

dr hab. inż. Józef Chowaniec prof. nadzw. PIG-PIB
Państwowy Instytut Geologiczny
-Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Karpacki
31-560 Kraków
ul. Skrzatów 1

Kraków, 14.11.2013 r.

O C E N A

dorobku naukowego i recenzja pracy habilitacyjnej

pt. „Pochodzenie anomalii chlorkowych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku”

1. Charakterystyka naukowa Kandydata

Dr inż. Arkadiusz Krawiec rozpoczął studia w 1989 r. na wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. Po ukończeniu I roku geologii przeniósł się na II rok studiów na Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Studia o specjalności hydrogeologia, geologia inżynierska i górnicza ukończył w 1994 roku i uzyskał tytuł mgr inż. na podstawie pracy dyplomowej pt. „Ocena wpływu przemysłowych ognisk zanieczyszczeniem na jakość wód podziemnych w rejonie olkuskim”. W trakcie studiów, w ramach indywidualnego toku nauczania, specjalizował się również z zakresu ochrony środowiska na Politechnice Krakowskiej.

Po ukończeniu studiów dr inż. Arkadiusz Krawiec, przez krótki okres czasu (1.07-30.06.1994) pracował w Krakowskim Przedsiębiorstwie „Progeo”, a następnie od 1.10.1994 r. został zatrudniony na etacie asystenta w Zakładzie Geologii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Pracując zawodowo, w 1996 r. ukończył roczne Podyplomowe Studium Badań Środowiska „Phare-Tessa” na wydziale Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika na podstawie pracy dyplomowej pt. „Zmiany jakości wód podziemnych w rejonie Ciechocinka pod wpływem eksploatacji solanek”.

W pierwszym okresie swojej pracy na Uniwersytecie MK dr inż. Arkadiusz Krawiec zajmował się badaniem wód leczniczych, w szczególności składu chemicznego i izotopowego z rejonu Ciechocinka w ramach własnego projektu badawczego. Również na tym obszarze wykonywał pomiary zawartości radonu w wodach podziemnych oraz dokonał oceny zmian jakości i zagrożeń wód podziemnych na Nizinie Ciechocińskiej. Wspólnie z pracownikami

Wydziału Fizyki UMK wykazał występowanie Cs-137 i Cs-134 związane z wpływem awarii elektrowni w Czarnobylu.

Drugim obszarem zainteresowań dr inż. Arkadiusza Krawca było wybrzeże Bałtyku, gdzie uczestniczył w pracach dwóch projektów badawczych. W ramach współpracy niemiecko-polskiej, w latach 1998-2001 współuczestniczył w realizacji projektu badawczego, którego kierownikiem był Profesor Andrzej Zuber. W wykonanych pracach po raz pierwszy na obszarze wybrzeża polskiego Bałtyku zostały zastosowane metody badań wód podziemnych z wykorzystaniem gazów szlachetnych. Równocześnie dr inż. Arkadiusz Krawiec realizował swoje zainteresowania kartografią hydrogeologiczną na terenie północnej Polski, wykonując w latach 1997-2002 jako autor, bądź współautor 6 arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000.

W 2002 roku uzyskał stopień doktora nauk o Ziemi na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Studium hydrogeologiczne wód leczniczych antyklinorium kujawsko-pomorskiego”.

Po doktoracie zainteresowania naukowe Habilitanta koncentrują się wokół kilku zagadnień. Do najważniejszych należą:

- Zastosowanie oznaczenia izotopów i gazów szlachetnych do badań wód mineralnych i termalnych Niżu Polskiego oraz ich wykorzystania do celów balneologicznych;
- Ocena zagrożenia zasobów wód podziemnych ingresją i ascenzją wód słonych z wykorzystaniem metod geofizycznych i geochemicznych;
- Czas przebywania w ośrodku skalnym, interakcja w systemie woda-skała i chemizm wód podziemnych;
- Kartografia hydrogeologiczna;
- Występowanie mikroorganizmów w wodach podziemnych.

