

AUTOREFERAT

1. *Imię i nazwisko:*

Maciej Ziulkiewicz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

2001 r. - **doktor Nauk o Ziemi w zakresie geografii**, Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi; na podstawie rozprawy pt. „**Pionowa strefowość hydrochemiczna wód podziemnych na obszarze aglomeracji Łodzi**”;

Promotor - dr hab. Jerzy J. Małecki (Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii)

Recenzenci - dr hab. Zygmunt Maksymiuk (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska),

- prof. dr hab. Andrzej Rózkowski (Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi)

1994 r. – dyplom studiów podyplomowych z zakresu Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska na podstawie pracy dyplomowej pt. „**Mapa zagrożenia jakości wód podziemnych na obszarze parku krajobrazowego Międzyrzecza Warty i Widawki**”. Promotor – dr Janusz Burchard (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska), Recenzent - dr Jacek Nalewajko (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska).

1991 r. – **magister geografii, specjalność klimatologia i hydrologia**, Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska; na podstawie pracy magisterskiej „**Dynamika wahań zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego w dorzeczu Narwi po ujście Bugu**”. Promotor – dr hab. Zygmunt Maksymiuk (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska), Recenzent – dr Janusz Burchard (Uniwersytet Łódzki, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska).

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

Od 2012 – Pracownia Geologii, Instytut Nauk o Ziemi, Wydział Nauk Geograficznych (powołany do życia 01.10.2001 roku), Uniwersytet Łódzki; adiunkt.

Od 2006 – p.o. Kierownika Katedry Geologii, od 2009 – Kierownik Pracowni Geologii.

2001-2012 – Pracownia Ochrony Jakości Wód w strukturze Katedry Geologii, a od 2009 r. (po likwidacji Katedry Geologii) samodzielna Pracownia Geologii w Instytucie Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki; adiunkt.

1999-2001 – Pracownia Zrównoważonego Rozwoju w Katedrze Geologii, Geosynoptyki i Zrównoważonego Rozwoju, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Łódzki; asystent

1992-1999 – Pracownia Kształtowania i Ochrony Środowiska, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Łódzki; asystent.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Ziułkiewicz M., 2016, Hydrogeochemia źródeł w strefie krawędziowej Wzniesień Łódzkich. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 112 s.

b) omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Środowisko skalne reprezentuje sobą bardzo ograniczone możliwości bezpośredniej obserwacji i poznania. Z tej też racji szeroko stosowane są metody dociekania poznawczego na podstawie modeli rekonstrukcyjnych. Tworzy się je w oparciu o fragmentaryczne dane, uzyskane w przestrzeni niewspółmiernie małej w stosunku do struktury geologicznej, którą reprezentują: w odwiercie, odkrywcę, itp. W takim „skrytym” środowisku bardzo efektywną rolę poznawczą pełni „agent”, którym są, wg Totha (1999), wody podziemne. Przepływ wód podziemnych tworzy, bądź w zasadniczo kształtuje, szereg zjawisk przyrodniczych, jak regionalne zróżnicowanie hydrochemiczne, zróżnicowanie typów torfowisk oraz pokrycia roślinnego. Każde z takich zjawisk stanowiło przedmiot autorskich dociekań naukowych. W pracy doktorskiej (Ziułkiewicz 2003) zajmowałem się regionalnym obrazem zróżnicowania hydrochemicznego wód podziemnych tzw. „małej” niecki łódzkiej. W pracach, które nastąpiły bezpośrednio po niej, współuczestniczyłem w uzyskaniu obrazu i wyjaśnianiu przyczyn zróżnicowania szczególnego rodzaju roślinności zależnej od wód podziemnych, tj. zbiorowisk okrzemek zasiedlających nisze źródłiskowe (Ziułkiewicz i Żelazna-Wieczorek 2007, Żelazna-Wieczorek i Ziułkiewicz 2007, 2008). W tej mniej odległej przeszłości uczestniczyłem z kolei w pracach naukowych dotyczących torfowisk regionu łódzkiego, gdzie poprzez analizę zróżnicowania hydrochemicznego wód przepajających osady organiczne starałem się wypracować metodę hydrochemicznej identyfikacji dróg alimentacji torfowisk (Ziułkiewicz, Fortuniak 2016). Identyfikowałem więc obraz wód podziemnych, jego implikacje z przyrodą ożywioną i dociekałem, na jego podstawie, jakie są drogi przemieszczania się wód podziemnych w środowisku podpowierzchniowym, tj. strukturze wewnętrznej torfowisk.

Swego rodzaju „mikroświatem” w skali środowiska geologicznego, mającym tę zaletę, że dobrze poddaje się obserwacjom, jest nisza źródłiskowa. Mamy w niej świadectwa trzech zasadniczych rodzajów procesów determinowanych przez ruch wód podziemnych. W jakimś stopniu tu właśnie demaskowany jest rzeczony „agent” poprzez jego charakterystykę chemiczną, fizyczną i kinetyczną (Memon 1995). Znajdujemy w tej małej sferze odzwierciedlenie zjawisk zachodzących w podziemiu, z którego dopłynęły wody podziemne. Wszyscy badający źródła mają

tego głęboką świadomość i łączą uzyskany w badaniach wizerunek obiektów krenologicznych z ich bezpośrednim zapleczem – strukturą skalną, zlewnią podziemną. W szerszym ujęciu przestrzennym, regionalnym daje to możliwości identyfikacji warunków obejmujących określoną jednostkę fizyczno-geograficzną (Wyżynę Małopolską – Czarnecka 1975, Góry Stołowe – Kowalski 1980, Pieniny – Humnicki 2007, Tatry – Żelazny 2012), strefę morfologiczną (krawędź Roztocza Rawskiego – Janiec i Wawerska 2007, krawędzie pradolinowe – Fac-Beneda i Hryniszak 2007) lub obszar zasobowy (dorzecze Widawki – Burchard i Maksymiuk 1997, zlewnia Dzierżąnej – Tomalski i Tomaszewski 2007, zlewnie sudeckie – Bartnik i Walisch 1997, Modelska i Buczyński 2007, zlewnia Lutynki – Chabudziński 2010, zlewnia Pławnej – Mickiewicz 2013). W niżowej części Polski źródła skupiają się na obszarach dużych deniwelacji, co zaznacza się w strefach krawędzi morfologicznych, krawędzi rynien subglacjalnych (Szumińska i Fabianowska 2013, Pius i in. 2016), wzniesień morenowych (Jaworska-Szulc i in. 2015), klifów nadmorskich (Wawrzyniak 2007).

Strefa krawędziowa Wzniesień Łódzkich jest obszarem szczególnie liczego występowania naturalnych wypływów wód podziemnych, czym wyróżnia się względem innych terenów starszych zlodowaceń (Maksymiuk, Mela 1995, Moniewski 2004, Chełmicki i in. 2011). Przeszłość, w jakiej kształtowała się współczesna forma Wzniesień Łódzkich (Wł) obfitowała w przenikające się procesy akumulacji i erozji lodowcowej, denudacji, działalności wód płynących i wiatru. Efektem jest wyraźna elewacja ponad otaczające tereny nizinne, mająca swoje założenie geologiczne w ukształtowaniu stropu podściełających utworów mezozoicznych (Klatkowa 1972, Turkowska 2006, Rdzany 2009). Złożoność procesów morfotwórczych uzupełniają zjawiska glacitektoniczne (Klatkowa 1996, Rdzany 2009).

Regionalne opracowania hydrogeologiczne (Bierkowska i in. 1990, Gruszczyński 2013) uwzględniają obecność struktur glacitektonicznych w modyfikowaniu dróg przepływu wód podziemnych ku lokalnym i regionalnym bazom drenażu. Znaczenie stref zaangażowania glacitektonicznego w kształtowaniu dróg (preferowanych) przepływu wód podziemnych dostrzegają Du Bernard i in. 2002, McClymont i in. 2011, Roy i Hayashi 2009, Hellqvist 2014. Bense i in. (2013) zauważają również, że analiza parametrów fizykochemicznych wód bywa zasadnicza w rozstrzygnięciu istnienia naturalnych dróg krążenia poprzez strefy uskokowe, gdyż ich podpowierzchniowe obserwacje są ograniczone i możliwe dzięki istnieniu źródeł, często poza możliwościami bezpośredniej obserwacji takiej struktury w odkrywkach.

