

dr inż. Mariusz Czop

ZAŁ. 2

**AUTOREFERAT PRZEDSTAWIAJĄCY
OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
Kraków 2016

ŻYCIORYS ZAWODOWY

DANE OSOBOWE:

imię i nazwisko: Mariusz Czop
data i miejsce urodzenia: 28.10.1974, Miechów

WYKSZTAŁCENIE:

tytuł magistra: 30 lipca 1999 r.
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
uzyskany tytuł: magister inżynier
kierunek: Inżynieria Środowiska
specjalność: Hydrogeologia, geologia inżynierska i ochrona wód

stopień doktora: 27 listopada 2003 r.
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
uzyskany stopień: doktor nauk technicznych
dyscyplina: Górnictwo i geologia inżynierska
specjalność: Sozotechnika
praca doktorska: Wpływ kopalnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie
chrzanowskim na skład chemiczny wód
podziemnym w piętrze triasowym
promotor: prof. dr hab. inż. Jacek Motyka

ZATRUDNIENIE:

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica,
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
adiunkt

PRZEBIEG KARIERY ZAWODOWEJ:

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica,
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

studium doktoranckie:	01.10.1999 - 30.09.2003
asystent:	14.02.2002 - 14.05.2004
adiunkt:	15.05.2004 - 30.09.2009

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica,
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

adiunkt:	01.10.2009 - obecnie
----------	----------------------

Studia na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica, Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska podjąłem w 1995 roku w związku z zainteresowaniem bardzo popularną wówczas ochroną środowiska. W trakcie studiów autentycznie zafascynowała mnie hydrogeologia, która to dyscyplina stała się moją życiową pasją. Niemniej jednak moja praca magisterska, zrealizowana pod opieką dr inż. Janusza Herziga, dotyczyła geologii inżynierskiej, co związane było z jej bardzo interesującym i nowatorskim tematem tj. komputerowym modelowaniem osiadań podłoża składowiska odpadów komunalnych „Barycz” w Krakowie. Pierwszy raz miałem wówczas możliwość symulacji procesów geologicznych przy pomocy specjalistycznego oprogramowania, która to tematyka miała się stać w przyszłości jednym z głównych obszarów moich zainteresowań naukowych. Moja praca magisterska została obroniona z wyróżnieniem a dodatkowo znalazłem się w gronie najlepszych studentów AGH w roku akademickim 1998/99 i otrzymałem Medal Honorowy im. Stanisława Staszica. Wcześniej w czasie studiów magisterskich za bardzo dobre wyniki w nauce otrzymałem kolejno Dyplom Rektora AGH oraz Brązową, Srebrną i Złotą Odznakę im. Stanisława Staszica.

W ramach dalszego rozwoju kariery zawodowej podjąłem studia doktoranckie na Wydziale Górnictwa AGH pod opieką prof. dr hab. inż. Jacka Motyki – uznanego specjalisty z zakresu hydrogeologii górniczej, w tym w szczególności w odniesieniu do masywów skał węglanowych poddanych intensywnym procesom krasowym. Na tym początkowym etapie kariery ukształtowany został główny obszar moich zainteresowań i badań naukowych: hydrogeologia górnicza i stosowana, obejmujące zarówno aspekty hydrodynamiczne jak i hydrogeochemiczne. Jako słuchacz studium doktoranckiego, w ramach programu wymiany „Socrates-Erasmus” miałem możliwość odbycia 1 semestralnych studiów na Universidad de Almeria w Hiszpanii (2000 r.). W ramach studiów uczestniczyłem w pracach realizowanych dla potrzeb projektów naukowo-badawczych związanych z kompleksowymi badaniami i udostępnianiem dla celów turystycznych systemów krasowych w południowo-wschodniej Andaluzji jak również badaniami hydrogeochemicznymi dla potrzeb instalacji odsalania wód morskich metodą odwróconej osmozy. W 2002 r. w ramach kontynuacji współpracy pomiędzy AGH a Universidad de Almeria uczestniczyłem w wyjeździe naukowym w ramach którego wygłosiłem monograficzny wykład (10 h) obejmujący zagadnienia wpływu działalności górniczej na jakość wód podziemnych, głównie w oparciu o przykłady z obszaru Polski.

W trakcie studiów doktoranckich byłem współautorem łącznie 17 publikacji, z czego: 9 artykułów opublikowanych w czasopismach polskich, 1 monografię oraz 7 referatów w recenzowanych materiałach konferencyjnych zarówno o zasięgu krajowym jak i międzynarodowym. Tematyka publikacji związana była z prowadzonymi w naszej jednostce – Pracowni Geotechnologii, Odwadniania i Inżynierii Środowiska badaniami w zakresie identyfikacji i charakterystyki wpływów działalności górniczej na środowisko wodne oraz prognozowaniem potencjalnych zmian wywołanych w jego obrębie.

Dużym osiągnięciem na tym etapie mojej kariery było wybranie monograficznego artykułu, opracowanego pod kierunkiem i we współpracy z prof. dr hab. inż. Jackiem Motyką, do prezentacji w ramach organizowanych przez KBN, Dni Nauki Polskiej w Paryżu i Sztokholmie. Referat ten dotyczył kompleksowych badań hydrogeologicznych jurajskiego zrębu Zakrzówka, w tym zatapiania występującego w jego obrębie kamieniołomu i został przeze mnie przedstawiony w Paryżu, w formie prezentacji ustnej, posteru oraz specjalnie przygotowanej ulotki informacyjnej.

Etap studiów doktoranckich został zamknięty publiczną obroną mojej rozprawy doktorskiej - 27 listopada 2003 r. na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH. Rozprawa pt. „Wpływ kopalnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie chrzanowskim na skład chemiczny wód podziemnych w piętrze triasowym” opracowana została pod opieką promotora - prof. dr hab. inż. Jacka Motyki, a na jej podstawie uzyskałem stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie: górnictwo i geologia inżynierska i specjalności: sozotechnika.

Jeszcze w trakcie studiów doktoranckich (14.02.2002 r.) zostałem zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH a wkrótce po obronie doktoratu (15.05.2004 r.) zostałem przeniesiony na stanowisko adiunkta, które zajmowałem do dnia 30.09.2009 r. Począwszy od 01.10.2009 r. jestem zatrudniony na tym samym stanowisku (adiunkta) na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH.

Po uzyskaniu stopnia doktora zasadnicza tematyka moich prac badawczych obejmować zaczęła poza zagadnieniami z zakresu hydrogeologii górniczej i wpływów górnictwa na środowisko także kwestie ogółu oddziaływań antropogenicznych, w tym w szczególności generowanych przez przemysł. Na plan pierwszy w tym zakresie wysuwać się zaczęły problemy związane z likwidacją kopalń, głównie wynikające

z odbudowy stosunków wodnych ale jednocześnie generujące nowe zagrożenia w postaci powstawania/odtworzenia stref podtopień (zalewisk i podmokłości) a ponadto skutkujące zanieczyszczeniem wód podziemnych. Ewidentne niekorzystne skutki środowiskowe generowane przez górnictwo nawet po zakończeniu jego działalności wymagają co oczywiście podjęcia skoordynowanych działań naprawczych. Muszą one bazować na wiarygodnych prognozach ujmujących zmiany hydrodynamiczne i hydrogeochemiczne w ramy czasowe. W nawiązaniu do przedstawionych potrzeb praktycznych moje zainteresowania naukowe zaczęły się koncentrować wokół zagadnień z zakresu:

- 1) Identyfikacji i prognozowania wpływów działalności człowieka na środowisko wodne, w tym w szczególności związanych z górnictwem i przemysłem,
- 2) Zastosowania metod modelowania numerycznego w zagadnieniach problemowych z zakresu hydrogeologii górniczej i stosowanej, w tym zarówno w odniesieniu do procesów hydrodynamicznych jak i hydrogeochemicznych.

OMÓWIENIE WAŻNIEJSZYCH (DODATKOWYCH) OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

Ad. 1. Identyfikacja wpływów działalności człowieka na środowisko wodne, w tym w szczególności związanych z górnictwem i przemysłem

Zagadnienie to stanowi najważniejszy obszar moich zainteresowań badawczych od momentu rozpoczęcia pracy naukowej. Wynika to bezpośrednio z przyjętej specjalizacji w zakresie hydrogeologii górniczej i stosowanej, które z definicji związane są z wszelkimi oddziaływaniami antropogenicznymi i obejmują przeobrażenia środowiska wodnego na dużą skalę. Analiza wpływów antropogenicznych jest bardzo ważna w przypadku planowania inwestycji górniczych oraz przemysłowych, i bardzo często jest zarzewiem gorących sporów a nawet protestów społecznych. Szczególnie duże znaczenie w tym względzie ma analiza oddziaływań istniejących bądź planowanych inwestycji na środowisko wodne, gdzie mogą wystąpić bardzo poważne zmiany w postaci: obniżenia zwierciadła wód podziemnych, zaniku lub zmniejszenia ilości wody w studniach kopanych i ujęciowych, źródłach oraz ciekach powierzchniowych. Wszystkie zmiany są bezpośrednio zauważalne lub odczuwalne przez okolicznych mieszkańców i mogą w niekorzystnym przypadku spowodować nawet trudności w zaopatrzeniu ludności w wodę pitną. Bardzo duże znaczenie mają dodatkowo kwestie jakości wód podziemnych,

gdyż działalność antropogeniczna generuje szereg poważnych zagrożeń związanych zazwyczaj ze zróżnicowanymi pod względem typu ogniskami zanieczyszczeń. W ramach przedstawionego obszaru tematycznego, moje działania skupiały się w obrębie trzech zagadnień szczegółowych:

A. Analiza zagrożeń środowiska wodnego związanych z eksploatacją złóż rud cynku i ołowiu oraz zaprzestaniem ich wydobywania w obszarze Śląsko-Krakowskim - w rejonach chrzanowskim i olkuskim

Chrzeanowski i olkuski rejon kopalnictwa rud cynku i ołowiu należą do obszarów gdzie wpływy działalności górniczej na środowisko wodne osiągnęły bardzo duże nasilenie, przy czym objęły przeobrażenia o charakterze zarówno hydrodynamicznym jak i hydrogeochemicznym. Problematyką tą zająłem się już na etapie pracy doktorskiej i kontynuowałem ją następnie, w tym m.in. uczestnicząc w latach 2004-2008, jako jeden z głównych wykonawców w projekcie grantowym pt. „Wpływ górnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim na skład chemiczny wód podziemnych i powierzchniowych” pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Jacka Motyki

W ramach przedstawionych zagadnień zajmowałem się głównie identyfikacją procesów hydrogeochemicznych kształtujących skład chemiczny wód podziemnych w strefie oddziaływania odwodnieniowego kopalń rud cynku i ołowiu. Najistotniejsze znaczenie w tym względzie miał w szczególności proces utleniania pirytu (FeS_2), minerału towarzyszącego siarczkowym rudom cynku i ołowiu, który prowadził do zakwaszenia środowiska jako skutek powstawania kwasu siarkowego (H_2SO_4), a następnie jego zbuforowania na skałach węglanowych, stanowiących skałę macierzystą dla minerałów rudnych i jednocześnie zasobny zbiornik wód podziemnych. W związku z zachodzeniem tych powiązanych ze sobą reakcji chemicznych powstały wtórne minerały siarczanowe, głównie hydroksysiarczany magnezu i żelaza, zawierające dodatkowo wbudowane w ich strukturę pierwiastki śladowe. Po zakończeniu działalności wydobywczej likwidacja kopalń, z hydrogeologicznego punktu widzenia związana jest z zaprzestaniem ich odwadniania i samoistnym zatapianiem przez strumień wód podziemnych. Rozpuszczanie się wtórnych minerałów wietrzeniowych w wodach zatapiających kopalnie jest przyczyną gwałtownej degradacji wód podziemnych nie tylko w obrębie obszaru górniczej rozcinki górotworu ale również w szerszym zakresie w leju depresji kopalni. Problematyce zanieczyszczenia wód podziemnych w wyniku przebiegu

wspomnianych procesów poświęcone były liczne publikacje (8 prac: A2, A3, B3, C6, C8, D2, D6 i E3).