Prace badawcze związane z wodami mineralnymi i termalnymi Niżu Polskiego stanowią kontynuację i rozszerzenie badań wykonanych w ramach doktoratu Habilitanta. Wykazał On, że na obszarze antyklinorium pomorskiego stwierdzono dwa rodzaje siarczanów:

- wody lecznicze z utworów jury w Kołobrzegu, Kamieniu Pomorskim i Dziwnówku są silnie wzbogacone w izotopy ciężkie siarki i tlenu w wyniku redukcji bakteryjnej,
- wody z utworów triasu w Międzywodziu i Połczynie-Zdroju mają niskie wartości $\delta^{34}\text{S}$ i $\delta^{18}\text{O}$ charakterystyczne dla ewaporatów morskich tego okresu.

Ważnym stwierdzeniem Habilitanta było to, że na obszarze Połczyna-Zdroju do głębokości ok. 800 m występują wody słodkie, a ich wiek oszacował na 5 500 lat. Badania

izotopowe oraz oznaczenie gazów szlachetnych w wodach leczniczych Polski Północnej pozwoliły mu na określenie i weryfikację poglądów na genezę tych wód. Wyniki przedstawił w licznych pracach w różnych czasopismach oraz w monografii pod tytułem „Współwystępowanie wód zwykłych i leczniczych – zasady dokumentowania, ochrony i gospodarki wodnej”.

Wiele uwagi Habilitant poświęcił pracom i badaniom terenowym w strefie brzegowej, w której występują problemy związane z ascencją i ingresją wód słonych i słonawych. Zastosowanie metod izotopowych, geofizycznych i geochemicznych stanowi ważny kierunek badań Habilitanta w celu określenia zagrożenia zasobów wód podziemnych ingresją/ascencją wód słonych. W badaniu procesów ingresji i ascenzji wód zmineralizowanych Habilitant zastosował nowoczesne metody geofizyczne z wykorzystaniem tomografii elektrooporowej. Prace te były prowadzone we współpracy z geofizykami i zaowocowały publikacjami między innymi w czasopiśmie indeksowanym na liście JCR Acta Geophysica. Badając pochodzenie anomalii hydrogeochemicznych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku, na podstawie wyników badań izotopowych, hydrochemicznych, geofizycznych oraz gazów szlachetnych Habilitant określił genezę i wiek wód na Mierzei Helskiej oraz na obszarze Żuław Wiślanych a także stwierdził obecność wód młodoreliktowych.

Ważnym kierunkiem badań Habilitanta jest ocena czasu przebywania wody w ośrodku skalnym. Badał On systemy obiegu wody, które pozwalają na prawidłową ochronę zasobów wód podziemnych oraz umożliwiają racjonalne zagospodarowanie zasobów. W swoich licznych pracach z obszarów Pojezierza Pomorskiego oraz Chełmińsko-Dobrzyńskiego wykazał, że istotnym elementem kształtującym system krążenia wód podziemnych, oprócz budowy geologicznej, jest ukształtowanie terenu. Stwierdził, że procesowi wymiany wód podziemnych sprzyjają głęboko wcięte doliny rzek i rynny jezior a także duże deniwelacje terenu. Wspólnie ze współpracownikami opracował modele numeryczne filtracji do interpretacji systemu krążenia wód podziemnych dla obszaru wysp Uznam i Wolin. Ważnym stwierdzeniem Habilitanta jest, iż obecnie czas wymiany wód podziemnych w rejonie Zalewu Kamieńskiego jest prawie dwa razy dłuższy niż na początku holocenu, to jest ok. 7 500 lat temu. Spowodowało to wysunięcie przez Habilitanta tezy, że wolniejszy przepływ wód oraz obniżenie gradientów hydraulicznych po transgresji litorynowej przyczyniły się do spowolnienia tempa wymiany wód na tym obszarze i doprowadziły do sprzyjających warunków do ascenzji solanek.

Kolejnym, istotnym polem badawczym w którym uczestniczy Habilitant jest kartografia hydrogeologiczna realizowana przez Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut

Badawczy. W ramach tych prac, oprócz wcześniej wspomnianych arkuszy MhP 1:50 000, Habilitant brał udział w opracowaniu MhP PPW WH 1:50 000, współuczestniczył w wykonaniu „Mapy zagospodarowania wód podziemnych zaliczanych do kopalin w Polsce” oraz w innych, ważnych opracowaniach kartograficznych.

