenety. Składniki pochodzące z rozpuszczania minerałów budujących skały fliszowe, tylko lokalnie, w strefach występowania agresywnych wód zawierających CO_2 , mogą w dużych ilościach przechodzić do roztworu. Zazwyczaj bowiem ich rozpuszczanie w wodach infiltracyjnych formuje zwykłe wody podziemne o niskiej mineralizacji (Czop i in. 2012a, b).

Ad 3

Badania izotopowe stanowią w moim dorobku ważne pole badawcze. W ramach współpracy z prof. S. Hałasem, dr J. Szaran i prof. J. Rajchelem została zbadana po raz pierwszy frakcjonacja izotopów siarki (oznaczenie wartości $\delta^{34}S$) w H_2S oraz jonie SO_4^{2-} z wybranych wód siarczkowych ze źródeł w Karpatach polskich (Rajchel i in. 2002a, b, Hałas i in. 2003, Rajchel i in. 2007a). Choć interpretacja części uzyskanych wyników była dyskusyjna, to dostarczyła informacji o potrzebie i ważności kontynuacji badań.

Moja współpraca z prof. E. Chruścielem, dr hab. Ch. Nguyen Dinh, dr hab. M. Dulińskim oraz prof. J. Motyką dotyczyła badań naturalnej promieniotwórczości wód mineralnych, leczniczych, swoistych i termalnych z obszaru Karpat polskich i częściowo zapadliska przedkarpackiego. Te badania były realizowane w ramach grantu KBN pt. „Naturalna promieniotwórczość wód mineralnych i swoistych Karpat polskich a skład chemiczny i warunki występowania tych wód” realizowanego w latach 2006-2009 na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH, w którym uczestniczyłam jako wykonawca. Badania objęły

pomiary stężenia izotopów uranu (^{238}U , ^{234}U), radu (^{226}Ra , ^{228}Ra) i radonu (^{222}Rn), jak również całkowitego stężenia nuklidów α i β -promieniotwórczych (Chruściel i in. 2008, Nguyen Dinh i in. 2008a, b, 2009b, 2010a, b, c, 2011b, 2012b, Nowak i in. 2012a, b).

W wytypowanych wodach z wybranych źródeł i odwiertów badaliśmy aktywność ^{210}Pb poprzez pomiar produktów jego rozpadu: ^{210}Po i ^{210}Bi (Nguyen Dinh i in. 2009a). W wodach typu szczawy badaliśmy $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ i $\delta^2\text{H}_{\text{H}_2\text{O}}$, oraz $\delta^{18}\text{O}_{\text{CO}_2}$ (Duliński i in. 2005, Rajchel i in. 2007d, Duliński i in. 2011). Badaniami objęliśmy również naturalne wody mineralne butelkowane, aby określić ich poziom promieniotwórczości. Było to podyktowane wzrastającą konsumpcją wód butelkowanych i jednocześnie brakiem tego typu badań i wiedzy. Wykonane zostały pomiary aktywności izotopów uranu ^{238}U i ^{234}U oraz radu ^{226}Ra i ^{228}Ra i obliczono obciążające dawki skuteczne pochodzące od naturalnej promieniotwórczości wód butelkowanych. Opublikowane wyniki badań uspokoiły licznych konsumentów (Duliński i in. 2008, Nguyen Dinh i in. 2012a). Osobnym zagadnieniem są badania naturalnych pierwiastków promieniotwórczych aktualnie realizowane z dr hab. Ch. Nguyen Dinh i dr. M. Czopem w wodach z rejonu Kowar (Nguyen Dinh i in. 2011a).

Ad 4

Wypływom wód mineralnych towarzyszy charakterystyczny osad wytrącający się na dnie niszy źródeł i drodze odpływu wody. Wspólnie z dr M. Marszałek, dr. G. Rzepą i prof. J. Rajchelem prowadziliśmy badania osadu wód siarczkowych i osadu wód typu szczawy. Osady te różnią się tak składem mineralnym, jak i charakterystycznymi barwami, gdyż wytrącają się z wód o odmiennym chemizmie. Osady wód siarczkowych powstają głównie w wyniku działalności bakterii siarkowych; ich głównym składnikiem mineralnym jest koloidalna siarka w mniejszych ilościach gips, sporadycznie framboidalny piryt (Rajchel i in. 2000c).