W regionie łódzkim, a szczególnie w strefie krawędziowej Wł, struktury glacitektoniczne zostały udokumentowane właśnie w odkrywkach (Klatkowa 1972, 1996, Petera 1996).

Przestrzenne skojarzenie wyjątkowego nasycenia podłoża kenozoicznego strukturami glacitektonicznymi z wyjątkowym również uźródłowieniem tego terenu, stało się przedmiotem mojego zainteresowania badawczego. Z uwagi na fakt, że możliwość otworowego rozpoznania tego typu form jest bardzo ograniczona (Bense i in. 2013), a odkrywki odpowiednich rozmiarów powstają w następstwie realizacji zamierzeń gospodarczych a nie naukowych, pozostały metody pośrednie dla potwierdzenia przyjętej hipotezy badawczej. Jest nią udział zaburzeń glacitektonicznych w tworzeniu dróg preferowanego przepływu podziemnego, które w strefach drenażu dolinnego manifestują się w postaci źródeł. Formą, która stanowi zapis procesów morfologicznej metamorfozy stref dyslokacji glacitektonicznych o określonej orientacji przestrzennej mogą być suche doliny – zdaniem Klatkowej (1965) i Twardego (1995) bardzo charakterystyczne elementy rzeźby Wł.

Weryfikację postawionej hipotezy badawczej oparłem na analizie składu chemicznego i właściwości fizykochemicznych wód ujmowanych w źródłach, mających reprezentować środowisko wód podziemnych. Pogłębiona analiza obrazu hydrochemicznego wód została oparta na modelowaniu specjacyjno-rozpuszczalnościowym, w którym szczególną rolę przypisano minerałom budującym utwory czwartorzędowe. Wynik modelowania miał przyczynić się do odzwierciedlenia warunków krążenia w wielopoziomowych strukturach wodonośnych, porozdzielanych horyzontami glin morenowych, a najgłębszych częściach podścielonych utworami neogeńskimi lub bezpośrednio mezozoicznymi.

Metoda specjacyjno-rozpuszczalnościowa znalazła wcześniej zastosowanie do rekonstrukcji dróg krążenia wód w środowisku skalnym (Uliana i Sharp Jr. 2001, Modelska, Buczyński 2007), w tym z uwzględnieniem oceny udziału antropopresji (Jóźwiak, Krogulec 2006) oraz rekonstrukcji genezy chemizmu wód podziemnych i ich powiązania ze źródłami i ciekami (Barczyk 1998, Małcki, Szostakiewicz 2007, Szostakiewicz-Hołownia 2012). Dociekania badawcze oparte na analizie efektów relacji minerały – roztwór wodny są, zdaniem White'a (2010), jedną z dwóch dróg realizacji zamierzeń naukowych z zakresu chemii wód źródłanych, dającą możliwość prognozowania zmian ilościowych i jakościowych – tą nowocześniejszą. Drugą jest racjonalna interpretacja danych hydrochemicznych, do czego wykorzystuje się różne tradycyjne metody: klasyfikacje, typologie, itp.

Ważnym dla oceny warunków hydrogeochemicznych źródeł na badanym obszarze był przybliżony czas kontaktu wód ze środowiskiem skalnym. Przy braku możliwości przeprowadzenia badań izotopowych, posłużono się charakterystykami zasobowymi drenowanych przez źródła zbiorników wód podziemnych. Szczególną uwagę zwrócono na

współczynnik odnawialności (η) i czas dopływu wody ze strefy wododziałowej do strefy drenażu źródłiskowego (τ). Powyższe dociekania stanowiły pogłębienie zagadnienia prezentowanego na XII konferencji naukowej Współczesne Problemy Hydrogeologii (WPH), która odbyła się w roku 2005 w Toruniu (Ziułkiewicz 2005). Na konieczność wiązania właściwości hydrochemicznych źródeł z ich charakterystykami zasobowymi, w celu uzyskania pełnego obrazu regionalnych warunków krenologicznych, zwróciła uwagę Pani Prof. A. Macioszczyk na konferencji WPH w Jastrzębiej Górze w roku 2003.

Pierwsze prace z zakresu charakterystyki zasobowej źródeł regionu łódzkiego wykonali Jokiel i Maksymiuk (1995) i później, dla szerszej grupy obiektów Moniewski (2004). Stąd też prowadząc własne badania w ramach grantu kierowanego przez Panią Prof. J. Żelazną-Wieczorek (nr 3P04G05723), w latach 2003 - 2005 pozyskałem materiał pomiarowy, na podstawie którego wyznaczyłem charakterystyki zasobowe dziesięciu źródeł dolinnych funkcjonujących w strefie krawędziowej Wzniesień Łódzkich. W materiale prezentowanym na sympozjum WPH 2005 starałem się wykazać, że pomiędzy czasem wymiany wody w zbiorniku podziemnym zasilającym źródło (η) a wartościami wskaźników nasycenia (*Saturation Index –SI*) względem minerałów krzemianowych, występuje czytelna relacja. Polega ona na tym, że im dłuższy jest czas wymiany wody w zbiorniku podziemnym, tym wyższe są wartości *SI* dla $\text{SiO}_2(a)$ i *chalcedonu*. Wyniki te prowadziły do wniosku, że krzemionka może być wskaźnikiem dróg krążenia wód podziemnych, co okazało się zbieżne z obserwacjami poczynionymi w regionie sudeckim (Staśko i Wojtkowiak 2004, Modelska i Buczyński 2007). Poza tym wykazałem, że dziesięć badanych źródeł, funkcjonując w obrębie różnych stopni morfologicznych strefy krawędziowej WŁ, reprezentuje anomalny układ hydrochemiczny. Im wyżej są one bowiem położone, tym głębsza struktura wodonośna je alimentuje i tym wyższa jest mineralizacja ich wód. Wzrost mineralizacji wód źródłanych wraz z wysokością położenia źródła jest anomalią przyrodniczą, choćby względem charakterystyki regionalnej wypływów tatrzańskich (Małecka 1989, Żelazny i in. 2013).

Prace D. Dobrzyńskiego, dotyczące występowania w wodach podziemnych różnych form glinokrzemianów (2006a, 2006b), stały się przedmiotem mojego zainteresowania pod kątem realizacji innej, pochodnej, problematyki badawczej¹, nasunęły jednocześnie przypuszczenie, że stan roztworów wód źródłanych, przy uwzględnieniu w analizie specjacyjno-rozpuszczalnościowej szerszego zakresu minerałów krzemianowych i glinokrzemianowych, umożliwi bardziej precyzyjnie zrekonstruować drogi krążenia wód podziemnych w strefie krawędziowej WŁ. Przyjęte hipotezy robocze były następujące:

¹ Opis w dalszej części: omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

- im głębiej krążą wody, tym ich czas dopływu do strefy drenażu jest dłuższy, tym większe prawdopodobieństwo kontaktu z minerałami ilastymi poziomów glin morenowych, przez co wartości *SI* tych minerałów będą „mniej agresywne”, bardziej zrównoważone,
- im płytsze krążenie, poprzez naglinowe piaszczyste utwory fluwioglacjalne, miejscami eoliczne, tym prawdopodobieństwo kontaktu z minerałami Al-Si w zwartych kompleksach glin mniejsze i niższe wartości *SI*,
- dopływ wód z głębokich wodonośców, dla których wartości *SI* minerałów glinokrzemianowych będą relatywnie niskie będzie wskazówką, co do możliwości istnienia dróg preferowanego przepływu podziemnego rozwiniętych w obrębie struktur glacitektonicznych. Na możliwość zasilania źródeł regionu łódzkiego z utworów zaburzonych glacitektonicznie wskazywali Maksymiuk i Mela (1995).