W ramach badań przeobrażeń jakościowych wód podziemnych na obszarze działalności górnictwa rud cynku i ołowiu moim głównym udziałem była szczegółowa interpretacja danych hydrogeochemicznych w tym z zastosowaniem nowoczesnych metod graficznych i statystycznych jakie oferowały zaczęły programy specjalistyczne, w tym Aqua Chem. Podsumowaniem kilku lat zaawansowanych badań i analiz wykonywanych w chrzanowskim i olkuskim rejonie kopalnictwa rud cynku i ołowiu była przekrojowa praca: *Motyka J., Czop M., Syposz-Łuczak B., 2007 – Zagrożenia środowiska wodnego związane z likwidacją górnictwa rud cynku i ołowiu w Małopolsce. Przegl. Górn., t. 63, nr 1, s.45-53 (nr. B3)*. Praca zawiera poparte wynikami badań oraz modelowań prognozy zmian warunków hydrodynamicznych i hydrogeochemicznych po likwidacji górnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie Olkusza i Chrzanowa. Aktualnie z perspektywy już blisko 10 lat należy wysoko ocenić wiarygodność sformułowanych wówczas prognoz, w tym w szczególności w odniesieniu do kopalni „Trzebieńka”. Odnosi się to zarówno do bardzo trafnie prognozowanego poziomu stężeń jonów siarczanowych w wyrobiskach zatopionej kopalni, występującego w świetle pomiarów na poziomie około 2000 mg/L, jak również poziomu zwierciadła wód podziemnych w piętrze triasowym różniącemu się nie więcej niż około kilka metrów od wartości prognozowanej. Moim wkładem w ten niewątpliwie sukces zespołowy było opracowanie prognozy hydrodynamicznej oraz zastosowanie wyników statycznych i dynamicznych testów wymywalności dla sformułowania prognozy hydrogeochemicznej.

B. Kompleksowe badania sztucznych, pogórnicznych zbiorników wodnych (ang. pit lakes)

Sztuczne zbiorniki wodne w zatopionych wyrobiskach odkrywkowych powstają po zakończeniu działalności wydobywczej i wypełnieniu odkrywki przez wody podziemne i znacznie rzadziej wody powierzchniowe. Zbiorniki te często malownicze, stwarzają trudności w zagospodarowaniu gdzie głównymi czynnikami krytycznymi są ich duża głębokość oraz strome ściany boczne utrudniające swobodny dostęp do wody.

Aktualnie badania zbiorników pogórnicznych (ang. pit lakes) należą do nowoczesnych trendów badawczych w hydrogeologii górniczej, przy czym głównie dotyczą one prawie wyłącznie zbiorników o charakterze kwaśnym (ang. acidic pit lakes).

Temat badań sztucznych zbiorników pogórnicznych realizowany przeze mnie, we współpracy z prof. dr hab. inż. Jackiem Motyką, obejmował głównie zagadnienia hydrogeochemiczne. Badania te były prowadzone na dwóch poligonach: w kamieniołomie „Zakrzówek” w Krakowie oraz w obrębie unikalnego pod względem warunków hydrogeochemicznych, silnie zasadowego zbiornika „Górka” w Trzebini. Wyniki wspomnianych badań były sukcesywnie publikowane w czasopismach, w tym również z tzw. listy „filadelfijskiej”. W oparciu o badania zbiornika w kamieniołomie „Zakrzówek” powstały łącznie 2 artykuły naukowe – nr A1 i D6. Znacznie bardziej interesujący z racji ekstremalnie wysokiego odczynu $\text{pH} > 13$ oraz istotnych zawartości pierwiastków śladowych, zbiornik w kamieniołomie „Górka” był przedmiotem 5 publikacji – nr A4, D1, D3, D10 oraz E2. Dodatkowo badaniami objęto również bardzo nietypowy zbiornik wodny „Cegielnia-Górka” w Trzebini, powstały w wyrobisku utworów nieprzepuszczalnych (1 art. – nr B5).

Zbiorniki typu pit lakes stanowią unikalne i ciekawe z naukowego punktu widzenia środowisko, gdzie z racji znacznej relatywnej głębokości (odniesionej do rozmiarów liniowych zbiornika) zazwyczaj występuje zjawisko stratyfikacji słupa wody. Utrudniona cyrkulacja wody w strefie głębszej zbiornika, w której dodatkowo gromadzi się materia organiczna jest przyczyną stosunkowo powszechnego formowania się strefy redukcyjnej (beztlenowej), gdzie w warunkach „in statu nascendi” występuje gazowy siarkowodór – H_2S . Powstaje on w wyniku sprzężonych ze sobą reakcji redox, gdzie utlenianiu ulega materia organiczna i/lub żelazo i mangan a zredukowane zostają jony siarczanowe (SO_4^{2-}). Występowanie strefy gazowego siarkowodoru w dennej części sztucznego zbiornika wpływa na pierwiastki, których specjacje zależą od warunków pH-Eh i tłumaczy w pełni stwierdzone wcześniej, w słupie wody, ich anomalie.

Identyfikacja występowania strefy redukcyjnej w większości zbiorników pit lakes oraz zrozumienie jej wpływu na warunki występowania pierwiastków śladowych uznać należy za bardzo ważne osiągnięcie naukowe którego jestem współautorem.

Ważnym moim osobistym wkładem do przedmiotowych badań było również opracowanie metodyki pomiarów parametrów fizyko-chemicznych wód w warunkach „in situ”, wymagającej skompletowania nowoczesnego sprzętu (tj. terenowych, przenośnych mierników pH/Eh/EC/T z sondami o długości do 100 m a także odpowiedniego sprzętu pływającego). W odniesieniu do zagadnień naukowych zajmowałem się przede wszystkim identyfikacją procesów hydrogeochemicznych oraz

modelowaniem warunków występowania poszczególnych pierwiastków chemicznych w zmiennych warunkach pH-Eh, w tym w szczególności z zastosowaniem specjalistycznego, zaawansowanego oprogramowania w postaci: AquaChem z modułem PhreeqCI oraz Geochemist's Workbench.

C. Wpływ czynników naturalnych i antropogenicznych na środowisko wrażliwych na antropopresję wód mineralnych i leczniczych

Obszar badawczy stał się przedmiotem mojego zainteresowania w związku z zaproszeniem do współpracy przez dr hab. inż. Lucynę Rajchel – uznaną specjalistkę w zakresie wód mineralnych i leczniczych. Uczestnicząc w projekcie naukowo-badawczym pt. „Wpływ likwidacji górnictwa naftowego na współwystępujące złoża wód leczniczych Iwonicza Zdroju, Lubatówki i Rymanowa Zdroju” (2007 r.) wykonałem pierwszy, wstępny model numeryczny antykliny Iwonicza Zdroju – Rudawki Rymanowskiej na którym przeprowadziłem analizę wpływu działalności wydobywczej surowców energetycznych (ropy naftowej i gazu ziemnego) a także potencjalnej reakcji systemu wodonośnego na zaprzestania ich eksploatacji. Był to pierwszy mój kontakt zawodowy z unikalnym i bardzo ciekawym z naukowego punktu widzenia środowiskiem występowania wód mineralnych w Karpatach. W wyniku kolejnych prac realizowanych w latach późniejszych model numeryczny antykliny Iwonicza Zdroju – Rudawki Rymanowskiej został znacząco rozwinięty a dodatkowo w ramach integracji i interpretacji ogółu danych hydrodynamicznych, hydrogeochemicznych i izotopowych wykonałem również modelowanie warunków formowania się składu chemicznego unikalnych szczaw chlorkowych. Osiągnięcia te zostały szerzej opisane w rozdziale poświęconym mojemu dorobkowi naukowego, stanowiącemu przedmiot postępowania habilitacyjnego. Ogółem zagadnieniom związanym z wodami mineralnymi rejonu Iwonicza Zdroju i Rymanowa Zdroju poświęconych zostało łącznie 7 prac – nr B19, B22, C16, C20, D15, D16, oraz D20.

Badania nad mechanizmem powstawania wód mineralnych zawierających istotny udział jonu chlorkowego, były przeze mnie kontynuowane w ramach realizacji grantu naukowego pt. „Wody chlorkowe i solanki Karpat Polskich” w którym byłem jednym z głównych wykonawców. Moim głównym zadaniem była interpretacja danych z badań składu chemicznego wód mineralnych i wykonanie modelowania hydrogeochemicznego.

Kolejnym obszarem mojej aktywności w tematyce wód mineralnych i leczniczych była Dolina Popradu, gdzie występują unikalne szczawy, tj. wody zawierające naturalny

dwutlenek węgla w formie rozpuszczonej, zdysocjowanej i wolnej. Impulsem dla zajęcia się tymi wodami były nieodpowiedzialne i nieprzemyślane plany inwestycji w infrastrukturę turystyczną i sportów zimowych. W Piwnicznej Zdroju w bezpośredniej bliskości studni ujęciowych „Piwniczanki” planowano budowę stacji narciarskiej ze sztucznie naśnieżanym stokiem. Z kolei w Krynicy Zdroju na Górze Parkowej, stanowiącej obszar zasilania dla pobliskich ujęć i źródeł wód mineralnych, zaplanowano budowę nowoczesnej żelbetowej rynny toru saneczkowego, o długości około 2 km podtrzymywanej przez ponad 2000 pali betonowych. Starając się uświadomić wszelkim decydom skalę zagrożenia dla wód mineralnych, wspólnie z dr hab. inż. Lucyną Rajchel oraz częściowo z prof. dr hab. inż. Jackiem Motyką stworzyliśmy kilka publikacji poświęconych właściwym zasadom ochrony cennych zasobów wodnych (7 prac – nr B6, B7, B18, C11, C18, C19 oraz C23). Dużym osiągnięciem naszego zespołu była skuteczna ochrona wód mineralnych zarówno w Krynicy Zdroju jak i Piwnicznej Zdroju przez niekorzystnymi zmianami ich składu chemicznego (spadkiem mineralizacji i zawartości CO₂) lub nawet bezpowrotnym zniszczeniem.