Ważnym elementem w życiu naukowym Habilitanta jest współpraca z Zakładem Mikrobiologii Środowiskowej i Biotechnologii Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UMK w Toruniu w zakresie badań obecności mikroorganizmów w wodach podziemnych. W 2010 roku został członkiem zespołu badawczego realizującego projekt pod tytułem „Występowanie patogennych dla ludzi ameb typu „limax” i bakterii z rodzaju Legionella pneumophila w podgrzanych wodach oraz implikacje dotyczące ryzyka ich jednoczesnej inwazji”. Część wyników związanych z wymienionym projektem została opublikowana między innymi w czasopismach z tzw. Listy filadelfijskiej: Parasitology Research i Annals of Agricultural and Environmental Medicine.

Osobowość Habilitanta oraz zdolności organizacyjne sprawiły, że w 2004 roku został adiunktem w Katedrze Geologii i Hydrogeologii Wydziału Nauk o Ziemi UMK.

Oprócz pracy naukowej Habilitant zajmuje się działalnością dydaktyczną i popularyzatorską. Pracując na uczelni prowadzi, bądź prowadził zajęcia dla studentów i doktorantów na następujących kierunkach: geografia, ochrona środowiska, archeologia, turystyka i rekreacja. W ramach popularyzacji nauki wygłosił 4 referaty oraz przeprowadził zajęcia dla uczniów szkół podstawowych i dzieci przedszkolnych w zakresie skał, minerałów i skamieniałości. Ponadto, przeprowadził szkolenia dla lekarzy pracujących w uzdrowiskach oraz wziął czynny udział w resortowych szkoleniach uzdrowiskowych służb geologiczno-górnictw.

Charakteryzując działalność organizacyjną Habilitanta należy wspomnieć o funkcjach pełnionych na Wydziale Nauk o Ziemi UMK. Przez 3 kadencje z wyboru był przedstawicielem młodszych pracowników naukowych w Radzie Instytutu Geografii oraz opiekunem Studenckiego Koła Naukowego Turystyki i Rekreacji Nicolaus Copernicus Adventure Club. Był również członkiem Komisji do spraw egzaminu licencjackiego na kierunku Turystyka i Rekreacja oraz członkiem Komisji do spraw zmian programów i planów studiów dla kierunku Geografia.

Habilitant był organizatorem kilku sympozjów i konferencji krajowych oraz jednej międzynarodowej. Uczestniczył w 20 krajowych i 6 międzynarodowych konferencjach naukowych. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Geologicznego (od 1994 roku) i członkiem Komisji Hydrogeologii Komitetu Nauk Geologicznych PAN (od 2007 roku). Jest

dwukrotnie wyróżniony przez Komisję Opracowań Kartograficznych przy Ministrze Środowiska za opracowania autorskie map oraz wyróżniony przez JM Rektora UMK za osiągnięcia uzyskane w działalności naukowej. Kierował trzema projektami badawczymi KBN i MNiSW oraz był wykonawcą w trzech projektach krajowych i w jednym międzynarodowym projekcie badawczym. Współpracując z wieloma instytucjami naukowymi uczestniczył w kilkudziesięciu pracach projektowych i eksperckich z zakresu geologii, hydrogeologii i ochrony środowiska. Jest autorem 16-tu recenzji projektów badań, programów badań i opracowań autorskich oraz 12 recenzji artykułów i monografii.

Posiada uprawnienia geologiczne kategorii V nr 1271 z dnia 27.09.1997 rok.

Tak szeroka działalność badawcza i organizacyjna dr inż. Arkadiusza Krawca znajduje odzwierciedlenie w postaci znacznej ilości publikacji, których jest autorem lub współautorem:

liczba publikacji indeksowanych w bazie JCR:

- przed doktoratem: 1
- po doktoracie: 2

liczba rozdziałów w monografiach:

- przed doktoratem: 2
- po doktoracie: 11

publikacje w recenzowanym czasopiśmie krajowym lub zagranicznym:

- przed doktoratem: 8
- po doktoracie: 19

materiały konferencyjne:

- przed doktoratem: -
- po doktoracie: 19

sumaryczny *impact factor*:

- przed doktoratem: 0,452
- po doktoracie: 4,46

indeks H Web of Science:

- przed doktoratem: -
- po doktoracie: 1

indeks H według bazy Scopus:

- przed doktoratem: -
- po doktoracie: 2

liczba cytowań Web of Science:

- przed doktoratem:	-
- po doktoracie:	1
<u>liczba cytowań bazy Scopus:</u>	
- przed doktoratem:	8
- po doktoracie:	6

Podsumowaniem dokonań badawczych Habilitanta jest publikacja pod tytułem „Pochodzenie anomalii chlorkowych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku”.