Osady wód typu szczawy tzw. „rudawki” tworzy silikoklastyczny materiał okruchowy: kwarc, skalenie i minerały ilaste. Drugą grupą składników budujących osad są substancje autigeniczne, głównie tlenowodorotlenki żelaza (ferrihydryt i goethyt – barwiące osad), oraz węglany (głównie kalcyt, niekiedy syderyt lub żelazisty dolomit). Sporadycznie występuje elementarna siarka i gips, niekiedy krzemionka typu opalowego (Rzepa & Rajchel 2006, 2007). Trudno nie docenić roli mikroorganizmów bakteryjnych w powstawaniu osadów, tak wód siarczkowych, jak i wód typu szczawy. Osady te powstają na drodze chemicznej, ale również biogenicznej w wyniku metabolizmu żyjącej w wodach zróżnicowanej grupy bakterii (siarkowych i żelazistych). Rola, jaką odgrywają mikroorganizmy nie jest do końca jasna. Wydaje się, iż wpływ na powstanie osadów mają tak czynniki abiotyczne jak i biotyczne, bardzo trudno jednak ocenić, jakie są proporcje współdziałania tych czynników (Rajchel i in. 2002c).

Ad 5

Moje oddzielne pole badawcze związane jest z zagrożeniami dla wód mineralnych, leczniczych i swoistych. Zagrożenia te są związane głównie z działalnością antropogeniczną, a szczególnie z intensywnym użytkowaniem powierzchni terenu w strefach zasobowych, jak również rabunkową eksploatacją wód. System gazowo-wodny na obszarze występowania cennych wód typu szczawy i wód kwasowęglowych jest bardzo wrażliwy i bardzo łatwy do zniszczenia. W ostatnich latach doszło do degradacji wód ze źródeł i ujęć w wyniku otwarcia nowych dróg migracji dla dwutlenku węgla wywołanych prowadzeniem prac ziemnych, a także wycinaniem lasów. Zostało to udokumentowane badaniami prowadzonymi w strefach zasobowych wód mineralnych, gdzie rozpoczęto realizację budowy infrastruktury związanej ze sportami zimowymi. Zagrożenia środowiska wodnego, które są jeszcze mało znane w

Polsce związane są zwłaszcza z rozwojem infrastruktury sportów zimowych. Stwarzają one zagrożenia degradacji zasobów wód mineralnych i leczniczych, oraz reaktywację ruchów osuwiskowych, co wykazały badania realizowane z prof. J. Motyką i dr. M. Czopem. Ochrona wód typu szczawy musi dotyczyć nie tylko wód, ale głównie jej kluczowego składnika, którym jest dwutlenek węgla (Czop i in. 2008, 2011).

W latach 2006-2007 byłem kierownikiem zespołu autorskiego realizowanej umowy na zamówienie Ministra Środowiska i finansowanej ze środków wypłacanych przez NFOŚiGW nr 259.140.416 nt.: „Wpływ likwidacji górnictwa naftowego na współwystępujące złoża wód leczniczych Iwonicza Zdroju, Lubatówki i Rymanowa Zdroju”. Podstawowe znaczenie dla prowadzonej analizy miał fakt współwystępowania wód mineralnych i surowców energetycznych w tym samym środowisku geologicznym. Fałd Iwonicza Zdroju – Rudawki Rymanowskiej jest w skali makro pułapką dla wód mineralnych. W skali mikro w obrębie fałdu występują liczne pułapki, w których gromadzić się mogły i zostały skumulowane surowce naftowe (ropa i gaz). Jednak nie zdarzyło się dotychczas, aby któryś z otworów został w trakcie eksploatacji zanieczyszczony przez dopływ ropy naftowej. Sytuacja taka jest praktycznie niemożliwa z racji znacznie wyższej gęstości solanek w stosunku do ropy naftowej.

W moim dorobku związanym z zagrożeniami dla wód mineralnych, trudno nie wspomnieć o niemierzalnej w czasie walce o ocalenie wód mineralnych Krynicy i Piwnicznej prowadzonej w zespole z dr. M. Czopem i prof. J. Motyką, wywołanej rozpoczęciem budowy infrastruktury sportów zimowych. Była ona wspierana przez garstkę naukowców i ekologów, nagłośniona w różny sposób przez media, zakończona zwycięstwem. Osobiście, może nieskromnie, uważam to za wielki nasz sukces.