Analiza, w której zestawiono ze sobą charakterystyki zasobowe i wartości wskaźników nasycenia, wyliczone dla wybranej grupy glinokrzemianów, wykazała, że w badanej grupie dziesięciu źródeł zarysowały się czytelne różnice. W pierwszej części przeprowadzonej analizy skupiono się na uwarunkowaniach hydrogeologicznych i wydzielono cztery grupy obiektów, biorąc pod uwagę dwa kryteria: wielkość drenowanych zbiorników wód podziemnych i przybliżoną przepuszczalność utworów wodonośnych, wyrażona współczynnikiem filtracji (*k*). Nałożenie na siebie obu tych wydzieleni dało w efekcie następujące grupy źródeł:

- zasilane ze zbiorników dużych, poprzez utwory wodonośne o dobrej przepuszczalności,
- zasilane ze zbiorników dużych, poprzez utwory o średniej przepuszczalności,
- zasilane z małych zbiorników, poprzez utwory o dobrej przepuszczalności,
- zasilane z małych zbiorników, poprzez utwory o średniej przepuszczalności.

W odniesieniu do hipsometrycznego położenia źródeł w obrębie poszczególnych stopni morfologicznych strefy krawędziowej Wł, wydaje się, że im wyżej położone są badane źródła, tym zbiornik alimentujący jest bardziej ograniczony, a utwory wodonośne mają mniejszą zdolność filtracyjną. Jeśli natomiast źródła funkcjonują w obrębie niższych stopni morfologicznych, zbiornik dla nich dostępny jest większy i jednocześnie większe są zdolności filtracyjne wodonośca.

Odniesienie wyliczonych dla źródeł charakterystyk zasobowych z ich charakterystykami hydrochemicznymi przyniosło obraz współzmienności (zależności) czasu przepływu wody od strefy wododziałowej do drenażowej (τ) ze stężeniem krzemionki – zgodnie z oczekiwaniem, że im dłuższy czas przepływu, tym rejestrowane stężenia krzemionki w wodach źródłanych wyższe. Kolejna interesująca współzmiennosc wystąpiła w przypadku zestawienia wielkości wydajności

źródeł z rejestrowanymi stężeniami glinu – im wyższe Q, tym wyższe stężenia Al^{3+} . W dalszym toku postępowania, wartości wskaźników nasycenia (*SI*) zostały wyznaczone dla minerałów glinokrzemianowych, których obecność w penetrowanych przez wody podziemne strukturach skał czwartorzędowych należało zakładać. Chodziło głównie o minerały obecne w glinach morenowych, jako utworach rozdzielających poszczególne horyzonty wodonośne. Z braku dedykowanych analiz mineralogicznych sięgnięto do wyników prac przeprowadzonych dla potrzeb projektu łódzkiego metra, które zawierały m.in. informacje o składzie mineralogicznym glin warciańskich (Janiszewski 1986). Jako budulec środowisk skalnych, penetrowanych przez wody podziemne w strefie krawędziowej Wł na uwagę zasługiwały, poza *kwarcem*, *chalcedonem* i krzemionką amorficzną również *kaolinit*, *illit* i *chloryt*. Zbiór minerałów uzupełniono o reprezentanta węglanów, tj. *kalcyt*, którego zawartość w utworach czwartorzędowych strefy krawędziowej Wł jest bardzo zmienna (m.in. Woźniak 1989). Zważywszy jednak na fakt, że ługowanie tego minerału przez wody podziemne powoduje kształtowanie się ich zasadniczych ram hydrochemicznych, m.in. poprzez nadanie typu $HCO_3-Ca^{(2)}$, uznano to za zasadne. Brak węglanów w utworach skalnych ma ten interesujący aspekt hydrochemiczny, że zdaniem Mathe-ra (1997), wody podziemne przenoszą wtedy swoją agresywność na główną masę mineralną szkieletu gruntowego, tj. krzemiany i glinokrzemiany.

Uzyskane wartości *SI* dla wybranej grupy minerałów wykazały wrażliwość względem charakterystyk zasobowych, podobnie jak wcześniej stężenia krzemionki i jonu glinowego. Wartości $SI_{SiO_2(a)}$ czytelnie reagowały na zmiany wydajności części źródeł, malejąc, gdy ona wzrastała. Zakres zmienności *SI* dla *kaolinitu* i *illitu* różnicował źródła zasilane z wodonośców płytkich i odkrytych od obiektów drenujących głębsze wodonośce i częściowo odsłonięte w strefach peryferyjnych. Stwierdzono, że im dłuższy jest czas dopływu wody ze strefy wododziałowej, tym wartości *SI* wykazywały mniejszą zmienność. Analiza relatywnych zmian wartości $SI_{chloryt}$ i SI_{illit} dla epizodów ekstremalnych wydajności źródeł ($Q_{maks.}$ i $Q_{min.}$) wyróżniła obiekty funkcjonujące u wylotu suchych dolinek. Przy maksymalnych wydajnościach, zwiększonym dopływie ze zlewni, wzrastała „agresywność” wód względem *chlorytu* i równocześnie wzrastał stopień ich wysycenia *illitem*. W uproszczonym ujęciu zagadnienia, jeśli *chloryt* miałby reprezentować piaszczyste środowisko wodonośne, a *illit* utwory izolujące, gliniaste, to można przyjąć, że taki stan może odzwierciedlać dopływ wód poprzez strefę preferowanego dopływu, strefę uskoku, rozcinającego poziom (-my) glin. Analiza zawartości w wodach źródłanych węglanów oraz wartości SI_{kalcyt} , udokumentowała zasilanie badanych źródeł z

² W kilku przypadkach są to również wody z istotnym udziałem jonu siarczanowego (Ziułkiewicz, Żelazna-Wieczorek 2007)

dwóch zasadniczych środowisk: głębszego, międzymorenowego i płytszego, naglinowego. Większą reprezentację ma tutaj środowisko bardziej zasobne w węglany. Okazały się nim głębsze struktury zasilające, gdyż im dłuższy jest czas τ , tym ciśnienie parcjalne CO₂, warunkujące rozpuszczanie węglanów jest wyższe – problem stanowi dostępność węglanów w środowisku penetrowanym przez wody podziemne.

Zgeneralizowaną charakterystykę hydrogeochemiczną źródeł w strefie krawędziowej Wł uzyskano szukając podobieństw pomiędzy stwierdzonymi stanami roztworów poszczególnych źródeł względem glinokrzemianów i *kalcytu*. Wyniki tej analizy odniesiono następnie do charakterystyk zasobowych badanych obiektów. W ten sposób wytypowano dwie grupy źródeł:

- I grupę tworzą obiekty zasilane: (1) z większych zbiorników podziemnych, z szybciej wymieniającymi się zasobami, które tworzą wody (2), osiągające równowagę z *illitem* i *kalcytem*, i zachowujące równocześnie potencjalną zdolność ługowania krzemionki amorficznej, *chlorytu* i *halitu*;
- II grupę tworzą obiekty zasilane: (1) z mniejszych zbiorników wód podziemnych o słabszej efektywności wymiany zasobów, które tworzą wody (2) osiągające stan równowagi z *illitem*, ale mające zdolność ługowania *kalcytu*, krzemionki amorficznej, *chlorytu* i *halitu*.

W grupie pierwszej są obiekty duże, w tym powiązane z formami suchych dolinek, zasilane przede wszystkim z poziomu międzymorenowego, częściowo odsłoniętego. Drugą grupę reprezentują źródła alimentowane z kilku różnych wodonośców lub części większej struktury wodonośnej (linia źródeł). Mineralami, które różnicowały obie grupy źródeł pod względem wartości *SI*, był *chloryt* i w mniejszym stopniu *illit* oraz *kalcyt*. Brak zróżnicowania pomiędzy grupami stwierdzono w przypadku krzemionki amorficznej i *halitu*. W tym bardzo zgeneralizowanym obrazie warunków hydrogeochemicznych można również dostrzec, że środowiska cechujące się dłuższym czasem przepływu poprzez mniejsze zbiorniki podziemne, reprezentują wody lepiej wysyczone względem *illitu* i słabiej względem *chlorytu*. W uproszczonym modelu koncepcyjnym, jaki przyjęto, pierwszy minerał reprezentuje utwory izolujące (gliny morenowe), drugi – piaski fluwioglacjalne. W przypadku wodonośców bardziej zasobnych, z lepszymi warunkami przepływu, jest odwrotnie.