2. Ocena rozprawy habilitacyjnej

Za swoje główne osiągnięcie wynikające z art. 16, ust. 2 z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami), dr inż. Arkadiusz Krawiec wskazał rozprawę habilitacyjną pod tytułem „Pochodzenie anomalii chlorkowych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku”.

W pracy habilitacyjnej dr inż. Arkadiusz Krawiec dokonał szczegółowego podsumowania rezultatów swoich kilkunastuletnich badań prowadzonych na obszarze polskiego wybrzeża Bałtyku. Ponadto zebrał On zamieszczone w różnych publikacjach dane na temat składu izotopowego wód podziemnych, w większości wykonane przez Niego w latach 1997-2011. Do analizy wykorzystał metody hydrochemiczne, izotopowe, oznaczenia stężeń gazów szlachetnych oraz badania geofizyczne. Do najważniejszych, zdaniem Habilitanta, zrealizowanych w ramach pracy celów należą:

- określenie zróżnicowania chemizmu wód oraz genezy anomalii hydrogeochemicznych na podstawie wybranych wskaźników hydrochemicznych;
- określenie czasu wymiany wód w systemach wodonośnych na podstawie wyników badań izotopowych, oznaczeń stężenia ^4He i trytu oraz wyników modelowania matematycznego;
- określenie zmienności składu chemicznego wód podziemnych w profilu pionowym w wybranych obszarach badań oraz zmiany w czasie stężeń jonów chlorkowych w badanych wodach;
- charakterystyka warunków hydrodynamicznych w wybranych przekrojach z wykorzystaniem matematycznych modeli przepływu wód;

- rozpoznanie głównych czynników kształtujących skład chemiczny wód z wykorzystaniem badań izotopowych i mikrobiologicznych.

Ponadto, w rozprawie habilitacyjnej dr inż. Arkadiusz Krawiec przedstawił zagadnienia związane z wodami mineralnymi eksploatowanymi na obszarze badań. Tak kompleksowe opracowanie danych hydrogeochemicznych i izotopowych wód w aspekcie ich genezy oraz wieku jest konieczne do kontynuacji dalszych badań w celu poszukiwań zarówno wód dobrej jakości do celów pitnych jak i wód mineralnych wykorzystywanych do celów leczniczych.

Obszar badań Habilitant podzielił na siedem podobszarów i każdy z nich szczegółowo omówił. W kolejności, idąc od zachodu ku wschodowi są to:

1. obszar polskiej części wyspy Uznam oraz wyspa Wolin,
2. rejon Kamienia Pomorskiego,
3. rejon Kołobrzegu,
4. rejon Mielno-Rowy,
5. rejon Łeby i Żarnowca,
6. obszar Mierzei Helskiej i Mierzei Wiślanej,
7. rejon Żuław Wiślanych.

Wymienione obszary są rozmieszczone w różnych jednostkach geologiczno-strukturalnych oraz regionach hydrogeologicznych. Zdaniem Habilitanta, obszary te zostały dobrze rozpoznane pod względem geologicznym i hydrogeologicznym. Dlatego też można było szczegółowo przedstawić problem zasolenia wód podziemnych oraz relacje wód słodkich z wodami morskimi i ascendującymi solankami.

Obszar polskiej części wyspy Uznam oraz wyspa Wolin zostały przez Habilitanta szczegółowo opisane pod względem budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych. Przedstawiono wyniki regionalnego modelu zrealizowanego do celów bilansowych i zasobowych w obszarze Zalewu Szczecińskiego. Z wybranych ujęć zlokalizowanych na wyspach pobrano próbki wody do badań izotopowych w celu określenia czasu przebywania wody w ośrodku skalnym. Podkreślenia wymaga fakt, że Habilitant w jednej próbce wody z ujęcia (III) w Świnoujściu jednoznacznie wykazał, iż wyniki oznaczeń $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$ są wyraźnie przesunięte w kierunku wartości bardziej ujemnych w stosunku do wód współczesnych. Ponadto brak trytu oraz oznaczenie wartości NGT i ^4He wskazują, że są to wody zasilane w okresie nieco chłodniejszego klimatu, z domieszką wody słonej ascendującej z głębiej zalegających warstw kredy. Habilitant wykazał również, że wyniki oznaczeń izotopowych z ujęcia „Jantar” są wyraźnie przesunięte w kierunku mniej ujemnych wartości w porównaniu do wód z ujęć czwartorzędowych. Zatem, są to wody głównie