Najistotniejsze znaczenie pośród nich ma publikacja: *Czop M., Motyka J., Rajchel L., 2011 – Współczesne zagrożenia wód mineralnych i leczniczych doliny Popradu. Biul. PIG Hydrogeologia; 2011 nr 445 z. 12/1, s. 67–74. (nr. B18)*, gdzie dodatkowo przedstawiono bardzo prosty ale wiarygodny mechanizm formowania się składu chemicznego unikalnych szczaw karpaccich. Związany jest on z nasycaniem przepływających w górotworze wód podziemnych, przez strumień gazowego CO₂ wydostającego się pod ciśnieniem z głębszego podłoża. Rozpuszczając się w wodach podziemnych dwutlenek węgla wpływa na wzrost ich agresywności w stosunku do składników mineralnych w górotworze, i poprzez ich rozpuszczanie skutkuje wzrostem mineralizacji wody. System gazowo-wodny kluczowy dla formowania się składu chemicznego szczaw jest bardzo wrażliwy na wszelkie zmiany realizowane w jego sąsiedztwie, w tym prace ziemne, przekształcanie powierzchni terenu a nawet zmianę szaty roślinnej lub sposobu użytkowania terenu. Zajmując się społecznie przeciwdziałaniu zagrożeniom dla wód mineralnych i leczniczych, mając na uwadze fakt słabej ochrony prawnej, byłem współautorem propozycji zwiększenia jej skuteczności poprzez objęcie stref dopływu gazowego CO₂ z głębszego podłoża strefą ochrony uzdrowiskowej „A”, która w znacznym stopniu ogranicza wiele rodzajów aktywności antropogenicznej, w tym wznoszenie budynków i budowli, wiercenie otworów oraz wszelkie przekształcenia naturalnej

powierzchni terenu. Dla potrzeb skutecznej ochrony zasobów wód mineralnych i leczniczych zaproponowałem również wdrożenie w uzdrowiskach scentralizowanego systemu automatycznej obserwacji i rejestracji wielkości ich poboru oraz związanego z nim obniżenia zwierciadła wód podziemnych (nr C23). Dodatkowo w ramach współpracy ze środowiskiem architektów i urbanistów, związanej z uczestnictwem w organizowanych przez ich stowarzyszenia branżowe cyklicznej konferencji, wspólnie z dr hab. inż. Lucyna Rajchel sformułowaliśmy zasady właściwego planowania i prowadzenia inwestycji na obszarach występowania wód mineralnych, w tym w szczególności najważniejsze metody i praktyki w zakresie udostępniania źródeł wód mineralnych (nr C18 i C19).

Ad.2. Zastosowania metod modelowania numerycznego w zagadnieniach problemowych z zakresu hydrogeologii górniczej i stosowanej, w tym zarówno w odniesieniu do kwestii o charakterze hydrodynamicznym jak i hydrogeochemicznym

Drugi z obszarów tematycznych jakim zajmowałem się i w dalszym ciągu zajmuję w ramach działalności naukowej wynika bezpośrednio z potrzeby wiarygodnego i miarodajnego formułowania prognoz zmian stosunków wodnych na obszarach przekształcanych w wyniku działalności człowieka, w tym w szczególności w związku z planowaniem inwestycji górniczych. Biorąc pod uwagę stopień skomplikowania w/w zagadnień praktycznie jedyną, najlepszą i powszechnie akceptowalną metodą ich rozwiązywania jest modelowanie numeryczne. Stąd już od początku swojej pracy naukowej rozpocząłem doskonalenie umiejętności w zakresie metodycznych i praktycznych uwarunkowań zastosowania specjalistycznego oprogramowania w praktyce hydrogeologicznej. Zaowocowało to kontaktem z firmą Gambit - Centrum Oprogramowania i Szkoleń w Krakowie, która rozpoczęła na rynku polskim dystrybucję uznawanych powszechnie za jedno z najlepszych programów specjalistycznych dla hydrogeologów, stworzonych przez firmę Waterloo Hydrogeologic. W ramach współpracy podjąłem się roli instruktora szkoleń w zakresie praktycznego zastosowania wspomnianych programów tj. Visual Modflow, Aquifer Test, Aqua Chem oraz UnSat Suite w praktyce hydrogeologicznej. Zakres wspomnianych powyżej działań został szczegółowo opisany w zał. 5 dotyczącym charakterystyki osiągnięć dydaktycznych, współpracy naukowej oraz działalności popularyzującej naukę.

Poza niewątpliwym osiągnięciem o charakterze dydaktycznym, szkolenia prowadzone w ramach współpracy z firmą Gambit COiS sp. z o.o miały duże znaczenie dla mojego rozwoju naukowego. Dostęp do najnowocześniejszego oprogramowania oraz jego dokumentacji technicznej, konieczność ciągłego rozwoju warsztatu naukowego a także rosnące doświadczenie w użytkowaniu programów specjalistycznych dało podstawy do ich praktycznego zastosowania w pracy zawodowej, w tym w publikacjach naukowych.

Łącznie w trakcie blisko 12 lat od uzyskania doktoratu w większości samodzielnie wykonałem kilkadziesiąt zaawansowanych modelowań numerycznych w tym zarówno dla odwzorowania i prognozowania warunków hydrodynamicznych jak i hydrogeochemicznych, gdzie występowały interesujące i cenne wątki o charakterze naukowym. W związku z wybitnie utylitarnym i aplikacyjnym charakterem w/w prac większość z nich z uwagi na zastrzeżenie poufności ze strony zleceniodawców (głównie przedsiębiorstw górniczych) nie mogła być przedmiotem publikacji naukowych. W mojej działalności naukowej zaznaczyły się zatem tylko osiągnięcia nieobwarowane tego typu ograniczeniami, w tym w szczególności:

- a) ***Analiza aktualnych warunków hydrodynamicznych i prognozowanie ich zmiany dla istniejącego zakładu górniczego*** dla przykładu kopalni wapieni jurajskich „Latosówka” w Rudnikach, zrealizowana w oparciu o wykonany przez mnie hydrodynamiczny model numeryczny. Głównym celem modelowania było określenie wielkości leja depresji kopalni oraz zbilansowanie źródeł pochodzenia dopływu do jej systemu odwadniania. Były to pierwsze tego typu analizy wykonane dla kopalni „Latosówka”, o potencjalnie bardzo dużym znaczeniu, gdyż w jej bezpośrednim sąsiedztwie występują cenne przyrodniczo obszary, w tym ekosystemy zależne od wód podziemnych. Głównymi wynikami badań modelowych było potwierdzenie hipotezy o znaczącym udziale w dopływie do wyrobiska kopalni „Latosówka”, wód pochodzących z ucieczek z rzeki Warty oraz z rowu odprowadzającego wody kopalniane. W tym kontekście uznano, że potencjalne wpływy kopalni „Latosówka” na środowisko wodne w swoim otoczeniu są stosunkowo niewielkie i nie mogą spowodować istotnych przeobrażeń środowiska wodnego. Wyniki całości badań zrealizowanych w rejonie kopalni wapieni jurajskich „Latosówka”, w tym również badań modelowych, zostały przedstawione w publikacji nr B11.

b) **Szczegółowa prognoza dla procesu likwidacji kopalń** na przykładzie kopalni rud cynku i ołowiu „Trzebionka”. W ramach realizacji zadania wykonany został przede mną model hydrodynamiczny triasu chrzanowskiego, stanowiący sumaryczny efekt ogółu analiz i prognoz prowadzonych w tym rejonie wydobywania rud cynku i ołowiu, począwszy od doktoratu aż do praktycznie chwili obecnej. Modelowanie miało na celu weryfikację prognoz wpływu zaprzestania odwadniania i zatopienia kopalni „Trzebionka”, na ciśnienie wód podziemnych w utworach wodonośnych wapienia muszlowego. Kwestia ta miała kluczowe znaczenie praktyczne z uwagi na fakt spodziewanego, jednoczesnego pogorszenia jakości wód podziemnych w utworach triasowych, co z kolei wymagało zabezpieczenia nowych źródeł zaopatrzenia miejscowej ludności w wodę pitną. Prognoza czasowa zatapiania kopalni „Trzebionka” została zrealizowana na modelu numerycznym wykonanym przede mną na podstawie prac zespołu badawczego w skład którego wchodził dodatkowo prof. dr hab. inż. Jacek Motyka oraz mgr inż. Marek Szuwarzyński. Model numeryczny wykonany dla warunków zarówno ustalonych jak i nieustalonych dał możliwość określenia tempa odbudowy ciśnienia wód triasowych i sukcesywnego zatapiania kopalni dla dowolnego przedziału czasowego. Na drodze modelowania wyznaczono czas pełnej odbudowy ciśnienia wód w piętrze triasowym na równy około 45 lat. Istotnym osiągnięciem modelowania była identyfikacja przebiegu procesu odbudowy ciśnienia wód podziemnych w strefie zewnętrznej leja depresji kopalni, gdzie obserwowano niewielkie zmiany naturalnych stosunków wodnych. Na podstawie badań modelowych uzyskano wyniki wskazujące, że we wspomnianych strefach bardzo szybko, bo już po upływie kilku lat od rozpoczęcia zatapiania kopalni, występować będą warunki zbliżone do naturalnych (quasi-naturalne). W związku z powyższym w strefach zewnętrznych leja depresji należy najwcześniej spodziewać się aktywizacji przepływów w ciekach powierzchniowych, wzrostu wydajności studni i źródeł oraz potencjalnego odtworzenia stref podtopień (tj. zalewisk i podmokłości). Wyniki wykonanych dla kopalni „Trzebionka” badań modelowych posłużyły również do opracowania podstaw dla nowej metody analitycznej prognozowania tempa zatapiania kopalń, zarówno odkrywkowych jak i podziemnych, opierającej się o bardzo proste równanie Darcy. Opracowane na podstawie tej metody prognozy zatapiania kopalni „Trzebionka”, zlikwidowanej

ostatecznie i ulegającej zatapianiu od połowy 2010 r. są aktualnie bardzo dokładne, zaś rozbieżność pomiędzy rzeczywistymi i prognozowanymi rzędnymi położenia zwierciadła wód podziemnych w utworach triasowych nie przekracza kilku metrów. Wyniki przedstawionych prac zostały zaprezentowane w publikacji nr B3.

- c) **Analiza skomplikowanych warunków geologiczno - górniczych** na przykładzie rejonu wysadu solnego „Dębina”, została przeprowadzona z wykorzystaniem modelowania numerycznego wykonanego przeze mnie w ramach projektu naukowego realizowanego dla PGE przez Wydział Górnictwa i Geoinżynierii AGH. Głównym celem projektu była weryfikacja skomplikowanych scenariuszy likwidacji górnictwa węgla brunatnego w rejonie Bełchatowa. Najistotniejszym wynikiem modelowania było dowiedzenie możliwości prowadzenia bezpiecznej eksploatacji w odkrywce „Szczerców”, w warunkach sukcesywnego zatapiania odkrywki „Bełchatów”. Kwestia ta ma kluczowe znaczenie dla planowania całości prac rekultywacyjnych i remediacyjnych w rejonie Bełchatowa i docelowego kształtowania sztucznych zbiorników poeksploatacyjnych. Przekłada się bowiem bezpośrednio na skrócenie czasu odwadniania odkrywki „Bełchatów”, która pierwotnie była planowana do utrzymywania aż do momentu zakończenia wydobywania w odkrywce „Szczerców” i znacząco wpływa na ekonomiczne uwarunkowania procesu likwidacyjnego (generując znaczące oszczędności). Modelowanie numeryczne zrealizowane w ramach projektu naukowego pozwoliło na negatywną weryfikację zasadności realizacji sztucznego ekranu izolacyjnego pomiędzy odkrywkami „Bełchatów” i „Szczerców” a także pozwoliło na zaproponowanie adekwatnych i skutecznych metod przeciwdziałania niekorzystnym skutkom zatapiania, w tym w szczególności możliwości utraty stateczności fragmentów zachodniego zbocza o/„Szczerców”. Bardzo ważnym wynikiem ogółu badań i analiz wykonanych dla obszaru wysadu solnego „Dębina” była identyfikacja stosunkowo uniwersalnego wzoru czy też charakterystycznego schematu uformowania otoczenia wysadów solnych, w oddzielne jednostki hydrogeologiczne, charakteryzujące się w znacznym stopniu autonomicznymi reżimami hydrogeologicznymi. Wyniki wspomnianych badań zostały przedstawione na bazie faktów zarówno natury hydrodynamicznej jak i hydrogeochemicznej w publikacjach nr C9 i C10, których jestem współautorem.