Ad 6

Wieloletnia działalność terenowa pozwoliła mi na zgromadzenie materiału dotyczącego wykorzystania wód mineralnych, leczniczych i termalnych w balneoterapii i przemyśle rozlewniczym (Rajchel 2004c, 2006c, e, Rajchel & Rajchel 2007, 2009c, 2010a, b). Uważam to za ważny temat mojej działalności naukowo-badawczej, ponieważ jest on związany z wpływem wód mineralnych, leczniczych, swoistych i termalnych na bezcenny dar, którym jest zdrowie człowieka. Problematyka ta stoi na styku nauk - geologicznych i medycznych. Balneologicznym znaczeniem wód mineralnych, leczniczych, swoistych i termalnych zainteresowałam się już w okresie przygotowywania rozprawy doktorskiej.

W latach 2001-2002 brałam udział wraz z prof. J. Motyką w ramach współpracy z PAN Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią w Krakowie w realizacji grantu KBN nr 9T12B 00218 nt. „Modelowe studium kompleksowego wykorzystania i ochrony surowców balneologicznych Krakowa i okolicy,” którego kierownikiem był prof. R. Ney. Bazując na udokumentowanych zasobach wód mineralnych i leczniczych, a także wielowiekowych tradycjach leczniczych Krakowa i okolicy zwrócono uwagę na ogromny potencjał balneologiczny, stanowiący ogromny atut w rozwoju Krakowa (Motyka & Rajchel 2000a, b i c).

Walory lecznicze wód wynikają z obecności w ich składzie składników swoistych (gdy przekraczają próg farmakologiczny). Interpretując skład fizykochemiczny szczególnie cennych balneologicznie wód mineralnych, swoistych i termalnych, które nie są wykorzystywane i doceniane, zwróciłam uwagę na obecność wymaganych (przez medycynę) zawartości składników swoistych (H_2S , CO_2 , Fe^{2+} , I , H_2SiO_3 i F^-). Mają one ważne znaczenie lecznicze, co skłoniło mnie do ich głębszej analizy, w celu wskazania możliwości ich wykorzystania w balneoterapii (lecznictwo i rehabilitacja), profilaktyce i rekreacji. Współpraca i konsultacje ze środowiskiem medycznym, szczególnie prof. W. Kulińskim (Rajchel i in. 2005b, f) prof. Ponikowską i dr T. Latour, obecność na konferencjach i zdobycia

wiedza, nauczyły mnie doceniać walory polskich wód mineralnych. Prócz wartości balneoterapeutycznych wody mineralne, szczególnie karpackie szczawy i wody kwasowęglowe, posiadają wartości fizjologicznie-odżywcze, bardzo ważne dla zdrowia i lepszego komfortu życia człowieka (Rajchel 2001b, 2006e, Rajchel & Rajchel 2006c, 2008b, Waltoś & Rajchel 2010a, b).

Równoległe z opisanymi badaniami uczestniczyłam również w ramach współpracy z prof. W. Góreckim i Jego zespołem w realizacji grantów związanych z opracowaniem jako współautor następujących atlasów: Atlas zasobów geotermalnych dla formacji mezozoicznej na Niżu Polskim, Atlas zasobów geotermalnych dla formacji paleozoicznej na Niżu Polskim, oraz Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich (Rajchel 2006a, b, 2011a). W latach 2008-2011 współpracowałam również z dr. M. Janowskim z AGH jako wykonawca w realizacji grantu KBN N N525169135 pt. „Analiza możliwości wykorzystania wód termalnych z obszaru Niżu Polskiego do celów balneologicznych i rekreacyjnych”. Obecnie biorę również udział w kolejnym opracowaniu związanym z realizacją Atlasu zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Wschodnich (Górecki red.), jako współautor.

Charakterystyka osiągnięcia naukowego będącego podstawą wszczęcia postępowania habilitacyjnego

Główne moje osiągnięcie naukowe (Dz.U. nr 84 z dnia 18 marca 2011 r., poz. 455, art. 16, ust. 2, pkt.1), po uzyskaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład w rozwój geologii w specjalności hydrogeologia, zawarte jest w monografii mojego autorstwa pt. *Szczawy i wody kwasowęglowe Karpat polskich* (Wyd. Naukowo-Dydaktyczne AGH. Kraków 2012, s. 202+mapa).