paleoinfiltracyjne z okresu przedczwartorzędowego. Na wyspie Wolin Habilitant dokonał spektakularnego odkrycia, dotyczącego wzrostu zawartości chlorków od około 30 do ponad 500 mg/dm³ już po godzinie eksploatacji otworu nr 20 w Świętoustju. Ważnym stwierdzeniem Habilitanta jest określenie wieku tych wód na kilkadziesiąt-kilkaset lat oraz to, że w stropowych partiach utworów mezozoiku znajdują się wody wieku holoceniowego. Istotnym osiągnięciem tej części pracy Habilitanta jest wykazanie, że nadmierna eksploatacja wód podziemnych na wyspie Uznam, głównie w latach 1970-1990, spowodowała we wschodniej części wyspy degradację zasobów wód słodkich poprzez zasolenie domieszkami wód słonych pochodzących od Morza Bałtyckiego i Zalewu Szczecińskiego. Ponadto w polskiej części wyspy Uznam występuje ascenzja wód słonych z podłoża czwartorzędu. Podobne problemy z zasoleniem zwykłych wód podziemnych występują na wyspie Wolin a obie wyspy są wrażliwe na wszelkie zmiany hydrodynamiczne (obniżenie zwierciadła wody, zwiększony pobór).

Rejon Kamienia Pomorskiego charakteryzuje się urozmaiconą morfologią podłoża czwartorzędowego, co ma istotne znaczenie dla warunków hydrogeologicznych. We wschodniej części omawianego obszaru występuje głęboka na ponad 180 m rynna Dreżewa, wypełniona plejstoceniowymi osadami fluwioglacjalnymi, a mniejsza dolina kopalna, o głębokości około 80 m, znajduje się w rejonie Strzeżewa. Poza wymienionymi dolinami kopalnymi podłoże czwartorzędu zalega na głębokości około 30-50 m. Największe rozprzestrzenienie oraz znaczenie gospodarcze ma warstwa wodonośna występująca w piaskach międzymorenowych zlodowacenia wisły, ale czynnikiem utrudniającym korzystanie z zasobów wód z tej warstwy są podwyższone zawartości jonów chlorkowych, występujące między innymi w rejonie Dziwnowa i Międzywodzia. W utworach mezozoiku występują na ogół wody wysokozmineralizowane, a jedynie w rejonie Pobierowa i Trzęsacza w warstwach jury górnej, wody słodkie i słonawe. Zdaniem Habilitanta, ze względu na znaczne deniwelacje terenu wymiana wód podziemnych zachodzi do znacznych głębokości - 500-800 m, co potwierdzone zostało wynikami badań modelowych oraz oznaczeń izotopów stabilnych ¹⁴C w rejonie Połczyna –Zdroju. Dużym osiągnięciem Habilitanta w tej części rozprawy są wyniki modelowania przepływu, w wyniku czego oszacował On czas przepływu i wymianę wód podziemnych dla dwóch przypadków. Jeden z nich odpowiada obecnemu poziomowi wody Bałtyku, zaś drugi odnosi się do sytuacji sprzed 7 500 lat kiedy poziom wody w Bałtyku był o około 28 m niższy od obecnego. We wcześniejszych fazach rozwoju Bałtyku poziom morza był nawet 50-60 m niżej niż współcześnie. Fakt ten spowodował wydłużenie drogi przepływu wód do regionalnej bazy drenażu a ze względu na większe gradienty