Dalszym etapem dociekań na hydrogeochemicznymi warunkami funkcjonowania źródeł w strefie krawędziowej Wzniesień Łódzkich było zogniskowanie uwagi na jednym z badanych wcześniej źródeł. Wybrano duże źródło funkcjonujące u wylotu suchej dolinki, położone we wsi Ciosny-Sady w powiecie zgierskim. W toku wieloletnich prac, w tym również poprzedzających

realizację grantu nr 3P04G05723, udokumentowano szczególne cechy tego obiektu (Burchard i Mela 1995, Ziułkiewicz i in. 2006). Była to m.in. wielkość niszy źródłiskowej, zróżnicowanie funkcjonujących w niej form wypływów wód podziemnych oraz czytelny kontekst morfologiczny, wiążący to źródło z jego zlewnią – poprzez czytelną we współczesnej rzeźbie suchą dolinkę, ciągnącą się południkowo aż po północne peryferie Zgierza, tj. blisko 4 km. Obiekt funkcjonuje na kontakcie utworów wodnolodowcowych recesyjnej fazy zlodowacenia warty i rozlewiskowo-jeziornych utworów zlodowacenia wisty (Maksymiuk i Moniewski 2000). Kształt niszy źródłiskowej wskazywał, że dłuższa jej oś jest równoległa do osi suchej doliny, przez co można było zakładać, że źródło sukcesywnie ją odpreparowuje. Wydłużająca się forma krenologiczna stopniowo poszerza się, dogłębia i modyfikuje układ sił rządzących ruchem wody w drenowanych wodonościach. Wg Memona (1995) każda struktura wodonośna ma swoje unikalne cechy, które w zależności od aktualnego systemu krążenia mogą się dodatkowo indywidualizować. Model Dunne'a (Mazurek 2010) ukazuje, jak wraz z rozwojem niszy źródłiskowej, taki system krążenia ulega modyfikacji. Układ hydroizohips, linii ekwipotencjalnych, linii prądu – ulega sukcesywnej zmianie. Pierwotny układ linii równoległy w planie zmienia się na dośrodkowy w planie (Turek 1971). W idealnych utworach jednorodnych i izotropowych nie przynosi to skutków innych poza skróceniem czasu filtracji. W utworach heterogenicznych, niejednorodnych i anizotropowych efekty rozwoju przestrzennego niszy źródłiskowej będą już bardziej czytelne. Zmieniają się opory hydrauliczne, może zmienić się charakter litologiczny wodonośca, a w ślad za tym oblicze hydrochemiczne wód, i to jeszcze zanim wypłyną na powierzchnię – różnice staną się czytelne pomiędzy sąsiadującymi ze sobą wypływami. Jeśli rozwój niszy wymusi zmiany w układzie linii spływu podziemnego w planie, to z pewnością zmiany staną się również czytelne w pionowym profilu wodonośca. Drenaż źródłiskowy może sukcesywnie obejmować coraz głębsze jego fragmenty. Przy udokumentowanej wgłębnej zmienności hydrochemicznej tej samej warstwy wodonośnej (Fic 1994, 1999), znajdzie to odzwierciedlenie w zmienności hydrochemicznej wypływów położonych wzdłuż linii spływu w obrębie rozwiniętej formy źródłiskowej. Różnice zarysują się wtedy pomiędzy wypływami funkcjonującymi w górnej, środkowej i dolnej jej częściach.

Źródło Ciosny, bo tak się ono nazywa, zostało, w następstwie dociekań poczynionych w pierwszym etapie prac zaliczone do grupy obiektów drenujących duże zbiorniki podziemne o krótszym czasie przepływu wód podziemnych. W przypadku tego konkretnie obiektu można to wiązać ze strukturą suchej dolinki, stanowiącej część jego zlewni podziemnej. Jak istotna jest rola

suchej doliny w kształtowaniu złożonego obrazu hydrochemicznego tej dużej niszy źródłiskowej stało się przedmiotem prac zrealizowanych w drugim etapie autorskich badań.

Zróznicowane oblicze hydrochemiczne dużych nizinnych nisz źródłiskowych stało się również przedmiotem zainteresowań Mazurek (2010) i Jekatierynczuk-Rudczyk (2010). Autorskim zamierzeniem było jednak powiązanie tego zjawiska ze środowiskiem geologicznym. Środowisko, w jakim funkcjonuje źródło Ciosny wydawało się temu sprzyjać. Na bliskim zapleczu źródła rozwinąłem sieć piezometrów obserwacyjno-badawczych (9 sztuk), w dnie niszy, poza jednym z piezometrów, umieściłem próbniki podciśnieniowe (6) i wytypowałem do indywidualnych badań hydrochemicznych naturalne samowypływy (8). Dało to łącznie 23 instalacje i punkty badawcze. Prace hydrometryczne i hydrochemiczne realizowałem co miesiąc w okresie od stycznia 2006 roku do listopada 2009 roku, a później, do października 2012 roku, kontrolnie jeden raz w roku. Prace te uzupełniły badania granulometryczne i geochemiczne utworów skalnych, których próby zostały pobrane w czasie wiercenia otworów pod instalację piezometrów i podczas penetracji otworowej dna niszy źródłiskowej – zebrano łącznie 25 prób. Skały poddano również ocenie z punktu widzenia ich zdolności filtracyjnych, wyznaczając współczynnik filtracji (k) metodą laboratoryjną i na podstawie wzorów empirycznych (Turek 1971).

Badania litologiczne i geochemiczne utworów budujących strefę drenażu źródłiskowego we wsi Ciosny-Sady potwierdziły istnienie dwóch środowisk skalnych: piaszczystego i mułkowego. Piaski wypełniały suchą dolinkę, a mułki reprezentowały vistuliańskie zastoisko, grzebiące dolny jej odcinek. Wykazano, że utwory obu serii różnią się wyraźnie pod względem zdolności filtracyjnych, odczynu, zawartości węglanów i wielkości potencjału wymiany kationów. Woda spływająca ze zlewni podziemnej do źródła Ciosny napotyka coraz większe opory hydrauliczne. Utwory wodonośne wykazały się niejednorodnością warstwową (nieciągłą) oraz, przyjmując za Klatkową (1993) hipotezę obecności na badanym terenie eemskiego stożka napływowego w dolnym fragmencie suchej doliny, niejednorodnością ciągłą. Na tej podstawie można przyjąć, że siłą która kieruje wody podziemne ku powierzchni jest opór hydrauliczny, a źródło Ciosny ma charakter zaporowy. Kompozycja PKW precyzyjnie wydaje się identyfikować warunki geochemiczne w strefie drenażu, dzięki czemu można wyróżnić tam trzy środowiska wodonośne:

- piasków drobnoziarnistych, pylastych i średnioziarnistych stanowiących stropowe partie warstwy wodonośnej o małym potencjale sorpcyjnym w dużej części wypełnionym kationami wodorowymi,

- mułków i glin o dużym i bardzo dużym potencjale sorpcyjnym z zasadniczą dominacją kationów wapniowych,
- utworów piaszczystych o właściwościach pośrednich pomiędzy powyższymi ekstremami, w tym stanowiących materiał, w jakim wykształcone jest badane źródło.

Na hipotetycznej drodze przepływu wód podziemnych w strukturze suchej dolinki ku niszy źródłiskowej, środowisko wodonośne zmienia się od słabokwaśnego do słaboalkalicznego i wzrasta jego zdolność do sorbowania kationów. W stosunku do składu mineralnego ośrodka wodonośnego, wody stopniowo nasycają się kalcytem i rosną w nich stężenia krzemionki. Modelowanie mieszania wód podziemnych, występujących w dwóch zidentyfikowanych środowiskach wodonośnych, pozwoliło określić strukturę zasilania źródła Ciosny. Wiosną aktywne było zasilanie z piasków bliskiego zaplecza alimentacyjnego (stożka napływowego), które w porze jesiennej traciło na znaczeniu. Rosła wtedy z kolei rola wód dopływających z większego dystansu, m.in. poprzez strukturę suchej dolinki. Maksymalne wydajności niszy osiągnęte były w czasie trwania dopływów z utworów piaszczystych. Mieszanie wód w najbliższym zapleczu niszy źródłiskowej doprowadzało do redukcji zakresu i dynamiki zmian parametrów hydrochemicznych wód źródłanych względem wód podziemnych do niego dopływających³, przy czym najbardziej stabilnym środowiskiem hydrochemicznym okazała się strefa znajdująca się pod dnem niszy, na głębokości 0,9 m. Płycej zaznaczyło się już oddziaływanie czynników powierzchniowych, atmosfery i biosfery.