d) ***Analiza formowania się zasobów wód podziemnych w skomplikowanych warunkach geologicznych i hydrogeologicznych, w tym również pod wpływem działalności górniczej*** dla przykładu antykliny Iwonicza Zdroju - Rudawki Rymanowskiej, zrealizowana została przeze mnie na drodze wykonania zaawansowanego modelu numerycznego. Głównym celem tych działań była wiarygodna ocena wpływu prowadzenia a następnie zaprzestania wydobycia surowców energetycznych (ropy naftowej i gazu ziemnego) na współwystępujące wody mineralne i lecznicze. Projekt badawczy był finansowany ze środków NFOŚiGW. Model ten został przeze mnie zaktualizowany i rozwinięty w następnym projekcie naukowo-badawczym realizowanym w latach 2014-2015 r. przez Państwowy Instytut Geologiczny (PIG – PIB) a związanym z ustaleniem zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód leczniczych dla uzdrowisk Iwonicz Zdrój i Rymanów Zdrój. Z uwagi na duży stopień skomplikowania warunków hydrogeologicznych oraz relatywnie mały zasób danych źródłowych modelowanie hydrogeologiczne dla struktury antykliny Iwonicza Zdroju – Rudawki Rymanowskiej należało do bardzo trudnych zadań. Niemniej jednak realizacja badań modelowych pozwoliła na wiarygodne określenie bilansu wodnego omawianej struktury, w tym w szczególności warunków kształtowania się unikalnych wód mineralnych i leczniczych Iwonicza Zdroju i Rymanowa Zdroju – szczaw chlorkowych. Na podstawie ogółu badań zrealizowanych na tym obszarze i przedstawionych w publikacjach nr B19, C16 oraz D16 zaproponowany został przeze mnie wiarygodny model formowania się zasobów wód mineralnych i leczniczych polegający na powolnym zastępowaniu zmineralizowanych pierwotnych wód synsedymencyjnych (tj. wód morskich z basenu sedimentacji osadów) przez wody o niskiej mineralizacji pochodzące z procesów diagenetycznych oraz wody paleoinfiltracyjne i infiltracyjne. Skomplikowana struktura antykliny Iwonicza Zdroju – Rudawki Rymanowskiej, w tym w szczególności silne jej zaangażowanie tektoniczne, sprawia że w sensie hydrodynamicznym stanowi ona strefę utrudnionego przepływu i wymiany wód podziemnych. W tym kontekście należy ją uznać za „pułapkę” nie tylko w odniesieniu do ropy naftowej i gazu ziemnego ale również pozostałości zmineralizowanych wód podziemnych (relikty wód synsedymencyjnych).

Poza modelem hydrogeochemicznym dla potrzeb oceny zagrożeń dla wód mineralnych i leczniczych oraz określenia ich zasobów w uzdrowiskach Iwonicz Zdrój i Rymanów Zdrój wykonałem również zaawansowany, wielowarstwowy model hydrodynamiczny. Stanowi on integrację ogółu danych pochodzących z badań hydrodynamicznych, hydrogeochemicznych i izotopowych wykonanych dotychczas na omawianym obszarze. W oparciu o modelowanie numeryczne udało się między innymi zbilansować intensywności strumieni wód o wysokiej mineralizacji (o genezie synsedymenacyjnej, ale już znacznie zmienione wskutek procesów elizyjnych) oraz wód charakteryzujących się niską zawartością składników rozpuszczonych (o genezie infiltracyjnej i/lub paleoifiltracyjnej). Wspomniane powyżej strumienie formują wody mineralne i lecznicze antykliny Iwonicza Zdroju - Rudawki Rymanowskiej po zmieszaniu z udziałem mniej więcej po połowie. Należy zwrócić uwagę, że z racji dużej trudności modelowania w tym niezwykle skomplikowanym pod względem budowy geologicznej terenie, wykonany przeze mnie model hydrodynamiczny rejonu antykliny Iwonicza Zdroju - Rudawki Rymanowskiej jest pierwszym w bardzo długiej historii badań hydrogeologicznych omawianego obszaru. Modelowania wykonane dla antykliny Iwonicza Zdroju - Rudawki Rymanowskiej stanowią jedno z ważniejszych moich osiągnięć naukowych i zostały szczegółowo scharakteryzowane w rozdziale poświęconym przedmiotowi postępowania habilitacyjnego.

- e) ***Analiza migracji zanieczyszczeń w skomplikowanych warunkach geologicznych i hydrogeologicznych, w tym również w sytuacji nakładania się wpływów wielu zróżnicowanych ognisk zanieczyszczeń*** zrealizowana została przeze mnie w oparciu o modelowanie numeryczne, na przykładzie obszaru dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy. Teren wspomnianych powyżej zakładów pomimo ich niedawnej likwidacji zalicza się nie bez przesady do jednej z największych w Polsce a nawet na świecie bomb ekologicznych. Wynika to z silnego skażenia środowiska wodno-gruntowego przez toksyczne i kancerogenne związki organiczne stanowiące odpady z procesów produkcyjnych i/lub powstałe w wyniku skomplikowanych reakcji, w tym głównie rozpadu substancji pierwotnych. Model numeryczny rejonu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy wykonany przeze mnie posiada dużą

wartość zarówno naukową jak i utylitarną. Jest bowiem pierwszą wykonaną w historii badań hydrogeologicznych tego obszaru symulacją numeryczną, integrującą ogół danych pomiarowych w spójny obraz, wyjaśniający większość anomalii w przestrzennym występowaniu zanieczyszczeń. Kluczowym osiągnięciem modelu jest w szczególności rzeczywiste odwzorowanie kierunków i prędkości przepływu strumieni wód podziemnych, co wobec znacznego stopnia skomplikowania warunków geologicznych i hydrogeologicznych jest ekstremalnie trudnym zadaniem. Nie mniej ważnym elementem decydującym o wysokiej dokładności modelu jest uwzględnienie w jego założeniach zjawiska nakładania się wielu sąsiadujących ze sobą ognisk zanieczyszczeń. Zagadnienia praktyczne i metodyczne zidentyfikowane w trakcie realizacji rozwiązania modelowego wykonanego dla potrzeb dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy stanowią jedne z ważniejszych moich osiągnięć naukowych i zostały scharakteryzowany szczegółowo w rozdziale poświęconym przedmiotowi postępowania habilitacyjnego.

- f) **Modelowanie przepływu wód podziemnych przez strefę aeracji** wykonane zostało przeze mnie dla odwzorowania i weryfikacji danych z doświadczenia lizymetrycznego. Należy przy tym zwrócić uwagę, że przepływ wody w utworach geologicznych charakteryzujących się niepełnym nasyceniem wodą bardzo długo nie był możliwy do wiarygodnego odwzorowania. Wynikało to głównie z niedostatków bardzo uproszczonych modeli matematycznych a także bardzo ograniczonych możliwości obliczeniowych komputerów. Ta ewidentna luka w zakresie zagadnień z zakresu hydrogeologii nie pozwalała na kompleksowy opis całości procesów i zjawisk zachodzących w trakcie bardzo ważnego procesu infiltracji opadów atmosferycznych w obrębie utworów geologicznych podłoża i ich przepływu w kierunku zasilanej warstwy wodonośnej. Znaczny postęp w zakresie modelowania strefy aeracji zarówno w odniesieniu do zagadnień przepływu wód jak i migracji zanieczyszczeń daje możliwość uwzględnienia tych zagadnień w praktyce hydrogeologicznej. Kwestie te należą jednakże do bardzo trudnych z uwagi na szereg dodatkowych parametrów koniecznych do wyznaczenia i wprowadzenia do modelu. W ramach realizacji omawianej tematyki badawczej wykonałem najprawdopodobniej jedno z pierwszych w Polsce,

udanych odwzorowań rzeczywistego przebiegu przepływu wód podziemnych przez strefę aeracji w lizymetrze badawczym, zbudowaną z utworów piaszczystych. W ramach przeprowadzonych prac przedstawionych w opracowaniu metodycznym dla potrzeb PIG oraz publikacji nr B15 opracowałem wytyczne metodyczne oraz ścieżkę postępowania dla wiarygodnego odwzorowania warunków przepływu wód przez strefę aeracji zbudowaną zarówno z jednorodnych jak i zróżnicowanych utworów geologicznych. Głównym efektem całości działań jest możliwość wiarygodnego określenia czasu przepływu wód infiltracyjnych przez strefę aeracji, która jest jednym z kluczowych parametrów oceny podatności warstwy wodonośnej na zanieczyszczenie. Należy zwrócić uwagę że na drodze modelowania możliwa jest bardzo szybka weryfikacja obliczonych czasów przepływu przez warstwę nadkładową w ślad za zmianą stopnia nasycenia porów wodą, wynikającą z kolei z różnic w zasilaniu z infiltracji wód opadowych.

Podsumowując, ogółem w trakcie całej kariery zawodowej tj. w latach 2000-2016 opublikowałem łącznie 115 różnego rodzaju prac, głównie będąc ich współautorem. Przed doktoratem liczba opublikowanych prac wynosiła 17, podczas gdy na okres po doktoracie przypada 98. Mój udział procentowy w przedstawionych pracach waha się zazwyczaj w granicach 30-70% i jest mniejszy tylko w kilku przypadkach. Szczegółowe dane w tym zakresie zawiera zał. 4 – Spis opublikowanych prac naukowych.

W ramach aktywnego uczestnictwa w konferencjach naukowych łącznie 43 razy osobiście prezentowałem wyniki swoich badań: 30 razy w ramach ustanej prezentacji oraz 13 razy w postaci posteru. Przy czym po doktoracie 19 prezentacji i 7 posterów przypada na konferencje krajowe zaś na konferencje zagraniczne - 7 prezentacji i 4 postery.

Jednocześnie w ramach pracy zawodowej uczestniczyłem w realizacji 10 grantów i projektów naukowych, w których w przypadku 2 byłem kierownikiem zaś w pozostałych 8 występowałem w roli głównego wykonawcy. Dodatkowo uczestniczyłem w realizacji łącznie 95 opracowań badawczo-naukowych lub badawczo-rozwojowych dla potrzeb przemysłu, w tym w 15 w charakterze kierownika, zaś w pozostałych 80 jako główny wykonawca.

Odbyłem 10-dniowy staż naukowy na University of Newcastle (2006 r.) w zakresie zagrożeń jakości środowiska wodnego z tytułu działalności górniczej i likwidacji kopalń oraz w aspektach remediacji zanieczyszczonych wód kopalnianych.

Za działalność naukową otrzymałem łącznie 3 nagrody Rektora AGH, z czego jedną indywidualną (2004 r.) oraz dwie zespołowe (2006 r. i 2014 r.)

**OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE
BĘDĄCE PODSTAWĄ WSZCZĘCIA POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO**

Moje osiągnięcie naukowe po uzyskaniu stopnia doktora (Dz.U. nr 84 z 18.03.2011, poz. 455, art. 16, ust. 2, pkt.1) stanowiące znaczny wkład w rozwój dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska, w specjalności hydrogeologia górnicza i stosowana oraz hydrogeologia złóż kopalin, zawarte jest w siedmiu publikacjach pod wspólnym tytułem:

**Identyfikacja i modelowanie złożonych procesów hydrogeologicznych
na obszarach o nasilonej antropopresji, w tym związanej
z działalnością górnictwem i przemysłową**

- 1) M. Czop, J. Motyka, M. Szuwarzyński, 2005 – *Groundwater pollution resulting from the flooding of the Trzebionka Zn- Pb mine (Chrzanow ore district's Poland)*. In: J.A. Lopez – Geta, A. Pulido – Bosch, J.C. Baquero Ubeda (coordin.) – *Water, mining and environment. Book homage to Professor Rafael Fernandez Rubio*. IGME 2005, 637-649 (rozdział w monografii w j. angielskim)
[liczba punktów wg MNiSzW - 12; udział własny - 60%]
- 2) Czop M., Motyka J., Syposz-Łuczak B., Szuwarzyński M., 2007 - Wymywalność siarczanów i wybranych pierwiastków z rudonośnych skał triasowych z kopalni „Trzebionka”. *Współcz. probl. hydrogeol.*, T. XIII, s. 43-51, Kraków-Krynica (rozdział w monografii w j.polskim).
[liczba punktów wg MNiSzW - 4; udział własny - 55%]
- 3) Czop M., Motyka J., Sracek O., Szuwarzyński M., 2011 - *Geochemistry of the Hyperalkaline Gorka Pit Lake (pH > 13) in the Chrzanow Region, Southern Poland*. *Water, Air and Soil Pollution*. Volume 214, Numbers 1-4, 423-434.
[IF₂₀₁₁ – 1,800; liczba punktów wg MNiSzW - 30; udział własny - 55%]
- 4) Rajchel L., Czop M., 2012 - *Hydrogeochemical modelling of chloride mineral water from Rabka spa (Carpathian Mountains, Poland)*. *Geological Quarterly*; 2012 vol. 56 no. 4, 681-690.
[IF₂₀₁₂ – 0,910; liczba punktów wg MNiSzW - 20; udział własny - 50%]
- 5) Czop M., 2013 – *Warunki formowania składu chemicznego wód mineralnych Iwonicza i Rymanowa*. W: Górecki W., Hajto M., i in., 2013 – *Atlas Geotermalny Karpat Wschodnich*. Wyd. AGH (rozdział w monografii w j. polskim)
[liczba punktów wg MNiSzW - 4; udział własny - 100%]
- 6) Pietrucin D., Czop M., 2015 – *Zanieczyszczenie wód podziemnych związkami chloroorganicznymi w rejonie składowiska odpadów przemysłowych „Zielona” w Bydgoszczy*. *Przegląd Geologiczny*; ISSN 0033-2151. —2015 t. 63 nr 10/2, 997-1001.
[liczba punktów wg MNiSzW - 12; udział własny - 50%]

- 7) Pietucin D., Czop M., 2015 – *Modelling of chemical migration under the overlapping impact of multiple and diverse pollution sources in the area of the "Zachem" Chemical Plant (Bydgoszcz, northern Poland)*. Bulletin of Geography. Physical Geography Series ; ISSN 2080-7686. — 2015 no. 9, 31–38
[liczba punktów wg MNiSzW - 13; udział własny - 50%]

KOMENTARZ AUTORSKI

Wprowadzenie

Typowe zagadnienia problemowe z zakresu hydrogeologii górniczej i stosowanej obarczone są zazwyczaj dużą rangą gatunkową, gdyż często są związane ze szkodliwymi oddziaływaniami na środowisko wodne, w tym również skutkującymi finansowo tj. wymagającymi rzeczowej i/lub pieniężnej rekompensaty. W tym kontekście bardzo istotna jest właściwa identyfikacja rodzaju zachodzących procesów oraz wiarygodne określenie ich przyczyn – zarówno naturalnych jak i antropogenicznych. Jest to o tyle trudne, że bardzo często różne procesy mogą dawać te same pod względem jakościowym skutki, np. obniżenie zwierciadła wód podziemnych może być wynikiem zarówno działalności systemu odwadniania kopalń jak również okresu suszy. Nie mniej trudnym zagadnieniem jest wiarygodne określenie cząstkowych wpływów kilku obiektów oddziałujących na środowisko wodne.

Pod względem metodycznym rozwiązanie tak postawionych zadań jest możliwe tylko w oparciu o dokładne zrozumienie natury zachodzących w środowisku wodnym procesów a następnie stworzenie ich wiarygodnych modeli konceptualnych odwzorowywanych w kolejnym etapie na drodze modelowania numerycznego. Z racji znacznego skomplikowania procesów hydrogeologicznych wspomniane zagadnienia są stosunkowo trudne i wymagają często zastosowania unikalnego i niestandardowego zestawu narzędzi w tym kombinacji metod analitycznych, modeli fizycznych oraz zaawansowanego oprogramowania specjalistycznego.

Omówienie publikacji

- 1) Czop M., Motyka J., Szuwarzyński M., 2005 – *Groundwater pollution resulting from the flooding of the Trzebionka Zn- Pb mine (Chrzanow ore district's Poland)*. In: J.A. Lopez – Geta, A. Pulido – Bosch, J.C. Baquero Ubeda (coordin.) – **Water, mining and environment**. Book homage to Professor Rafael Fernandez Rubio. IGME 2005, 637-649 (rozdział w książce)

W ramach publikacji przedstawiono unikalne wyniki obserwacji zmian jakościowych wód podziemnych odpompowywanych z kopalni „Trzebionka” w warunkach prowadzonego jej etapowego zatapiania. Badania te miały na celu przede wszystkim określenie dynamiki wymywania zanieczyszczeń związanych z wtórnymi minerałami wietrzeniowymi, z odwodnionego przez kilkadziesiąt lat górotworu triasowego przez przepływające przez niego a następnie odpompowywane wody podziemne. W ramach zespołu badawczego wspólnie z prof. dr. hab. inż. Jackiem Motyką oraz mgr. inż. Markiem Szuwarzyńskim opracowałem podstawy teoretyczne dla matematycznego opisu procesu wymywania siarczanów ze skał triasowych. Unikalne znaczenie w tym przypadku miało zidentyfikowanie charakterystycznego wzoru czasowych zmian jakości wód podziemnych w trakcie zatapiania kopalni, związanego z gwałtownym wzrostem stężeń składników rozpuszczonych natychmiast po zatopieniu górotworu (tzw. „first flush”) a następnie ich początkowo szybki a następnie coraz wolniejszy spadek.

Kluczowe znaczenie w tym względzie miało również potwierdzenie na rzeczywistym obiekcie (badania prowadzone w skali makro) faktu przemijającego charakteru zanieczyszczenia wód podziemnych oraz możliwości ich stosunkowo szybkiego, znaczącego zmniejszenia czy też nawet praktycznego usunięcia w warunkach prowadzenia odpompowywania wód podziemnych. Wyniki badań przedstawione w publikacji dały realne podstawy dla projektowania skutecznej remediacji wód podziemnych zanieczyszczonych wskutek likwidacji kopalń rud cynku i ołowiu w Polsce, polegającej na uruchomieniu pompowania wód z zatopionej kopalni i sukcesywnemu usunięciu wymywanych przez nie zanieczyszczeń.

Aktualnie prowadzone są również z moim udziałem zaawansowane prace projektowe zmierzające do podjęcia tego remediacji triasowego zbiornika wód podziemnych w rejonie chrzanowskim (GZWP nr 452 – Niecka chrzanowska). W przypadku uruchomienia projektu będzie to wydarzenie bez precedensu w Europie

i na świecie, które może w znaczącym stopniu wpłynąć na planowanie i prowadzenie likwidacji kopalń oraz pozwoli na odzyskanie znacznych zasobów wód podziemnych aktualnie zanieczyszczonych.

- 2) Czop M., Motyka J., Syposz-Łuczak B., Szuwarzyński M., 2007 - **Wymywalność siarczanów i wybranych pierwiastków z rudonośnych skał triasowych z kopalni „Trzebionka”**. *Współcz. probl. hydrogeol.*, T. XIII, s. 43-51, Kraków-Krynica (rozdział monografii)

W ramach kompleksowych badań procesów hydrogeochemicznych związanych z zatapianiem kopalń rud cynku i ołowiu podjęto prace nad ich dokładnym odwzorowaniem oraz prognozowaniem z zastosowaniem modeli fizycznych. W ramach realizacji w/w zadania byłem współautorem koncepcji reprezentatywnego opróbowania górotworu triasowego dostosowanego do warunków geologiczno-górnich kopalń rud cynku i ołowiu w rejonach chrzanowskim i olkuskim.

Dla potrzeb realizacji wspomnianego zadania opracowałem również założenia oraz schemat zarówno procedury jak i układu badawczego umożliwiającego wykonanie dynamicznego testu wymywalności dla reprezentatywnej makropróbki skał triasowych (o masie do około 50 kg). W ramach długotrwałych badań prowadzonych wspólnie z dr inż. Barbarą Syposz-Łuczak, uzyskaliśmy identyczny wzór zmian stężeń zanieczyszczeń w wodach odprowadzanych z instalacji jak w przypadku realnych pomiarów w zatapianej etapowo kopalni „Trzebionka”.

W związku z realizacją testów wymywalności możliwe stało się określenie ładunku zanieczyszczeń, zgromadzonych w obrębie triasowych dolomitów kruszonośnych w rejonach chrzanowskim i olkuskim. W przeliczeniu na jony siarczanowe wyniósł on nawet kilka - kilkanaście g/kg skały. W odróżnieniu od dolomitów kruszonośnych pozostałe skały triasowe zawierają tylko minimalne ilości siarczanów, zazwyczaj znacznie poniżej 0,1 g/kg. Największe jednak znaczenie naukowe miało określenie dynamiki wymywania zanieczyszczeń z badanej makropróbki skalnej wraz z opracowanym przeze mnie sposobem transpozycji uzyskanych wyników na realny górotwór. Zaproponowana została w tym przypadku metoda bazująca na liczbach wymiany wody w systemie, gdzie w warunkach około 4-8 wymian należy spodziewać się spadku poziomu zanieczyszczeń w wodach podziemnych do poziomu akceptowalnego tj. umożliwiającego jej wykorzystanie w charakterze wody pitnej.

Ważnym efektem badań było również stwierdzenie problemu występowania podwyższonych i ponadnormatywnych stężeń wybranych pierwiastków śladowych, w tym o dużej toksyczności dla organizmów żywych, nawet w warunkach stosunkowo niskiego i akceptowalnego stężenia jonów siarczanowych.

Krytycznym parametrem w prowadzonym eksperymencie była prędkość przepływu wody przez próbkę skalną dostosowana do rzeczywistych prędkości strumienia wód podziemnych. Jej wartość w bardzo dużym stopniu wpływała na dynamikę wymywania jonów siarczanowych, gdyż przekładała się na czas kontaktu woda-skała i intensywność procesów dyfuzji. Wtórne minerały wietrzeniowe w obrębie odwodnionego górotworu triasowego występują bowiem nie tylko w miejscach łatwo dostępnych dla wody (m.in. na powierzchni spękań, szczelin i pustek krasowych oraz na ociosach wyrobisk) ale również a nawet w pewnych warunkach w dominującej masie są rozproszone wewnątrz masywu skalnego. W tym kontekście gwałtowny, początkowy wzrost stężeń siarczanów i degradacja jakości wody związana jest z wymywaniem łatwo dostępnych minerałów wtórnych. Znacznie dłuższe i dużo trudniejsze jest w tym kontekście wymycie zanieczyszczeń trudno dostępnych tj. rozproszonych w masywie skalnym.