hydrauliczne, prędkości przepływu wody na porównywalnych liniach prądu były wówczas ponad dwa razy większe niż obecnie. Wyniki badań elektrooporowych pozwoliły Mu na zlokalizowanie stref ascenzji i ingresji wód o podwyższonej mineralizacji. Stwierdził On, że zasolenie wód w obrębie utworów czwartorzędowych oraz w osadach jury na obszarze Kamienia Pomorskiego związane jest z ascenzją wód zmineralizowanych z głębszych warstw mezozoiku a lokalnie, między innymi w rejonie Dziwnowa, Międzywodzia i Wyspy Chrząszczewskiej można zaobserwować domieszki wód pochodzących z ingresji. Pochodzenie wód słonawych i słonych wskazuje niekiedy na dominujące procesy ascenzji solanek, innym znów razem na ingresję wód morskich. Ponadto, wykazał On, że wody podziemne nizin nadmorskich na tym obszarze są mieszaniną wód zmineralizowanych, ascendujących z utworów mezozoicznych i współczesnych wód infiltracyjnych. Habilitant najprawdopodobniej pomylił się pisząc, że w głębszych poziomach wodonośnych, głównie mezozoicznych mogą występować wody o mineralizacji „kilkunastu mg/dm^3 „ (prawdopodobnie chodzi o kilkanaście g/dm^3) o bardzo długim czasie przebywania w środowisku skalnym. Ważnym stwierdzeniem Habilitanta jest to, iż obecnie czas wymiany wód podziemnych w rejonie Zalewu Kamieńskiego jest prawie dwa razy dłuższy niż na początku holocenu.

W trzecim obszarze badań, w rejonie Kołobrzegu dominują dwa piętra wodonośne: czwartorzędowe i jurajskie a w rejonie Pogorzelica-Niechorze do celów użytkowych eksploatowany jest także górnokredowy poziom wodonośny. W utworach jury dolnej i środkowej najczęściej występują wody słone i solanki. Uzdrowisko Kołobrzeg na tych właśnie wodach opiera swoją działalność. Habilitant stwierdził, że na omawianym obszarze, zasolenie wód podziemnych związane jest wyłącznie z ascenzją solanek z podłoża mezozoicznego, natomiast ingresje wód morskich zaznaczają się tylko nieznacznie w ujściowych odcinkach dolin rzecznych. Bardzo istotnym dokonaniem Habilitanta jest wykazanie, że czwartorzędowa pokrywa antykliny Kołobrzegu jest najbardziej znanym obszarem ascenzji wód zasolonych, gdzie na powierzchni terenu wypływają solanki o mineralizacji ponad $50 \text{ g}/\text{dm}^3$. Równie ważnym stwierdzeniem Habilitanta jest to, że w rejonie Mrzeżyno-Trzebusz wody o wyższej mineralizacji występują w utworach czwartorzędu, a o niższej w obrębie stropowej partii utworów jury. Istotną rolę odgrywają także badania mikrobiologiczne, w wyniku których Habilitant wykazał, że w wodach podziemnych zarówno słodkich jak i mineralnych pochodzących z poziomów czwartorzędowych i jurajskich występują mikroorganizmy.

W rejonie Mielno-Rowy warstwy wodonośne o użytkowym znaczeniu występują w osadach czwartorzędu, paleogenu i neogenu oraz kredy. Na uwagę zasługuje fakt, że znaczenie użytkowe piętro czwartorzędowe zyskuje dopiero w odległości kilku kilometrów od brzegu morskiego i tam też jest zlokalizowana większość ujęć. W tej części rozprawy habilitacyjnej Habilitant szczegółowo opisał problemy związane z ingresjami morskimi oraz ascenzjami wód zasolonych z głębszych poziomów wodonośnych. Dokonana została przez Niego szczegółowa analiza rejonów i stref, gdzie obserwowano podwyższone stężenia jonu chlorkowego, co ma duże znaczenie dla lokalizacji w przyszłości nowych ujęć.

Kolejnym obszarem omówionym w rozprawie jest rejon Łeby i Żarnowca. Obszar ten pokrywają utwory czwartorzędowe o zmiennej miąższości uzależnionej od urozmaiconej rzeźby powierzchni podczwartorzędowej. Miąższość utworów czwartorzędowych dochodzi do 300 m w rejonie głębokiej struktury Żarnowiec-Dębki. Osady czwartorzędu kontaktują się tutaj bezpośrednio z utworami jury i triasu. Habilitant wykazał, że wody zwykle występują w utworach holoceni-plejstoceni i narażone są na dopływy wód ze starszych poziomów wodonośnych, jak np. w rejonie Nowęcina. W rejonie Łeby utwory starsze tzn. miocenu i oligocenu porożcinane są głębokimi strukturami erozyjnymi a występujące w nich wody pozostają w kontakcie hydraulicznym z wodami poziomu dolnoplejstoceni. W tym rejonie, w wodach poziomu oligocenu i miocenu stężenia jonu chlorkowego wzrosły od ok. 250 w latach 50. do ponad 3 300mg/dm³ w latach 80. Skutkiem tego była likwidacja wielu studzien. W wyniku badań izotopowych Habilitant wykazał, że zasolenie tych wód nie jest związane z ingresją wód Bałtyku ale pochodzi z domieszki ascendującej solanki z podłoża mezozoicznego. Przeprowadzone badania izotopowe w Żarnowcu wykazały również związek tego zasolenia z ascenzją solanek z podłoża czwartorzędu. Na podstawie badań elektrooporowych Habilitant dowiódł, że w rejonie Dębek można spodziewać się wód słodkich tylko w pasie wydm a od strony Morza Bałtyckiego i na zapleczu wydm zaznacza się wyraźny wpływ wód słonych.