Wyniki analizy specjacyjno-rozpuszczalnościowej potwierdziły, że zarejestrowane zmiany stanu roztworów wód podziemnych i źródłanych są efektem dopływu wód z dwóch zasadniczych środowisk geochemicznych: piaszczystego – bardziej agresywnego i mułkowego równoważonego m.in. węglany. Ocena genezy wód źródłanych na podstawie ich relacji roztwór-glinokrzemiany wykazała, że mimo funkcjonowania strefy preferowanego przepływu, wykształconej w strukturze suchej dolinki, stan hydrochemiczny, jak reprezentuje sobą badane źródło, jest silniej uzależniony od bliższego środowiska mułkowego, niż dalszego piaszczystego. Ocena stanu roztworu wód źródłanych względem kalcytu, przy wykorzystaniu diagramu White'a (2010), dała z kolei podstawę do ukazania złożonej struktury niszy źródłiskowej Ciosny w ujęciu hydrogeochemicznego charakteru funkcjonujących w niej wypływów. Wydzielono następujące ich rodzaje:

³ Takie właśnie duże dysproporcje pomiędzy piezometrami i niszą źródłiskową zostały wykazane przez autora we wcześniejszej pracy (Ziutkiewicz 2010).

- 1/ descensyjne, skoncentrowane wypływy wód z części stropowych naciętego wodonośca, agresywne względem węglanów,
- 2/ ascensyjne, skoncentrowane wypływy wód z głębszych partii wodonośca, zdolne do powolnego wytrącania węglanów,
- 3/ descensyjne rozproszone wypływy spod wschodniej (mułkowej) krawędzi niszy, zdolne do szybkiego wytrącania węglanów,
- 4/ descensyjne skoncentrowane wypływy wód na zachodniej krawędzi niszy mające zdolność powolnego rozpuszczania węglanów.

W ujęciu głębokościowym-wysokościowym funkcjonowania-położenia wypływów w obrębie niszy źródłiskowej, ukazano prawidłowość, wg której z im większej głębokości wody podziemne dopływają-podpływają, tym większe prawdopodobieństwo wyniesienia i zdeponowania w jej dnie węglanów, w czym swój istotny udział ma również charakter wypływu.

Identyfikację obecności strefy preferowanego przepływu wód podziemnych poprzez piaski wypełniające formę erozyjną suchej doliny podjąłem się zweryfikować obserwacjami zmian wartości elementów hydrochemicznych na różnych drogach hipotetycznego przepływu w obrębie badanej części zlewni podziemnej. Zasadnicza była w tym analiza właściwości fizykochemicznych i składu chemicznego wód z poszczególnych piezometrów pod kątem uzyskania przez nie continuum przeobrażeń, co zaznaczy się stopniowymi zmianami wartości parametrów i stężeń składników chemicznych w przepływie poprzez zlewnię do niszy źródłiskowej. Stanem wejściowym w przeprowadzonych rekonstrukcjach był obraz wód w najdalej od niszy położonych piezometrach, a wyjściowym oblicze wód źródłiskowych na wypływie z niszy. Z trzech rozpatrywanych scenariuszy, powyższemu założeniu najbardziej odpowiadały dwa: że dopływy następują poprzez strukturę suchej dolinki oraz poprzez mułki przylegające lub też częściowo wypełniające dolne partie tej kopalnej formy erozyjnej. Ujawniła się przy tym bariera geochemiczna, silnie różnicująca wody podziemne i źródłiskowe. Przeprowadzona analiza wykazała również istotną rolę lokalnych oddziaływań antropogenicznych na badane, płytkie środowisko wodonośne. Są one wynikiem prowadzenia gospodarki nawozowej oraz obecności zabudowy gospodarczej wsi Ciosny-Sady, pod którą przepływają wody podziemne w drodze ku niszy źródłiskowej.

Analiza PCA zebranych danych hydrochemicznych (429 kompletów analiz) pozwoliła uzyskać świadectwo efektywnego przenikania się warunków geogenicznych zlewni z oddziaływaniami antropogenicznymi, zachodzącego na stosunkowo ograniczonym przestrzennie obszarze alimentacji badanego źródła. W ujęciu hierarchicznym decydujące znaczenie mają

procesy geogeniczne, którym podporządkowane są oddziaływania antropogeniczne. W graficznym ujęciu tego współoddziaływania uzyskano czytelny obraz ciągłości przemian hydrochemicznych zachodzących w niszy i jej najbliższym otoczeniu, polegających na przeobrażeniu wód podziemnych w źródlane. Postępując od inicjalnej, górnej części niszy, poprzez jej część środkową do dolnej, tracą na znaczeniu wody miękkie, kwaśne, z małą zawartością krzemionki i podwyższoną potasu na rzecz wód średniotwardych, słabozasadowych, z podwyższoną ilością rozpuszczonej krzemionki i niską potasu. Malejącą rolę potasu można wiązać z asymilacją tego pierwiastka przez organizmy roślinne dna niszy źródłiskowej. Takie jest ujęcie przestrzenne tego zjawiska. Natomiast interpretacja czasowej zmienności hydrochemicznej wód źródłiskowych na tle zidentyfikowanych uwarunkowań zlewniowych wskazuje na istnienie interesującego systemu sekwencyjnej alimentacji pojedynczych wypływów, opartego na czterech zasadniczych, zlewniowych ogniwach hydrogeochemicznych. Zjawisko to rozpoznano podczas wiosennego aktu roztopowego zasilania wodonośca, a w ślad za tym niszy źródłiskowej. Do niszy w jej inicjalnej, górnej części dopływały w kolejności:

- 1/ wody z utworów piaszczystych bliskiego krążenia,
- 2/ wody z mułków bliskiego krążenia,
- 3/ wody z dalszych części suchej dolinki poprzez utwory piaszczyste,
- 4/ wody z dalszych części zlewni podziemnej poprzez utwory mułkowe.

W głębokościowym ujęciu drenażu źródłiskowego uzyskujemy kolejno uaktywnienie dopływów:

- 1/ wód płytkiego krążenia, w pierwszej kolejności poprzez utwory piaszczyste, a następnie mułkowe,
- 2/ wód głębszego krążenia, opartego na penetracji piasków suchej dolinki i mułków peryferyjnej części osadów zastoiska vistuliańskiego.

Niniejsze obserwacje, wraz z poczynionymi wcześniej, skłaniają mnie do stwierdzenia, że zasadniczy obraz hydrochemiczny wód odpływających z niszy kształtuje się pod wpływem oddziaływania pierwszego, płytszego ogniwa krążenia, które są maskowane przez oddziaływania drugiego, głębszego ogniwa, czyli strefy preferowanego przepływu.

Uzyskane wyniki pracy wskazują na złożoność przyrodniczych uwarunkowań zróżnicowania hydrochemicznego jednej, wybranej niszy źródłiskowej. Przyczyny tego często obserwowanego zjawiska przyrodniczego zostały nakreślone, co nie wyczerpuje jednak całości problemu. Mimo, iż poczynione wskazania dotyczą tylko jednego obiektu, to należy przyjąć, że zachowają one swoją dużą aktualność także w odniesieniu do innych nizinnych niszy źródłiskowych, wykształconych w

luźnych utworach czwartorzędowych. Zmieniać może się rola czynnika antropogenicznego: od marginalnej po dominujący, to samo może dotyczyć obecności dróg preferowanego przepływu podziemnego, nie tak silnie zaznaczających się, jak struktura suchej dolinki w badanym przykładzie. Współwystępowanie naprzemianległych wodonośnych utworów piaszczystych i izolujących utworów gliniastych jest jednak powszechne i wypracowana w toku powyższej pracy metoda hydrochemicznej identyfikacji dróg krążenia podziemnego może przyczynić się do bliższego ich poznania. To, w świetle indywidualnych doświadczeń autora, może przełożyć się na bardziej efektywne zabiegi z zakresu prawnej ochrony źródeł (ochrony jakości ich wód) w regionie łódzkim.