Zrealizowane jako jedne z pierwszych w Polsce i na świecie kompleksowe badania wymyślności zanieczyszczeń ze skał planowanych do ponownej resaturacji, w związku z zatapianiem kopalń rud cynku i ołowiu, mają ważne znaczenie nie tylko dla prognozowania skali degradacji wód podziemnych ale również a nawet przede wszystkim dla projektowania skutecznych scenariuszy remediacyjnych. Aktualnie jak już wspomniano wcześniej prowadzone są prace planistyczne dla potrzeb uruchomienia zaawansowanego projektu remediacyjnego zmierzającego do oczyszczenia wód w obrębie GZWP nr 452, zdegradowanych w wyniku przeprowadzonej przed ponad 6 laty całkowitej likwidacją kopalni rud cynku i ołowiu „Trzebionka”.

- 3) Czop M., Motyka J., Sracek O., Szuwarzynski M., 2011 - ***Geochemistry of the Hyperalkaline Gorka Pit Lake (pH > 13) in the Chrzanow Region, Southern Poland. Water, Air and Soil Pollution.*** Volume 214, Numbers 1-4, 423-434.

Jedno z najważniejszych moich osiągnięć naukowych jest wynikiem długotrwałych, kompleksowych badań prowadzonych dla składowiska odpadów typu „red mud” oraz zbiornika alkalicznych odcieków zgromadzonych w kamieniołomie wapieni i margli jurajskich „Górka” w Trzebini. Aż do 2015 r., kiedy to zakończyła się jego remediacja, obiekt ten stanowił bardzo poważne zagrożenie dla mieszkańców Trzebini z uwagi na możliwość wylania na obszary o dużym zagęszczeniu zamieszkania nawet 500 tys. m³ zgromadzonej w kamieniołomie żrącej i toksycznej cieczy, o ekstremalnie wysokim odczynie pH. Katastrofa ekologiczna która mogła mieć miejsce w Trzebini byłaby zbliżona do zdarzeń z rejonu Ajka na Węgrzech gdzie w 2010 r. nastąpiło przerwanie tamy zbiornika odpadów poflotacyjnych z przeróbki rud aluminium i około 700 tys. m³ alkalicznych odcieków zalało obszar o znacznych rozmiarach powodując bardzo duże straty materialne a także kilka ofiar śmiertelnych.

Alkaliczny zbiornik w kamieniołomie „Górka” charakteryzował się unikalnym składem chemicznym wody, z rekordowym odczynem pH na poziomie nawet 13,4 – 13,6, ekstremalnie niską wartością potencjału redox (Eh do -400 mV) a ponadto wysoką zawartością związków organicznych (TOC w granicach 50-800 mg/dm³) i również wysokimi stężeniami wybranych pierwiastków śladowych, w tym stosunkowo rzadko występującymi w typowych warunkach w środowisku wodnym (m.in. Al, As, Cr, Ga, Mo i V).

W ramach projektu naukowo-badawczego DANCEE we współpracy z Danish Hydrological Institute (DHI) a następnie w ramach programu operacyjnego „Infrastruktura i Środowisko” uczestniczyłem i prowadziłem badania parametrów fizykochemicznych wód w zbiorniku „Górka”. Z uwagi na ekstremalnie trudne warunki środowiska ich realizacja wymagała zastosowania nowoczesnych urządzeń a także istotnych środków bezpieczeństwa.

Badania dostarczyły bardzo ciekawych i unikalnych wyników, dających możliwość interpretacji warunków i formy występowania wybranych pierwiastków śladowych w unikanym i stosunkowo rzadko występującym na Ziemi ekstremalnie alkalicznym środowisku. Moim osobistym wkładem naukowym w tym względzie była szczegółowa interpretacja ogółu danych hydrogeochemicznych, w tym w szczególności poprzez

wykonanie zaawansowanych modelowań z wykorzystaniem programu Geochemist's Workbench. Głównym celem tych działań była charakterystyka form występowania wybranych pierwiastków śladowych (Al, As, Cr i V) w ekstremalnie zasadowych i jednocześnie silnie redukcyjnych warunkach środowiskowych. Tego typu dane są unikalne, gdyż pierwiastki te nie mają możliwości występowania w takich warunkach a wyniki uzyskane dzięki badaniom wykonanym dla zbiornika „Górka” znacząco rozszerzyły wiedzę w zakresie ich hydrogeochemii. W takim też kontekście wyniki opublikowane w omawianej pracy naukowej są wykorzystywane i cytowane w ogółem 16 publikacjach w renomowanych czasopismach naukowych z tzw. „listy filadelfijskiej”.

Dodatkowo w ramach realizacji kompleksowych badań wykonywanych dla składowiska „Górka” w Trzebini byłem odpowiedzialny za wdrożenie i realizację nowych wówczas procedur badawczych dla szczegółowej charakterystyki procesu wymywania zanieczyszczeń z odpadów red mud, w tym w zależności od odczynu pH, oraz zdolności do buforowania przez odpady kwasów i zasad (ang. ANC/BNC tests). Projekt ten, realizowany we współpracy z DHI, był najprawdopodobniej pierwszym przypadkiem zastosowania nowoczesnej metodyki tworzonych wówczas a obecnie już obowiązujących standardów EU, dla oceny środowiskowych zagrożeń ze strony odpadów.

Wspomniane powyżej badania zarówno alkalicznych wód jak również odpadów red mud miały kluczowe znaczenie dla zrozumienia warunków kształtowania się unikalnego składu chemicznego w zbiorniku „Górka” w związku z wymywaniem zanieczyszczeń z bryły składowiska. Wyniki te w istotny sposób przyczyniły się również do skutecznej remediacji tego obiektu, dokonanej w 2015 r. łącznym kosztem prawie 70 mln złotych.

- 4) Rajchel L., Czop M., 2012 - *Hydrogeochemical modelling of chloride mineral water from Rabka spa (Carpathian Mountains, Poland)*. *Geological Quarterly*; 2012 vol. 56 no. 4, 681–690.
- 5) Czop M., 2013 – *Warunki formowania składu chemicznego wód mineralnych Iwonicza i Rymanowa*. W: Górecki W., Hajto M., i in., 2013 – Atlas Geotermalny Karpat Wschodnich. Wyd. AGH (**rozdział w książce**)

Występowanie chlorkowych wód mineralnych w rejonie Rabki oraz, zarówno wód mineralnych jak również ropy naftowej i gazu ziemnego w rejonie Iwonicza-Rymanowa, wynika bezpośrednio ze specyfiki warunków geologicznych i hydrogeologicznych tych obszarów. Kluczowe znaczenie w tym względzie ma uformowanie wielowarstwowego, pod względem parametrów filtracyjnych, podłoża skalanego. Struktury te które są

w znacznym stopniu odizolowana od otoczenia i stanowią „pułapkę” zarówno dla ropy naftowej i gazu ziemnego jak również dla wód mineralnych i leczniczych. W przedstawionych warunkach „pułapki” hydrodynamicznej, pierwotne wody synsedymacyjne nie zostały w ramach etapu elizyjnego zastąpione przez wody o niskiej mineralizacji pochodzące z infiltracji lub też paleoinfiltracyjne i pochodzące z procesów diagenety osadów. Chlorkowe wody mineralne Rabki oraz Iwonicza - Rymanowa stanowią zatem „relikt” pierwotnych wód morskich z basenu sedymentacyjnego w którym osadzały się utwory fliszowe.

Przedstawiony powyżej model konceptualny genezy wód mineralnych Rabki i Iwonicza-Rymanowa, zawiera elementy wskazywane wcześniej przez innych autorów jednakże zostały znacząco rozwinięty i silnie uargumentowany przeze mnie wspólnie z dr hab. inż. Lucyną Rajchel. Główne znaczenie w tym względzie miała integracja ogółu danych zgromadzonych dla w/w obszarów Rabki oraz Iwonicza-Rymanowa, w tym głównie danych hydrogeochemicznych i izotopowych.

W ramach kompleksowego opracowywania zagadnień związanych z formowaniem się wód mineralnych, w tym w warunkach prowadzonego wydobywania współwystępujących złóż ropy naftowej i gazu ziemnego (rejon Iwonicza-Rymanowa) wykonałem osobiście zaawansowane modelowanie hydrodynamiczne dla rejonu antykliny Iwonicza Zdroju – Rudawki Rymanowskiej. Model ten zintegrował w spójną całość ogół danych geologicznych, hydrogeologicznych i izotopowych dając możliwość wiarygodnego określenia zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód mineralnych i leczniczych dla uzdrowisk Iwonicz Zdrój oraz Rymanów Zdrój, zrealizowanego w ramach współpracy z PIG po raz pierwszy w historii badań prowadzonych na tym obszarze (2015 r.).

W świetle badań modelowych maksymalne prędkości przepływu, który stymuluje zasilanie z opadów atmosferycznych (infiltracyjne lub paleoinfiltracyjne) występują w obrębie warstw zlokalizowanych przy powierzchni (tj. w I poziomie piaskowca ciężkowickiego), lecz wynoszą maksymalnie tylko około $2,5 \times 10^{-7}$ m/s (0,02 m/d lub 8 m/rok). W warunkach wolnego przepływu wody na poziomie poniżej 0,01 m/d rośnie znaczenie procesów dyfuzji i wymiany jonowej dla kształtowania się składu chemicznego wód podziemnych. Jednocześnie bardzo spowolniony zostaje proces wymiany, przez strumień słabo zmineralizowanych wód infiltracyjnych (lub paleoinfiltracyjnych), silnie

zmineralizowanych wód synsedymencyjnych lub zmienionych, wskutek procesów diagenetycznych, wód morskich.

Przedstawione powyżej wyniki modelowania hydrodynamicznego, zostały przeze mnie wykorzystane do stworzenia uniwersalnego modelu hydrogeochemicznego, odwzorowującego warunki formowania się wód mineralnych o podwyższonej mineralizacji, charakteryzujących się dodatkowo występowaniem istotnej komponenty chlorkowej, jak dla przypadków Rabki oraz Iwonicza i Rymanowa. Szczegółowe opis modelu wykonanego z wykorzystaniem programu Geochemist's Workbench jak również jego wyniki zostały przedstawione w publikacjach nr A5 i A6.

Podstawowe znaczenie dla warunków formowania się składu chemicznego wód mineralnych o typie jak w rejonie Rabki a także Iwonicza-Rymanowa ma zastępowanie pierwotnego roztworu, wytworzonego ze zmienionej w wyniku procesów diagenetycznych wody synsedymencyjnej, przez strumień słabiej mineralizowanych wód. Wody dopływające do systemu wodonośnego mają różną genezę i w świetle wyników badań izotopowych mają charakter infiltracyjny lub paleoinfiltracyjny a także diagenetyczny, w tym również dehydracyjny. Kolejnymi procesami o dużym znaczeniu dla uformowania się unikalnego składu chlorkowych wód mineralnych są powolne utlenianie metanu i/lub ropy naftowej w warunkach wodnych (przez tlen rozpuszczony w wodzie) i towarzyszące mu zwiększenie się zawartości wodorowęglanów (HCO_3^-) oraz zakwaszających środowisko wodne jonów wodorowych (H^+). Wzrost agresywności wody w stosunku do skał warstwy wodonośnej skutkuje intensywnym rozpuszczaniem minerałów węglanowych (kalcytu i dolomitu), które następnie przechodzą do roztworu. Minerale te występują w obrębie górotworu między innymi w związku z wytrąceniem się z pierwotnych wód synsedymencyjnych, w procesach diagenetycznych.