Komentarz autorski

Od początku drogi naukowej przedmiotem moich zainteresowań badawczych były wody mineralne. Swoje zaangażowanie badawcze poświęciłam przede wszystkim wodom mineralnym, leczniczym, swoistym i termalnym Karpat polskich, w mniejszym zakresie wodom z obszaru zapadliska przedkarpackiego i niżu polskiego. Monografia pt. *Szczawy i wody kwasowęglowe Karpat polskich*, to efekt mojej wieloletniej pracy terenowej, której przedmiotem badań były wody typu szczawy i wody kwasowęglowe występujące w 25 miejscowościach, udostępnione przez 73 źródła i 153 odwierty (łącznie 226 punktów badawczych). Pierwsza część monografii w moim zamyśle ma charakter dokumentacyjno-źródłowy. Zamieszczone w niej zostały wyniki zrealizowanych badań składu chemicznego szczaw i wód kwasowęglowych, obejmujące swym zakresem szeroki wachlarz pierwiastków śladowych wykonane po raz pierwszy jednocześnie. Zgromadzony obszerny materiał badawczy został poddany szczegółowej analizie w części drugiej, która ma charakter naukowo-poznawczy. Główną wartość pracy stanowi całościowa interpretacja zgromadzonego wielotematycznego materiału badawczego, obejmująca swym zakresem ogół aspektów geologiczno-hydrogeologicznych związanych z wodami typu szczawy i wody kwasowęglowe. Interpretacja ta dostarczyła wielu ciekawych wyników naukowych, stanowiących podstawę do sformułowania nowych hipotez badawczych lub przedstawienia nowych dowodów, potwierdzających istniejące hipotezy badawcze.

W Karpatach polskich wydzieliłam 6 rejonów występowania szczaw i wód kwasowęglowych uwzględniając wszystkie źródła i odwierty, które szczegółowo opróbowywałam i scharakteryzowałam a wyniki przeprowadzonych badań zinterpretowałam. W trakcie opisu poszczególnych rejonów występowania szczaw i wód kwasowęglowych podałam wiele zweryfikowanych informacji odnoszących się do technicznych szczegółów ujmowania i wykorzystania tych wód. Zestawiłam po raz pierwszy mapę, która jest ważnym elementem monografii pt. *Szczawy i wody kwasowęglowe Karpat polskich*, na której zaznaczona jest lokalizacja źródeł i odwiertów w poszczególnych wydzielonych rejonach na podkładzie mapy topograficznej w skali 1 : 25 000.

Kluczowym elementem monografii, który stanowi o jej wartości, jest przedstawienie wiarygodnych hipotez wyjaśniających genezę karpackich szczaw i wód kwasowęglowych, łączących w sposób holistyczny dane geologiczne, hydrogeologiczne, hydrochemiczne i izotopowe. Interpretacja ta obejmuje trzy aspekty: genezy wody (H₂O), genezy jej głównego składnika, którym jest dwutlenek węgla, oraz identyfikacji procesów kształtujących jej skład chemiczny.

Analiza danych hydrogeochemicznych potwierdziła zasadność przedstawionego przez Świdzińskiego (1972) podziału genetycznego szczaw, na szczawy zwykle płytkiego krążenia o niskiej mineralizacji, głównie typu HCO₃-(Ca)-(Mg)+CO₂, oraz szczawy chlorkowe, głębszych systemów wodonośnych, o wyższej mineralizacji, typu HCO₃-(Cl)-Na-(Mg)+CO₂.

Podział ten potwierdziły również bardzo wyraźnie przeprowadzone badania izotopów stabilnych ^2H i ^{18}O . Zdecydowana większość wód płytkiego krążenia, o niskiej mineralizacji, wykazuje skład izotopowy bliski Światowej Linii Opadów, co jednoznacznie potwierdza ich związek z wodami infiltracyjnymi. W sposób znaczący szczawy chlorkowe, o wysokiej mineralizacji, odbiegają swoim składem izotopowym od wód ukształtowanych przez infiltrację. Prawie wszystkie układają się wzdłuż lokalnej linii mieszania wód infiltracyjnych z wodami o wyższej mineralizacji, ukształtowanymi w wyniku różnego rodzaju procesów, w tym ewaporacji, diagenetyzacji oraz rozpuszczania występujących w górotworze minerałów. W wodach o wyższej mineralizacji głównym źródłem cząsteczek H_2O jest pierwotna woda morska (syndymentacyjna), która następnie w wyniku szeregu procesów fizykochemicznych (m. in. diagenetyzacja, ultrafiltracja, hydratacja i dehydratacja) ulega przeobrażeniu w wodę diagenetyczną.