Dla zagadnień regionalnych, ze szczególnym uwzględnieniem tytułowej strefy krawędziowej Wł, istotne jest stworzenie naukowych przesłanek dla wskazania roli stref preferowanego przepływu w kształtowaniu reżimu źródeł, a w ślad za tym domniemanej roli stref zaburzeń glaciektonicznych. Należy przy tym zwrócić uwagę, że formy tego typu nie występują wyłącznie na badanym obszarze, ale są obecne również w innych uźródłowionych, nizinnych częściach naszego kraju.

Istotną kwestią są względy natury ekologicznej – identyfikacja przyczyn zróżnicowania hydrochemicznego niszy źródłiskowej, jako biotopu, może przyczynić się do uzyskania bardziej przejrzystego obrazu powiązań chemii wód źródłanych ze zróżnicowaniem ilościowym i jakościowym zamieszkujących ją organizmów (Żelazna-Wieczorek 2011, Kwiatkowska i in. 2016, Ziułkiewicz, Żelazna-Wieczorek, Dobrzyński – w przygotowaniu).

W wymiarze metodycznym praca wskazuje konieczność pogłębienia badań realizowanych poza samą niszą źródłiskową, dla ukazania procesów i zjawisk w niej zachodzących. Prace takie należy realizować w oparciu o dedykowaną sieć punktów badawczo-obszernych, zaprojektowaną na podstawie indywidualnych cech środowisk, w którym funkcjonują źródła i rozwijają się ich nisze.

Jeśli niniejsza praca choć w skromnej części stanowi dowód naukowy, ilustrujący stwierdzenia Hydrogeologów i Hydrochemików, że wody źródeł są uśrednionym odzwierciedleniem ich zlewni podziemnych, to cel jej powstania został dopełniony.

c) literatura cytowana w czwartym punkcie autoreferatu:

Barczyk G., 1998, The carbonate aggressiveness of water in the karst areas of the basin of the Chocholowski and Koscieliski streams (Western Tatra Mts.), *Acta Geologica Polonica*, 48, 1, 115-120

- Bartnik A., Walisch M., 1997, Źródła zlewni Bystrzycy Dusznickiej, *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica* 2, 61-72.
- Bense V.F., Gleeson T., Loveless S.E., Bour O., Scibek J., 2013, Fault zone hydrogeology, *Earth-Science Reviews*, 127, 171-192.
- Bierkowska M., Filas T., Szadkowska M, Błaszczuk J., 1990, Regionalna dokumentacja hydrogeologiczna (I etap prac) wraz z projektem badań modelowych na ustalenie zasobów wód podziemnych niecki łódzkiej (II etap prac). *Archiwum Przedsiębiorstwa Geologicznego w Warszawie „POLGEOL”, Zakład w Łodzi, Łódź.*
- Burchard J., Mela S., 1995, Ilościowa i jakościowa charakterystyka wód źródłanych strefy krawędziowej Wzniesień Łódzkich [w:] *Mat. VIII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych, Łódź, 14-16 IX. 1995*, 59-61.
- Burchard J., Maksymiuk Z., 1997, Źródła w dorzeczu Widawki, *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica* 2, 133-152
- Chabudziński Ł, 2010, Ocena zasobów wód podziemnych na podstawie wydajności źródeł (przykład górnej Sanny, SE Polska), http://www.rsi2004.lubelskie.pl/doc/sty8/art/Chabudzinski_Lukasz_art.pdf
- Chełmicki W., Jokiel P., Michalczyk Z., Moniewski P., 2011, Distribution, discharge and regional characteristics of springs in Poland, *Episodes*, 34, 4, 244-256.
- Czarnecka H., 1975, Reżim źródeł na Wyżynie Małopolskiej, *Prace IMiGW*, 6, Warszawa
- Dobrzyński D., 2006a, Silica solubility in groundwater from Permian volcanogenic rocks (the Sudetes Mts., SW Poland) — the role of reversible aluminosilicate solids. *Geological Quarterly*, 50, 4, 407–417
- Dobrzyński D., 2006b, Silicon and aluminium in groundwater of the Kłodzko Region (the Sudetes, SW Poland) — partial geochemical equilibrium with secondary solid phases. *Geological Quarterly*, 50, 3, 369–382.
- Du Bernard X., Eichhubl, Aydin A., 2002, Dilation bands: A new form of localized failure in granular media, *Geophysical Research Letters*, vol. 29, no. 24, 29/1 – 29/4.
- Fac-Beneda J., Hrynyszak E., 2007, Wpływy wód podziemnych u podnóży krawędzi pradolinnych [w:] P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz (red.) *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne.* Wydawnictwo UŁ, Łódź, 129-134.
- Fic M., 1994: Pionowa zmienność chemizmu wód pierwszej warstwy wodonośnej na przykładzie zlewni Turośli. *Przyrodnicze i Techniczne Problemy Kształtowania Środowiska Rolniczego.* Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Poznań 1-2 grudnia 1994, 51 – 59.
- Fic M., 1999: Pionowa zmienność chemizmu wód pierwszej warstwy wodonośnej a forma i intensywność użytkowania powierzchni terenu. W: S. Krajewski, A. Sadurski (red.) *Współczesne Problemy Hydrogeologii. T.IX. Hydrogeologia na przełomie wieków, Materiały Konferencji,* Warszawa-Kielce 15 – 17 września 1999, 49 – 56.
- Gruszczynski T., 2013, Model zasobowy GZWP 714, [mat. niepubl.] *Arch. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż., Wydz. Geologii UW*
- Humnicki W. 2007. *Hydrogeologia Pienin.* — Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Janiec B., Wawerska E., 2007, Źródła południowo-wschodniej krawędzi Rostocza Rawskiego i uwarunkowania geochemiczne jakości ich wód. [w:] M. Ziułkiewicz (red.). *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce. t. 5, Wyd. UŁ, Łódź: 283–294.*
- Janiszewski P., 1986, Techniczne badania podłoża gruntowego dla ustalenia warunków gruntowo-wodnych na trasie I linii systemu metra w Łodzi, *Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie, Oddział w Łodzi [mat. niepubl.] Archiwum Wydziału Geologii Urzędu Marszałkowskiego w Łodzi, nr kat. 865.*