Jedną z większych wartości wykonanego modelowania jest uzyskanie danych w zakresie czasowych ram przebiegu opisanych powyżej procesów jak również udziału zarówno składowej „reliktowej” tj. związanej z przeobrażonymi pierwotnymi wodami synsedymencyjnymi jak również składowej wód o niższej mineralizacji pochodzących ze zróżnicowanych źródeł. W modelowaniach wychodząc z roztworu o składzie tylko nieznacznie zmodyfikowanej średniej wody morskiej uzyskana została przeze mnie charakterystyczna chlorkowa woda mineralna, zbliżona pod względem składu chemicznego do wód z Rabki. Uformowanie się takiego jej składu wymaga około 4-5 milionów lat powolnej wymiany wody w systemie wodonośnym, przy czym

sumaryczny udział dopływającej wody o niższej mineralizacji wynosi w granicach 50-65%. Skład chemiczny wód mineralnych Iwonicza – Rymanowa kształtuje się w nieco innych warunkach, bardziej intensywnego dopływu wód o niższej mineralizacji, których sumaryczny udział dla identycznego przedziału czasowego tj. około 4-5 mln lat wynosi w granicach 60-80%.

- 6) Pietuciu D., Czop M., 2015 – *Modelling of chemical migration under the overlapping impact of multiple and diverse pollution sources in the area of the "Zachem" Chemical Plant (Bydgoszcz, northern Poland)*. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series* ; ISSN 2080-7686. — 2015 no. 9, 31–38
- 7) Pietrucin D., Czop M., 2015 – *Zanieczyszczenie wód podziemnych związkami chloroorganicznymi w rejonie składowiska odpadów przemysłowych „Zielona” w Bydgoszczy*. *Przegląd Geologiczny* ; ISSN 0033-2151. —2015 t. 63 nr 10/2, 997–1001

Teren dawnych Zakładów Chemicznych "Zachem" w Bydgoszczy bez przesady, jest uznawany za jedną z najgroźniejszych bomb ekologicznych w Polsce a być może nawet na świecie. W związku z długotrwałą działalnością zakładów oraz ich profilem produkcyjnym, skupionym na wytwarzaniu szerokiej gamy związków chemicznych do produkcji środków ochrony roślin, klejów, farb i lakierów, tworzyw sztucznych oraz materiałów wybuchowych, w łącznie kilku zidentyfikowanych obszarach wystąpiło silne zanieczyszczenie środowiska gruntowo-wodnego. Najgroźniejszym bez wątpienia ogniskiem zanieczyszczenia jest składowisko odpadów „Zielona” zlokalizowane w południowo wschodniej części obszaru Zachem-u. W związku z brakiem izolacji dna składowiska, gdzie depozycja odpadów odbywała się początkowo bezpośrednio w wyrobisku dawnej piaskowni, zanieczyszczenia wymywane z jego bryły przeniknęły do wód podziemnych a następnie w trakcie kilkudziesięcioletniej migracji przemieściły się na odległość około 1-1,2 km w kierunku doliny Wisły, tj. na wschód i południowy wschód.

Moim istotnym wkładem w rozpoznanie stanu zanieczyszczenia wód podziemnych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” była zaawansowana interpretacja ogółu rozproszonych danych hydrogeochemicznych, które do tego czasu były analizowane oddzielnie dla poszczególnych zidentyfikowanych ognisk zanieczyszczeń. Kluczowym elementem dla rozwiązania przedstawionego zagadnienia było uwzględnienie skomplikowanej budowy geologicznej utworów czwartorzędowych, w tym w szczególności bardzo urozmaiconej morfologii warstwy glin zwałowych

reprezentujących Pliocen. Morfologia stropu glin plioceńskim na omawianym obszarze, bezpośredniego skłonu wysoczyzny ku dolinie Wisły, w największym bowiem stopniu warunkuje lokalne kierunki przepływu wód podziemnych, znacznie bardziej niż oddziaływanie regionalnych baz drenażu tj. rzek Wisły i Brdy. Kolejnym elementem komplikującym problem a koniecznym do uwzględnienia było również zjawisko nakładania się wpływów wielu sąsiadujących ze sobą ognisk zanieczyszczeń.

Integracja ogółu danych geologicznych, hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych dla terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy została wykonana przeze mnie z wykorzystaniem zaawansowanego programu Visual Modflow. Wykonany przeze mnie hydrogeologiczny model numeryczny w spójny i wiarygodny sposób odwzorował kierunki migracji zanieczyszczeń jak również zasięgi poszczególnych chmur zanieczyszczeń. Model numeryczny opisany szczegółowo w publikacji nr 7, charakteryzuje się wysoką dokładnością, parametry jego dopasowania do wyników rzeczywistych pomiarów wynoszą: a) średnia ważona różnica pomiędzy wartościami zmierzonymi a uzyskanymi na modelu, RMS = 1,5 m oraz b) względny błąd oszacowania, SRMS = 4,4%. Duża dokładność modelu w zakresie odwzorowania morfologii warstw geologicznych sprawia że relatywnie bardzo prosta i dotychczas bezproblemowa jest jego aktualizacja. Ma to o tyle istotne znaczenie, że aktualnie model jest wykorzystywany praktycznie dla potrzeb planowania remediacji terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy.

Mając na uwadze dużą wartość naukową tematyki związanej z zanieczyszczeniem wód podziemnych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy po wykonaniu modelu numerycznego (2010 r.) w kolejnych latach kontynuowałem badania tego obszaru wspólnie z dr inż. Dorotą Pietrucin. Projekt badawczy realizowany dla potrzeb rozpoznania zanieczyszczenia w rejonie najgroźniejszego składowiska odpadów „Zielona”, był realizowany w ramach przewodu doktorskiego dr inż. Doroty Pietrucin, w którym pełniłem funkcje promotora pomocniczego. W ramach kompleksowych badań prowadzonych w rejonie składowiska „Zielona” współuczestniczyłem w opracowaniu nowatorskiej metodyki opróbowania wód podziemnych, dostosowanej do warunków i charakteru zanieczyszczenia. Technika popróbowania łączyła pomiary on-line parametrów fizykochemicznych wód (pH, Eh lub tlen rozpuszczony, PEW oraz T) z poborem próbki z niewielką wydajnością w sposób nieprowadzący do zaburzenia potencjalnej stratyfikacji sługa wody (ang. low-flow

sampling). Dodatkowo byłem współautorem aktualizacji modelu numerycznego terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” wykonanego przeze mnie wcześniej a także współautorem modelu lokalnego dla trzech rodzajów zanieczyszczeń: a) konserwatywnych - chlorki, b) ulegających procesowi sorpcji – sól oraz c) podlegających rozpadowi (utlenianiu) – fenol. Wykonane badania modelowe stanowią bardzo istotny wkład w proces planowania remediacji rejonu składowiska odpadów „Zielona” i aktualnie stanowią podstawę dla przygotowywania projektu B+R, wspólnie z partnerami przemysłowymi z branży rewitalizacji zdegradowanych terenów poprzemysłowych.

Poza pracami związanymi z modelowaniem przepływu wód podziemnych i migracji zanieczyszczeń dla składowiska odpadów „Zielona” zrealizowany został projekt zaawansowanych badań hydrogeochemicznych. Głównym jego celem była identyfikacja ogółu procesów hydrogeochemicznych zachodzących w chmurze zanieczyszczeń, w tym w szczególności związanych z oddziaływaniami pomiędzy składnikami organicznymi i nieorganicznymi.

Charakterystyczną i bardzo interesującą cechą zanieczyszczonych wód w rejonie składowiska „Zielona” są bowiem relatywnie bardzo wysokie stężenia zarówno typowych substancji nieorganicznych: chlorków, siarczanów, sodu oraz wybranych pierwiastków śladowych, jak również specyficznych substancji organicznych: fenolu, aniliny, nitrobenzenu oraz związków haloorganicznych (HOX) z grup związków zarówno adsorbowanych (AOX) jak również lotnych (VOX). Wysokie stężenia szerokiego wachlarza związków organicznych przekładają się na ekstremalnie wysoki poziom ogólnego węgla organicznego (TOC), osiągającego poziom maksymalny 1600 mg/dm³, przy średniej dla najbliższego otoczenia składowiska około 300 mg/dm³. Rozkład substancji organicznych jest odpowiedzialny za zmianę warunków pH-Eh środowiska i związaną z tym przemianę form specjacyjnych składników nieorganicznych. W ramach początkowego etapu interpretacji złożonych procesów hydrogeochemicznych zachodzących w chmurze zanieczyszczeń ze składowiska odpadów „Zielona” współuczestniczyłem wraz z dr inż. Dorotą Pietrucin w identyfikacji przebiegu procesu rozpadu chlorowanych etenów (TCE i PCE). Na podstawie badań szerokiego spektrum związków haloorganicznych (HOX) w tym w szczególności chlorowanych etenów i metanów oraz pomiarów parametrów hydrogeochemicznych środowiska (pH, Eh, T) udało nam się zidentyfikować niespecyficzny i odbiegający od typowego przypadku, cykl

rozpadu chlorowanych etenów do chlorowanych metanów (głównie DCM) a następnie ich całkowitą mineralizację wg schematu: $TCE \rightarrow PCE \rightarrow DCM \rightarrow CO_2 + 2H^+ + Cl^-$. Szczegółowe dane dotyczące omawianej problematyki przedstawione zostały w publikacji nr 8, której prezentacja posterowa została uznana, na konferencji naukowej WPH 2015, za najlepszą pod względem naukowym.

Aktualnie kontynuowane są prace w zakresie dalszego uszczegółowienia warunków rozpadu (utleniania), nie tylko wspomnianych powyżej substancji ale pozostałych związków organicznych występujących w rejonie składowiska „Zielona”, w tym głównie fenoli i aniliny. Wymaga to jednak wykonywania skomplikowanych badań w tym bardzo kosztownych analiz chemicznych niespecyficznych związków organicznych.

Jak już wspomniano wcześniej prace badawcze zrealizowane przeze mnie na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zielona” poza dużym znaczeniem naukowym mają ważny aspekt praktyczny. Są bowiem aktualnie wykorzystywane dla projektowania skutecznej remediacji obszaru Zachem-u. W tematyce tej współpracuję na bieżąco z Regionalną Dyрекcją Ochrony Środowiska w Bydgoszczy, gdzie zostałem zaproszony w charakterze eksperta (2016 r.).

**WAŻNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA Z ZAKRESU DOROBKU
DYDAKTYCZNEGO, ORGANIZACYJNEGO, POPULARYZACJI NAUKI
A TAKŻE WSPÓLPRACY Z PRZEMYSŁEM ORAZ ORGANAMI ADMINISTRACJI
PAŃSTWOWEJ I SAMORZĄDOWEJ**
(pełne dane zawiera zał. 5)

- Prowadzenie zajęć dydaktycznych, w tym wykładów z łącznie kilku przedmiotów, w tym w szczególności: Hydrogeologia, Hydrogeologia górnicza oraz Modelowanie migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych i Modelowanie przepływu wód i migracji zanieczyszczeń w strefie aeracji.
- Opracowanie i/lub modyfikacja łącznie kilkudziesięciu programów przedmiotów dla studiów stacjonarnych i niestacjonarnych realizowanych na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii jak również Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska zarówno w trybie jednolitym, jak i dla studiów I oraz II stopnia, w tym w szczególności na kierunkach studiów: Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Geologia oraz Ochrona Środowiska.
- Uczestnictwo w pracach zespołu programowego studiów - Komisji ds. Krajowych Ram Kształcenia (KRK) Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w latach 2011-2012 przy opracowaniu nowych programów studiów I i II stopnia zgodnych z KRK, w szczególności dotyczących kierunku Górnictwo i Geologia oraz Ochrona Środowiska – udział w opracowaniu efektów kształcenia dla studiów I oraz II stopnia, udział w przygotowaniu programu studiów na studiach inżynierskich oraz magisterskich. Praca ta została nagrodzona dyplomem uznania Dziekana WGGiOŚ AGH w 2013 r.
- Pełnienie funkcji promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich na WGGiOŚ: jednego zakończonego (dr inż. Dorota Pietrucin) i jednego w trakcie (mgr inż. Paulina Dembska-Sięka).
- W ramach opieki naukowej nad studentami byłem promotorem 32 i recenzentem 29 prac magisterskich oraz opiekunem 35 projektów inżynierskich
- Uczestnictwo w programie edukacyjnym Socrates-Erasmus finansowanym przez UE w ramach studiów doktoranckich (1 semestr na Universidad de Almeria – 2000 r.) oraz w trakcie zatrudnienia na stanowisku naukowo-dydaktycznym:

- a) wygłoszenie 10 h wykładu monograficznego dotyczącego zagadnień wpływu działalności górniczej na jakość wód podziemnych na Universidad de Almeria (2002 r.);
- b) pełnienie funkcji opiekuna naukowego łącznie trojga studentów WGGiOŚ (Hiszpania – 2 osoby, Cypr – 1 osoba).
- Uczestniczyłem w projekcie edukacyjnym finansowanym przez UE „Education and Culture DG: Lifelong Learning Programme 2012-1-FI1-ERA10-09667: Socio-economic Challenges in European Forestry”, w ramach którego wygłosiłem 2 h wykład dot. zagadnień występowania i ochrony wód mineralnych i leczniczych Doliny Popradu.
 - Uczestniczyłem w projekcie edukacyjnym finansowanym przez UE realizowanym przez UAM „Geocentrum Doskonałości”, w ramach którego prowadziłem 30 h zajęć dydaktyczno-szkoleniowych dotyczących zagadnień ochrony ujęć wód podziemnych w warunkach zagrożeń antropogenicznych, z grupą studentów I i II stopnia.
 - Brałem udział w komitetach organizacyjnych 4 konferencji naukowych, w tym jednej o zasięgu międzynarodowym oraz trzech o zasięgu krajowym a także jednej sesji naukowej.
 - W zakresie działalności związanej z popularyzacją nauki oraz podnoszeniem umiejętności specjalistów z branży hydrogeologii, gospodarki wodnej i ochrony środowiska byłem twórcą autorskiego programu oraz instruktorem szkoleń z zastosowania specjalistycznego oprogramowania firmy Waterloo Hydrogeologic (programy Visual Modflow, Aqua Chem, Aquifer Test oraz UnSat Suite) z ramienia oficjalnego przedstawiciela na rynek polski – firmy Gambit COiS sp. z o.o. z Krakowa. Łącznie w trakcie ponad 15 lat działalności przeprowadziłem łącznie około 25 szkoleń w których wzięło udział łącznie ponad 150 osób, reprezentujących zarówno środowisko akademickie jak również firmy branżowe.
 - W ramach współpracy z firmą Gambit COiS byłem twórcą zestawów ćwiczeń praktycznych (ang. tutorials) dla programów firmy Waterloo Hydrogeologic na rynek polski, w ramach realizacji programu finansowanego ze środków EU dla zastosowania innowacyjnych metod nauczania przedmiotów ścisłych.

- W zakresie popularyzacji nauki wygłosiłem kilka prelekcji publicznych w tym w szczególności dla słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku w Limanowej i Zawierciu.
- Uczestniczyłem w dwóch audycjach Radia Kraków prowadzonych na żywo, poświęconych problematyce ochrony wód mineralnych i leczniczych Doliny Popradu oraz zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi.
- Udzieliłem łącznie kilkunastu wypowiedzi do mediów (prasa, radio i telewizja) w temacie ochrony wód podziemnych, w tym mineralnych i leczniczych oraz zagrożeń środowiska związanych z działalnością człowieka.
- W ramach współpracy z przemysłem brałem udział w łącznie 95 projektów naukowo-badawczych z czego kierowałem 15 projektami. Wykonywałem przy tym opracowania naukowo-badawcze dla większości zakładów górniczych w Polsce, w tym w szczególności KGHM, ZGH Bolesław, RTH Rathdowney Polska, PGE – Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów”, Tauron S.A, Sibelco Polska, Lhoist-Opolwap, Góraździe-Cement, Cemex, Lafarge, EGM, Polskie Górnictwo Skalne, Kopalnia Soli „Wieliczka”, Kopalnia Soli „Bochnia” oraz Kopalnia Soli „Kłodawa”.
- Zostałem odznaczony za zasługi dla górnictwa polskiego Honorową Szpadą Górniczą (2011 r.). Posiadam również nadany mi stopień honorowy: Dyrektora Górniczego III Stopnia (od 2015 r.).
- W ramach współpracy z organami administracji państwowej:
 - a) zostałem powołany przez Prezesa WUG na stanowisko członka Komisji Specjalnej ds. Zagrożeń Naturalnych w Kopalni Soli „Wieliczka” (2009 r.),
 - b) zostałem zaproszony w charakterze eksperta przez Komisję Środowiska Senatu RP w sprawie rekultywacji i zagospodarowania obszarów pogórnich (2011 r.)
 - c) zostałem powołany przez Sąd Rejonowy w Koninie na biegłego i wykonałem ekspertyzę na okoliczność wystąpienia szkód w postaci zaniku wody w studni w związku z prowadzoną działalnością górniczą w odkrywce „Władysławów” KWB „Konin” (2013 r.),
 - d) zostałem zaproszony przez Prezesa NIK w charakterze eksperta ds. zagospodarowania wód pokąpielowych w uzdrowiskach polskich (2014 r.),

- e) zostałem zaproszony w charakterze eksperta do współpracy z Regionalną Dyrekcją Ochrony Środowiska w Bydgoszczy w zakresie remediacji terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy (2016 r.).
- W ramach współpracy z organami administracji samorządowej:
 - a) pełniłem funkcję eksperta w postępowaniu administracyjnym prowadzonym przez Urząd Gminy w Kluczach na okoliczność zmiany stanu wód na nieruchomości gruntowej (2012 r.);
 - b) uczestniczyłem w projekcie edukacyjnym finansowanym z funduszy UE, prowadzonym przez Urząd Gminy w Gołczy i wygłosiłem prelekcję dla młodzieży szkolonej (2013 r.);
 - c) uczestniczyłem w charakterze eksperta w postępowaniu administracyjnym prowadzonym przez Urząd Miasta Krakowa w związku z zanikiem wody w Stawie Płaszowskim w Krakowie (2016 r.).
- W ramach współpracy z organizacjami branżowymi uczestniczyłem w tworzeniu właściwych zasad zagospodarowywania obszarów chronionych (opracowanie referatów, publikacji, prezentacji i mat. edukacyjnych) dla specjalistów ze środowiska architektów i urbanistów.
- Jestem członkiem naukowych organizacji międzynarodowych (IMWA) oraz krajowych (PTG) i Stowarzyszenia Hydrogeologów Polskich (SHP) oraz Polskiego Stowarzyszenia Górnictwa Solnego (PSGS).
- Pełniłem i pełnię funkcje z wyboru we władzach organizacji i stowarzyszeń naukowych:
 - a) Członek Zarządu Oddziału Krakowskiego PTG w latach 2008-2011
 - b) Członek Zarządu Stowarzyszenia Hydrogeologów Polskich (SHP) w latach 2011-nadal.
- Zainicjowałem powstanie cyklicznych warsztatów naukowo-metodycznych „Praktyczny Warsztat Hydrogeologa” (od 2012 r) oraz „Wiosenna Szkoła Hydrogeologii Górniczej” (od 2015 r.).
- W ramach działalności organizacyjnej w SHP byłem członkiem zespołu inicjującego powołanie i organizację nowego czasopisma naukowo-branżowego pt. „Hydrogeologia” (aktualnie pełnię w nim funkcję redaktora pomocniczego).

Zestawienie dorobku naukowo-badawczego

Dorobek naukowo-badawczy	Przed doktoratem	Po doktoracie	Suma
Sumaryczna ilość publikacji naukowych	17	98	115
Czasopisma z listy JCR (lista "A" MNiSzW)	0	5	5
Czasopisma inne niż z bazy JCR (lista "B")	4	25	29
Recenzowane materiały konferencyjne zagraniczne	5	26	31
Recenzowane materiały konferencyjne krajowe	2	17	19
Monografie	1	1	2
Rozdział w monografii	5	24	29
Opracowania zbiorowe, dokumentacje prac badawczych - publikowane	0	0	0
Opracowania zbiorowe, dokumentacje projektów badawczych - niepublikowane	0	6	6
Sumaryczna liczba punktów wg MNiSW	51	338	389
Sumaryczny Impact Factor (IF) zgodnie z rokiem opublikowania	0	7,616	7,616
Liczba cytowań wg Web of Science (WoS) łącznie / cytowania obce / autocytacje	0	57/54/3	57/54/3
Liczba cytowań wg bazy Scopus łącznie / cytowania obce / autocytacje	1/1/0	25/22/3	26/23/3
Liczba cytowań wg bazy BazTech łącznie / cytowania obce / autocytacje	38/33/5	63/54/9	101/87/14
Liczba cytowań wg połączonych danych z baz Web of Science, Scopus i BazTech (bez autocytacji wg Publish or Perish 4)	33	94	127
Indeks Hirscha wg bazy Web of Science	0	4	4
Indeks Hirscha wg bazy Scopus	0	2	2
Indeks Hirscha wg połączonych danych zawartych w bazach: Web of Science, Scopus i BazTech (bez autocytacji wg Publish or Perish 4)	3	5	5
Udział w projektach badawczych jako kierownik	0	2	2
Udział w projektach badawczych jako wykonawca	0	7	7
Aktywny udział w konferencjach krajowych (referat lub poster)	3	24	27
Aktywny udział w konferencjach międzynarodowych (referat lub poster)	3	11	14
Opracowania, dokumentacje prac badawczo-rozwojowe, instrukcje, arkusze map, ekspertyzy, itp.	5	90	95
Recenzje artykułów naukowych w czasopiśmie z listy JCR	0	8	8
Promotor pomocniczy w przewodach doktorskich		2	2
Promotor prac magisterskich		32	32
Recenzent prac magisterskich		29	29
Opiekun projektów inżynierskich		35	35

Kraków, 2016-11-10