Oryginalnym i kluczowym elementem mojej pracy jest przedstawienie subdukcyjnej koncepcji powstawania CO_2 i jego migracji, przez obszar Słowacji, w rejon doliny Popradu, z wykorzystaniem głębokich stref uskokowych, przecinających utwory fliszowe Karpat aż do głębokiego podłoża. Przedstawiona hipoteza w wiarygodny sposób tłumaczy unikalność i niepowtarzalność rejonu doliny Popradu na tle całych Karpat, oraz podkreśla kluczowe znaczenie uskoków przecinających pieniński pasa skałkowy dla warunków rozprowadzania CO_2 . Pomocna dla uzasadnienia tej hipotezy okazała się analiza budowy geologicznej, występowania i składu chemicznego szczaw na obszarze północno-wschodniej Słowacji, szczególnie rejon słowackiej doliny Popradu.

Podkreślając kluczowe znaczenie dwutlenku węgla w procesie formowania się wód typu szczawy, oznaczono również stężenia składników fazy gazowej. Dominującym gazem w badanych próbkach był CO_2 (ponad 90%), drugim pod względem ilości jest N_2 a następnie O_2 . Niemniej ważnym elementem pracy jest analiza skomplikowanych zagadnień związanych z procesem formowania się składu chemicznego wód typu szczawy i wód kwasowęglowych. Kwestie te przedstawiłam w monografii w sposób syntetyczny, wykazując grupę procesów fizykochemicznych kształtujących skład chemiczny wspomnianych wód. W monografii przedstawiłam po raz pierwszy wyniki modelowania hydrogeochemicznego w zakresie obliczenia zawartości rozpuszczonego CO_2 . Badania te były możliwe w związku z wykonaniem przez mnie terenowych, jednoczasowych pomiarów zawartości wodorowęglanów, wolnego CO_2 (mierzonego karatem) oraz odczynu pH, potencjału redox (Eh) i temperatury wody. Szczawy i wody kwasowęglowe w świetle przeprowadzonych badań hydrogeochemicznych formują się w wyniku rozpuszczania dwutlenku węgla w wodzie w czasie jego migracji z głębszych partii podłoża ku powierzchni. W wodach płytkich zawartość gazowego dwutlenku węgla 5-10 krotnie przekracza stężenie rozpuszczonego dwutlenku węgla. Wysokie stężenia gazowego CO_2 i jego niskie stężenia w formie rozpuszczonej wskazują na brak równowagi w systemie gazowo-wodnym i możliwość migracji dwutlenku węgla w formie gazowej przez górotwór. Woda zyskuje agresywność, związaną z powstawaniem jonów wodorowych (dysocjacja H_2CO_3), dzięki czemu rozpuszcza minerały dostępne w górotworze. W strefie hipergenicznej, silnie przemytej przez wody infiltracyjne, następuje rozpuszczanie głównie minerałów glinokrzemianowych, budujących piaskowce fliszowe oraz węglanów stanowiących ich spoiwo. Wody płytkie zawierają więc relatywnie bardzo wysokie stężenia pierwiastków śladowych, które zawarte były w minerałach glinokrzemianowych

Wody typu szczawy występujące na większych głębokościach, ujmowane odwiertami, charakteryzują się podwyższoną mineralizacją dochodzącą do około 29 g/dm^3 i wyraźną komponentą chlorkową. Wody te formują się w warunkach wolnego przepływu w stanie równowagi gazowo-wodnej, przy stosunku 1:1 pomiędzy rozpuszczonym i gazowym dwutlenkiem węgla. Kwasowość wody w głębszym systemie buforowana jest przez