- Jaworska-Szulc B., Pruszkowska-Caceres M., Przewłócka M., 2015, Zmiany wydajności wypływów wód podziemnych młodogłacialnego obszaru morenowego na Pojezierzu Kaszubskim, *Przegląd Geologiczny*, 63, 10/1, 774-779
- Jokiel P., Maksymiuk Z., 1995, Zastosowanie analizy wydajności źródeł do oceny niektórych charakterystyk zbiorników wód podziemnych. *Przegląd Geologiczny*, 5: 388-392.
- Jóźwiak K., Krogulec E., 2006, Zastosowanie modelowania geochemicznego, jako elementu wspomagającego monitoring przyrodniczych obszarów chronionych, *Przegląd Geologiczny*, 54, 11, 987-992.
- Klatkowa H., 1965, Niecki i doliny denudacyjne w okolicach Łodzi, *Acta Geographica Lodziensia*, 19, ŁTN, Łódź.
- Klatkowa H., 1972, Paleogeografia Wyżyny Łódzkiej i obszarów sąsiednich podczas zlodowacenia warciańskiego. *Acta Geographica Lodziensia*, 28, ŁTN, Łódź.
- Klatkowa H., 1996, Elementy glacytektoniczne w budowie geologicznej i rzeźbie podłódzkiej części środkowej Polski. [w:] *Przejawy glacytektoniki w Polsce Środkowej*. *Acta Geographica Lodziensia* 72, ŁTN, Łódź, 7 – 104.
- Kowalski S., 1980, Charakterystyka hydrogeologiczna źródeł Gór Stołowych, *Kwartalnik Geologiczny*, 24, 4, 884-904
- Kwiatkowska K., Żelazna-Wieczorek J., Ziułkiewicz M., Majecki J., 2016, Caddisflies (Trichoptera) and diatoms of some springs in teh vicinity of Łódź (Central Poland), *Zootaxa*, 4138, 1, 118-126.
- Maksymiuk Z., Mela S., 1995, Źródła Polski środkowej, *Acta Univ. Lodz, Folia Geogr.* 20, Wyd. UŁ, Łódź, 109-119.
- Maksymiuk Z., Moniewski P., 2000, Hydrologiczna i krajobrazowa rola źródeł małej zlewni w zachodniej części strefy krawędziowej Wzniesień Łódzkich, *Acta Universitatis Lodzensis, Folia Geographica Physica* 5, Wyd. UŁ, Łódź, 67-81.
- Małecka D, 1989, Wpływ opadów atmosferycznych na kształtowanie chemizmu wód w obrębie masywu tatrzańskiego, *Przegląd Geologiczny*, 37, 10, 504-510.
- Małecki J.J., Szostakiewicz M., 2007, Główne czynniki kształtujące chemizm wód potoku Suchego – flisz Podhala [w:] Ziułkiewicz M., (red.) *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*, tom V. Wydawnictwo UŁ, Łódź, 341-348.
- Mather J., 1997, Relationship between rock, soil and groundwater compositions, [w:] O.M. Seather, P. de Ceritat, *Geochemical Processes, Weathering and Groundwater Recharge in Catchments*, A.A.Balkema, Rotterdam, 305-328.
- Mazurek M., 2010, Hydrogeomorfologia obszarów źródłiskowych (dorzecze Parsęty, Polska NW), Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań
- McClymont A.F., Roy J.W., Hayashi M., Bentley L.R., Maurer H., Langston G., 2011, Investigating groundwater flow paths within proglacial moraine usin multiple geophysical methods, *Journal of Hydrology*, 399, 57-69.
- Memon B.A., 1995, Quantitative analysis of springs, *Environmental Geology*, 26, 111-120
- Mickiewicz A., 2013, Hydrogeologiczna charakterystyka źródeł w zlewni rzeki Pławnej (Ziemia Kłodzka), *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 455, 143-152.
- Modelska M., Buczyński S., 2007, Zastosowanie analizy czynnikowej w badaniach hydrochemicznych wybranych zlewni sudeckich, *Przegląd Geologiczny*, 55, 4, 319-323
- Moniewski P., 2004, Źródła regionu łódzkiego, *Acta Geographica Lodzensis* 87, ŁTN, Łódź
- Petera J., 1996, Przykłady struktur glacytektonicznych w Celestynowie koło Łodzi, *Acta Geographica Lodziensia*, 72, ŁTN, Łódź, 105-151.

- Pius B., Kruszewska P., Glazik R., 2016, Występowanie wyływów wód podziemnych na obszarze Welskiego Parku Krajobrazowego, *Studia Limnologica et Telmatologica*, 10, 1, 13-21.
- Roy J.W., Hayashi M., 2009, Multiple, distinct groundwater flow systems of a single moraine-talus feature in an alpine watershed, *Journal of Hydrology*, 373, 139-150.
- Rdzany Z., 2009, Rekonstrukcja przebiegu zlodowacenia warty w regionie łódzkim, Wyd. UŁ, Łódź.
- Staśko S., Wojtkowiak A., 2004, Występowanie i jakość wód podziemnych w skałach krystalicznych Sudetów na podstawie badań ujęć, *Przegląd Geologiczny*, 52, 69–75.
- Szostakiewicz-Hołownia M., 2012, Chemizm wód źródłanych zlewni Potoku Macelowego w Pieninach, *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, 12, 33–41
- Szumińska D., Fabianowska K., 2013, Uwarunkowania występowania i dynamika wyływów wód podziemnych w obszarach sandrowych na przykładzie środkowej części zlewni Wdy, *Journal of Health Sciences*, 3, 15, 88-105.
- Tomalski P., Tomaszewski E., 2007, Alimentacja wód źródłanych i ich rola w strukturze odpływu małej zlewni nizinnej [w:] P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz (red.) *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Wydawnictwo UŁ, Łódź, 142-152.
- Toth J., 1999, Groundwater as a geologic agent. An overview of the causes, processes, and manifestations, *Hydrogeology Journal*, 7, 1, 1-14.
- Turek S., 1971: *Poradnik hydrogeologa*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
- Turkowska K., 2006: *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Twardy J., 1995. Dynamika denudacji holoceniowej w strefie krawędziowej Wyżyny Łódzkiej. *Acta Geographica Lodziensia*, 69, ŁTN Łódź
- Uliana M.M. i Sharp J.M. Jr., 2001, Tracing regional flow paths to major springs in Trans-Pecos Texas using geochemical data and geochemical models, *Chemical Geology*, 179, 53-72.
- Wawrzyniak W., 2007, Próba wydzielenia podtypów wyływów wód podziemnych na klifi bałtyckim w Wolińskim Parku Narodowym [w:] P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz (red.) *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Wydawnictwo UŁ, Łódź, 135-141.
- White W.B., 2010, Springwater geochemistry, [w:] N. Kresic, Z. Stevanovic, *Groundwater Hydrogeology of Springs. Engineering, Theory, Management, and Sustainability*, Butterworth-Heinemann, Burlington, 231-268.
- Woźniak E., 1989, Wyniki badań gruntów dla potrzeb Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50000 ark. Brzeziny, [mat. niepubl.] Centralne Archiwum Geologiczne, Warszawa
- Ziułkiewicz M., 2000, Jakość czwartorzędowych wód źródłanych w środkowej Polsce i jej antropogeniczne zagrożenie na przykładzie doliny Mrogi [w:] Burchard J. (red.), *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*. Wydawnictwo UŁ, Łódź, 313-326.
- Ziułkiewicz M., 2001, Azotany w wodach źródłanych parku krajobrazowego Wzniesień Łódzkich. *Przyroda Polski Środkowej*, 4, 16-18.
- Ziułkiewicz M., 2005, Przyczyny zmienności chemizmu źródeł strefy krawędziowej Wzniesień Łódzkich. [w:] *Współczesne Problemy Hydrogeologii*. Tom XII. Wyd. UMK. Toruń, 743-747.
- Ziułkiewicz M., Burchard J., Hereźniak-Radecka U., 2006, Hydrochemiczna charakterystyka wód źródłanych zlewni Dzierżącej [w:] Burchard J., Ziułkiewicz M. (red.), *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*, tom IV, *Stan jakości wód zlewni Dzierżącej*. Wydawnictwo UŁ, Łódź, 85-100.
- Ziułkiewicz M., Fortuniak A., 2016, Hydrochemical zoning of valley peatlands as a result of water supply conditions: examples from Poland, *Geology, Geophysics&Environment*, 42, 1, 39-53,

- Ziułkiewicz M., Żelazna-Wieczorek J., 2007, Wpływ warunków hydrogeologicznych na florę okrzemkową źródeł w strefie krawędziowej Wzniesień Łódzkich, [w:] Maciej Ziułkiewicz (red.) Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce, tom V, Wyd. UŁ, Łódź, 295-313.
- Ziułkiewicz M., Żelazna-Wieczorek J., Dobrzyński D., Size structure of diatoms in freshwater springs as the effect of Si/Al-bearing mineral solubility [w przygotowaniu].
- Żelazna-Wieczorek J., 2011, Diatom flora in springs of Łódź Hills (Central Poland). Diatom Monographs, 13, A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Żelazna-Wieczorek J., Ziułkiewicz M., 2007, Okrzemki bentosowe źródła Dobieszków na tle warunków siedliskowych. [w:] P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz (red.) Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne. Wydawnictwo UŁ, Łódź, 265-279.
- Żelazna-Wieczorek J., Ziułkiewicz M., 2008, Hildenbrandia Rivularis (Rhodophyta) in Central Poland. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 77/1, 41-47.
- Żelazny M., 2012, Czasowo-przestrzenna zmienność cech fizykochemicznych wód Tatrzańskiego Parku Narodowego, Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz. UJ, Kraków.
- Żelazny M., Wolanin A., Płaczkowska E., 2013, Hypsometric Factors for Differences in Chemical Composition of Tatra National Park Spring Waters, Pol. J. Environ. Stud., 22, 1, 289-299