Rejon Mierzei Helskiej i Mierzei Wiślanej stanowi bardzo urozmaicony pod względem hydrogeologicznym obszar. Ważnym stwierdzeniem Habilitanta jest, iż wody poziomu plejstoceni-kredowego eksploatowane obecnie w Juracie i Helu stanowią mieszaninę wód wieku glacialnego ze starymi wodami holoceni i niewielką domieszką starszych wód zasolonych. Wiek tych wód metodą radiowęglową został oszacowany na 23,7-28,0 tys. lat. Badania gazów szlachetnych oraz delty izotopów stabilnych wskazują jednoznacznie na zasilanie tych wód w klimacie chłodnym. Na Mierzei Wiślanej znaczenie użytkowe mają wody poziomu plejstoceni-holoceni. Nadmierna eksploatacja zarówno na Mierzei

Helskiej jak i Mierzei Wiślanej powoduje ingresje wód słonych. Jednakże znaczne zmniejszenie poboru wód podziemnych w ciągu kilkunastu lat w dużym stopniu zredukowało lub praktycznie wykluczyło problemy ingresji wód słonych.

Żuławy Wiślane i Zatoka Gdańska stanowią regionalną bazę dla wód podziemnych z otaczających ją wysoczyzn Pojezierza Kaszubskiego, Starogardzkiego oraz Wzgórz Elbląskich. Szczególną uwagę Habilitant poświęcił w tym rozdziale wysokim stężeniom chlorków, fluorków oraz związków żelaza i manganu w wodach podziemnych. Te wysokie stężenia powodują, że poziomy wodonośne tracą charakter użytkowy. W południowej i centralnej części Żuław Gdańskich stężenia jonu chlorkowego w wodach poziomu plejstoceno-holoceno dochodzą do $6,0 \text{ mg/dm}^3$. Podobnie wysokie stężenia fluorków występują również w głębszych poziomach kenozoiku i kredy. Habilitant uważa, że występujący w plejstoceno-holoceno piętrze wodonośnym fluor pochodzi prawdopodobnie z zasilania ascenzyjnego wodami z poziomu kredy. Zwrócił również uwagę na występowanie dwutlenku węgla i metanu w niektórych studniach, np. w miejscowości Łaszka, wiążąc ten problem z rozkładem holocenońskiej materii organicznej. Poruszył także problem różnorodnego i skomplikowanego składu izotopowego rozbieżnego z wynikami oznaczeń gazów szlachetnych. Podobnie jak prof. Zuber uważa, że taka sytuacja została spowodowana istnieniem na przełomie glacjału i holocenu licznych paleojezior, z których woda przedostawała się do głębszych warstw wodonośnych. Potwierdził, iż brak trytu w wodach serii deltowej północno-wschodniej części Żuław wskazuje na związek pochodzenia słonawych wód tego rejonu z pozostałością wód morza lityrnowego w słabo przepuszczalnych osadach mułkowo-piaszczystych.

W swojej pracy, w spisie literatury Habilitant podaje pozycje, na które nie powołuje się w tekście (kilkanaście % cytowanej literatury), co nie ma żadnego znaczenia dla oceny merytorycznej pracy. Praca jest dobrze udokumentowana różnego rodzaju rycinami, lecz niektóre z nich są mało czytelne, jak np. ryc. 6.1, 6.20, 6.39, 6.43. Szereg rycin posiada niewłaściwe objaśnienia w stosunku do danych zawartych na rysunkach, np. 1.1, 4.3, 4.4, 5.1, 6.11, 6.13, 6.16, 6.19, 6.28, 6.39, 6.40, 6.42, 6.46, 6.47 i 6.49. Jednakże te drobne niedociągnięcia nie wpływają na ogólnie dobrą ocenę rozprawy habilitacyjnej.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy należy uporządkowanie i analiza dotychczasowych wyników badań wód podziemnych na obszarze polskiego wybrzeża Bałtyku i ich interpretacja w nawiązaniu do własnych rezultatów badań Habilitanta. Udokumentował On, że podstawową przyczyną powszechnie występujących na obszarze polskiego wybrzeża Bałtyku, głównie anomalii chlorkowych, są procesy ascenzji i ingresji