rozpuszczanie minerałów ewaporatowych, wytrąconych z wód syngedymencyjnych (głównie węglanów, siarczanów i być może również chlorków o ile są obecne). Minerale te występują na większych głębokościach w stosunkowo dużej ilości w związku ze słabą wymianą wody w systemie, gdyż w płytkim systemie zostały wylugowane przez strumień wód infiltracyjnych. W wodach głębokich stwierdza się występowanie stosunkowo niewielkich stężeń pierwiastków śladowych, gdyż dostępność minerałów ewaporatowych wystarcza dla zbuforowania kwasowości wody i nie następuje rozpuszczanie bardziej odpornych minerałów glinokrzemianowych. W systemie głębokich szczaw występują ciągle pozostałości pierwotnych wód morskich syngedymencyjnych. Są one w etapie elizyjnym zastępowane przez strumień wód infiltracyjnych i paleoinfiltracyjnych o niskiej mineralizacji, oraz wód diagenetycznych wydzielonych z głębszych partii górotworu w procesie ultrafiltracji lub dehydratacji.

Na podstawie przeprowadzonych badań hydrogeochemicznych zaproponowałam podział szczaw i wód kwasowęglowych na 4 grupy. Najważniejsze znaczenie mają w tym podziale wody głębokiego systemu krążenia o mineralizacji około $10-20 \text{ g/dm}^3$ z wyraźną komponentą chlorkową o typie hydrochemicznym Cl-HCO₃-Na (grupa I), oraz wody o mineralizacji około $20-30 \text{ g/dm}^3$ z większym udziałem jonu wodorowęglanowego, o typie HCO₃-(Cl)-Na-(Mg)+CO₂ (grupa II). Wody grupy I i II w sensie genetycznym stanowią różne stadia etapu elizyjnego, odpowiednio wcześniejsze i późniejsze, i formowane są w wyniku zastępowania pierwotnej wody morskiej (syngedymencyjnej) przez strumień wód o niższej mineralizacji. Wody płytkiego systemu krążenia, zasilanego przez wody infiltracyjne, charakteryzujące się głównie mineralizacją około $1-5 \text{ g/dm}^3$ i typem HCO₃-(Ca)-(Mg)+CO₂ zostały zaliczone do grupy III. Ostatnia z wydzielonych grup charakteryzuje się mineralizacją do kilku g/dm^3 i złożonym, wielojonowym typem hydrochemicznym. Wody te formują się w strefie mieszania wód głębokiego krążenia (grupa I i II) z wodami płytkiego krążenia (grupa III).

Podjęłam dodatkowo próbę wyjaśnienia bardzo skomplikowanej roli czynników utleniania abiotycznego oraz biotycznego przy udziale bakterii, związanej z powstawaniem osadów (rudawki) towarzyszących i zdradzających wypływy szczaw i wód kwasowęglowych. W wyniku szczegółowej charakterystyki składu mineralnego osadów wytrącających się z wód typu szczawy i wód kwasowęglowych stwierdzono, że składa się on z faz autigenicznych i materiału okrucowego. Składniki autigeniczne budujące osad i decydujące o charakterystycznych jego barwach to tlenowodorotlenki żelaza - ferrihydryt i goethyt, oraz węglany, głównie kalcyt, niekiedy syderyt lub żelazisty dolomit. Sporadycznie w osadach występuje siarka elementarna i gips, a niekiedy również krzemionka typu opalowego. Natomiast w składzie silikoklastycznego materiału okrucowego stwierdzono dominujący udział kwarc, oraz skalenie i minerały ilaste.

Charakterystyka mikrobiologiczna osadu wykazała obecność bakterii czynnych w przemianach żelaza, należące do rodzajów: *Galionella*, *Leptothrix* i *Thiobacillus*, które utleniają związki żelaza, ale jednocześnie stwierdzono również obecność bakterii redukujących związki żelaza Fe(III): *Bacillus*, *Clostridium* i *Desulfovibrio*.

W warunkach formowania osadów ze szczaw i wód kwasowęglowych rola mikroorganizmów nie jest do końca jasna. Wydaje się, iż wpływ na powstawanie omawianych osadów mają tak czynniki biotyczne jak i abiotyczne, przy czym trudno jednoznacznie ocenić, jakie są proporcje ich współdziałania.

Przedstawiłam również proces formowania się szczaw i wód kwasowęglowych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na unikalność warunków gazowo-wodnych, które decydują o poziomie mineralizacji wód mineralnych i zawartości składników swoistych. Podkreśliłam konieczność ochrony zasobów wód mineralnych typu szczawy, ale nie tylko w aspekcie ochrony obszaru zasobowego wód, ale również konieczność ochrony systemu doprowadzającego dwutlenek węgla. Rozważania te zostały przedstawione na przykładzie

nowej, mało znanej w Polsce kategorii bardzo niebezpiecznych zagrożeń, związanych z rozwojem infrastruktury sportów zimowych w rejonie Krynicy, Piwnicznej i Szczawnicy. W tym kontekście wiarygodnie opisałam i udokumentowałam przypadki zniszczenia lub zaburzenia zasobów wód mineralnych. Przykłady te stanowią przestrozę i są niezbitym dowodem, jak wyjątkowo wrażliwe i bardzo nietrwałe są złoża cennych a nawet unikatowych (woda Zuber) wód mineralnych typu szczawy.

Wody mineralne typu szczawy i wody kwasowęglowe są znane z racji swoich wyjątkowych walorów smakowych, ale również, a właściwie przede wszystkim, z racji swoich właściwości balneoterapeutycznych. W całościowej pracy na ich temat nie mogło zatem zabraknąć części poświęconej ich wykorzystaniu w balneoterapii (lecznictwo, rehabilitacja), profilaktyce oraz rekreacji. Szczególnie podkreśliłam niezwykle walory szczaw karpackich, należących do wód cennych i unikatowych w skali światowej. Dla wszystkich wód scharakteryzowałam zawarte w nich składniki swoiste, oraz składniki mające dla człowieka znaczenie fizjologicznie-odżywcze. Przedstawiłam również historię i terażniejszość przemysłu rozlewniczego naturalnych wód mineralnych, leczniczych i źródłanych.

Monografia *Szczawy i wody kwasowęglowe Karpat polskich* stanowi całościową i pełną charakterystykę ogółu zagadnień geologiczno-hydrogeologicznych, dotyczących tych bardzo cennych wód. W Polsce nie powstała dotąd tak obszerna i wielotematyczna publikacja charakteryzująca szczawy i wody kwasowęglowe, pomimo ogromnego na nie zapotrzebowania i wyjątkowego nimi zainteresowania.

Wskazane jest powstanie podobnego opracowania obejmującego wszystkie wody mineralne, lecznicze i termalne Karpat, do czego być może, będzie mi dane się przyczynić.

Niewątpliwie, ogromny i niedoceniany potencjał cennych surowców balneologicznych Karpat stanowi wielką szansę na rozwój balneoterapii, profilaktyki i rekreacji, tak bardzo potrzebnej współczesnemu człowiekowi.

Zestawienie dorobku naukowo-badawczego

Dorobek naukowo-badawczy	Przed doktoratem	Po doktoracie	Suma
	Dane ilościowe		
Sumaryczna ilość publikacji	21	119	140
Czasopisma z listy JCR	-	8	8
Czasopisma inne niż z bazy JCR, lista filadelfijska (LF)	-	5	5
Monografie	-	4	4
Rozdział w książce	-	12	12
Artykuły w czasopismach	6	33	39
Materiały konferencyjne krajowe	3	21	24
Materiały konferencyjne o zasięgu międzynarodowym	3	27	30
Sprawozdania z posiedzeń i in.	7	-	7
Publikacje popularyzujące naukę i in.	2	9	11
Sumaryczny impact factor IF	-	4,213	4,213
Liczba cytowań/w tym autocytacji wg bazy Web of Science (WoS)	-	26/7	26/7
Liczba cytowań wg bazy BazTech	-	34	34
Liczba cytowań wg bazy Scopus	-	31	31
Indeks Hirscha wg bazy Web of Science (WoS)	-	1	1
Indeks Hirscha wg bazy Scopus	-	4	4
Kierownictwo projektów badawczych	1	3	4
Współdział w projektach jako wykonawca	-	6	6
Udział w konferencjach krajowych	2	16	18
Udział w konferencjach o zasięgu międzynarodowym	1	9	10
Ilość osobiście wygłoszonych referatów	2	8	10
Recenzje artykułów	-	5	5
Ilość prowadzonych przedmiotów	-	-	10
Promotorstwo prac magisterskich	-	39	39
Promotorstwo prac inżynierskich	-	8	8
Recenzje prac magisterskich	-	3	3

Lucyna Rajchel