wód słonych i słonawych. System krążenia wód podziemnych należy zaś do głównych czynników decydujących o ich występowaniu na analizowanym obszarze. Zależy on przede wszystkim od budowy geologicznej, morfologii wybrzeża i tektoniki. W zachodniej części omawianego terenu zaznacza się wyraźnie ascenzja wód słonych do płytszych poziomów wodonośnych a nawet ku powierzchni terenu, czego przykładem są źródła solankowe o mineralizacji ponad 50 mg/dm^3 w okolicy Kołobrzegu. We wschodniej części obszaru badań występują osady neogenu i paleogenu, które częściowo utrudniają przepływ wód słonych i słonawych z podłoża. Pojemność wodna systemu wodonośnego ma również ważne znaczenie w procesie powstawania anomalii chlorkowych, ponieważ szybkie i gwałtowne zmiany składu chemicznego zachodzą w warstwach wodonośnych o niewielkiej miąższości. Ewolucja hydrogeologiczna, zwłaszcza pod koniec plejstocenu i na początku holocenu miała duży wpływ na formowanie się składu chemicznego i genezę wód podziemnych.

Habilitant wykazał, że przyczyną większości chlorkowych anomalii hydrogeochemicznych jest ascenzja wód zmineralizowanych z podłoża, zaś ingresje wód morskich mają ograniczony zasięg i obecnie notowane są sporadycznie. Występują głównie w pierwszym poziomie wodonośnym, na obszarach wysp i mierzei, np. w Świnoujściu, Wolinie, Mielnie, Dąbkowicach, Dębkach i Juracie. Nadmierna eksploatacja wód podziemnych w Jastarni, Świnoujściu czy Gdańsku spowodowała ingresję wód morskich do warstw wodonośnych, co w efekcie doprowadziło do zamknięcia ujęć. Dlatego też Habilitant podkreśla jak ważnym zagadnieniem w strefie brzegowej morza jest racjonalny pobór wód podziemnych i proponuje, aby nowe ujęcia wody lokalizować w miarę możliwości w znacznej odległości od obszarów zagrożonych ingresją lub ascenzją wód słonych i solanek.

3. Podsumowanie

Uważam, że dr inż. Arkadiusz Krawiec należy do grona wybitnych badaczy zajmujących się hydrogeologią polskiego wybrzeża Bałtyku i Niżu Polski. Posiada znaczący dorobek w tej dziedzinie, charakteryzujący się różnorodnością tematyczną i metodyczną oraz wskazujący na dużą wiedzę i kompetencje.

Rozprawa habilitacyjna jest szerokim, monograficznym opracowaniem naukowym, w którym przedstawiono obszerny zakres metod badawczych i konkretne rezultaty badań.

Uważam, że oceniana przeze mnie rozprawa habilitacyjna spełnia wymagania stawiane habilitacjom i stanowi ważny wkład w rozwój nauk geologicznych, a zwłaszcza w znajomość warunków hydrogeologicznych polskiego wybrzeża Bałtyku.

4. Wniosek końcowy

Rozprawa habilitacyjna dr inż. Arkadiusza Krawca dotyczy ważnych problemów współczesnej hydrogeologii i znacząco poszerza oraz porządkuje stan istniejącej dotychczas wiedzy w zakresie rozpoznania warunków występowania a także chemizmu i genezy wód na obszarze polskiego wybrzeża Bałtyku.

W związku z powyższym oraz biorąc pod uwagę całokształt działalności naukowej Habilitanta stwierdzam, że zarówno rozprawa habilitacyjna stanowiąca istotny wkład dla hydrogeologii regionalnej oraz dorobek naukowy spełniają warunki do uzyskania stopnia doktora habilitowanego określone w art.16 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz.U.Nr.65, poz.595, 14.03.2003 z późniejszymi zmianami). W związku z tym, wnioskuję o dopuszczenie dr inż. Arkadiusza Krawca do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Józef Chowaniec