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

a) osiągnięcia naukowo-badawcze

Badania hydrochemiczne źródeł, których podsumowanie stanowi omówione wyżej dzieło, miały również swój wymiar ekologiczny. Właściwości fizykochemiczne i skład chemiczny wód źródłanych określały warunki panujące w biotopie, w którym rozwijały się organizmy, współtworzące ekosystem źródłiskowy. Nim jednak zainteresowałem się obiektami krenologicznymi, wychodząc z tematyki swojej pracy magisterskiej⁴, prowadziłem prace z zakresu podatności wód gruntowych na zanieczyszczenia i identyfikacji ich stanu czystości na obszarach prawnie chronionych. W ramach pracy dyplomowej, wieńczącej studia podyplomowe⁵, w roku 1993 przygotowałem opracowanie (niepublikowane) pt.: „*Mapa zagrożenia jakości wód podziemnych na obszarze Parku Krajobrazowego Międzyrzecza Warty i Widawki*”. Temat ten kontynuowałem w pierwszym roku pracy na stanowisku asystenta w Pracowni Kształtowania i Ochrony Środowiska UŁ. Stwierdziwszy jednak, że bazowanie na jedynych dostępnych mi ówczesnie punktach badawczych, jakimi były studnie gospodarskie, nie pozwala uzyskać wiarygodnych wyników, zwróciłem swoją uwagę na obiekty pod tym względem dużo bardziej przydatne, tj. źródła. Ich występowanie na badanym terenie było bardzo ograniczone, stąd też

⁴ *Dynamika zwierciadła pierwszego poziomu wód podziemnych w dorzeczu Narwi po ujście Bugu*, promotorem był dr hab. Zygmunt Maksymiuk; rok 1991.

⁵ Studia na kierunku Kształtowanie i Ochrona Środowiska Przyrodniczego na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi UŁ.

uwagę przenieśliśmy na tereny, gdzie źródeł było bardzo dużo i właśnie ustanowiono nowy park krajobrazowy: Wzniesień Łódzkich⁶. Jednym z elementów podlegających ochronie stały się w nim źródła, czego świadectwem jest rezerwat Struga Dobieszkowska. Tam właśnie wykonałem pierwsze hydrochemiczne prace krenologiczne, obejmując badaniami również źródła położone poza rezerwatem, w całej *de facto* dolinie Strugi Dobieszkowskiej. Badania ukazały wpływ zagospodarowania zlewni źródeł na ich obraz hydrochemiczny (Hereźniak-Ciotowa i Ziułkiewicz 1997). Kolejnym obiektem badań z zakresu hydrochemii źródeł dolinnych była, znajdująca się poza Parkiem, dolina górnej Mrogi (Ziułkiewicz 2000), a następnie źródła w całym PKWŁ (Ziułkiewicz 2001). Bagaż zgromadzonych w toku tych kilkuletnich badań doświadczeń stał się podstawą do zaangażowania się w prace ekologiczne⁷ nad udokumentowaniem zakresu abiotycznych warunków bytowania okrzemek bentosowych w niszach źródłiskowych. W trakcie działań poszukiwano i sukcesywnie rozpoznawano czynniki determinujące skład ilościowy i jakościowy zbiorowisk okrzemek. Ich wyniki były prezentowane, poza cytowanymi już publikacjami, na 4 konferencjach międzynarodowych⁸ i 4 krajowych⁹. Podczas tych prac udało się również odkryć, w źródle Ciosny, pierwsze stanowisko krasnorostu *Hildenbrandia rivularis* w środkowej Polsce (Żelazna-Wieczorek i Ziułkiewicz 2008). Inną pracą z zakresu tego profilu badawczego jest typologia siedlisk źródłiskowych regionu łódzkiego pod kątem oddziaływania ekologicznego o charakterze dysoperacyjnym między okrzemkami a chruścikami, w której wykazano rolę czynników abiotycznych (Kwiatkowska i in. 2016). W chwili obecnej przygotowana do druku jest pionierska praca na temat krzemionki i glinu, zawartych w wodach źródłanych, jako czynników wpływających na wykształcenie okryw okrzemek bentosowych pod względem ich wielkości (powierzchni) i grubości (Ziułkiewicz, Żelazna-Wieczorek i Dobrzyński w przygotowaniu). Wyniki tych analiz zostały już zaprezentowane w referacie na międzynarodowej konferencji IGU Kraków 2014.

Korzystając z doświadczeń pozyskanych przy realizacji pracy doktorskiej w opróbowaniu wód podziemnych strefy aeracji, podjąłem współpracę z Zespołem realizującym badania torfowiska Żabieniec (Twardy i in. 2010). Celem moich prac było udokumentowanie panujących tam warunków hydrochemicznych dla ewentualnej identyfikacji dróg zasilania tego obiektu, położonego w strefie wododziałowej, pomiędzy dolinami Mrogi i Mrozyca. Wykazałem, że zasadniczą i stałą rolę alimentacyjną pełnią w torfowisku wody roztopowe, a nie jak sądzono

⁶ Powołano go w roku 1994.

⁷ Finansowane w ramach grantu KBN nr 3P04G05723.

⁸ w latach 2005 – 2007, trzy z cyklu International Phycological Conference: 2005, 2006, 2007 i jedna z cyklu Symposium for European Freshwater Sciences.

⁹ w latach 2003 – 2008, cztery referaty.

wcześniej wody gruntowe z dość ograniczonej obszarowo jego zlewni topograficznej. Wyniki prac zostały zawarte w pracach: Walisch i Ziułkiewicz (2010), Ziułkiewicz (2010) oraz w artykule Ziułkiewicz i Walisch (2010), a także były prezentowane na XV Ogólnopolskiej Konferencji pt. *„Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych”*, Łódź 2008. Ten właśnie profil badawczy znalazł swoją kontynuację przy realizacji grantu badawczego nr N 306 276735, w którym byłem jednym z wykonawców. Przedmiotem zainteresowania były tym razem torfowiska dolinne, osadzone w starorzeczach, stosunkowo słabo zmienione przez Człowieka i objęte prawną ochroną. Udokumentowałem ich strukturę alimentacyjną, poprzez rozpoznanie wgłębnego zróżnicowania hydrochemicznego w obrębie osadów organicznych i zaproponowałem metodę jej identyfikacji, opartą na wskaźnikach hydrochemicznych (Ziułkiewicz, Fortuniak 2016). Wyniki tych prac były konsultowane z doc. dr hab. Zygmuntem Miatkowskim z Wielkopolsko-Kujawskiego Ośrodka Badawczego IMUZ w Bydgoszczy, na dedykowanym seminarium w Katedrze Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW (2014) oraz były prezentowane na warsztatach naukowych *„Torfowiska w krajobrazie przekształconym”*, Wawrzkowizna k/Bełchatowa, czerwiec 2011 i na ogólnopolskiej konferencji naukowej *Funkcjonowanie geoekosystemów zlewni rzecznych VI „Wpływ antropopresji na funkcjonowanie zlewni i dolin rzecznych”*, Storkowo, kwiecień 2013 r. Badania hydrochemiczne torfowisk miały również swój wątek „okrzemkowy”. Doprowadziły one do wykazania zróżnicowanie troficznego torfowisk dolinnych (górna część oligotroficzna, dolna eutroficzna), co znalazło potwierdzenie w charakterze występujących tam zbiorowisk okrzemek (Ziułkiewicz i Żelazna-Wieczorek 2012). Obecnie temat hydrochemicznego zróżnicowania torfowisk jest kontynuowany w ramach interdyscyplinarnych badań ekologicznych 30 torfowisk, położonych w bliższym (w zasięgu leja depresyjnego) i dalszym (poza nim) sąsiedztwie KWB Bełchatów. Prace rozpoczęto wiosną 2014 r., trwają nadal i obecnie przygotowywana jest publikacja podsumowująca 3-letnie badania i obserwacje (Kopeć, Forsyjak, Staniaszek-Kik, Ziułkiewicz w przygotowaniu). Dotyczą one zmian w zespołach roślin naczyniowych wywołanych zdepresjonowaniem wód podziemnych. Moim zadaniem jest obserwacja, czy tym zmianom towarzyszą przeobrażenia hydrochemiczne i czy zaproponowana we wcześniejszym artykule (Ziułkiewicz i Fortuniak 2016) metoda oparta na wskaźnikach hydrochemicznych zachowuje przydatność do identyfikacji warunków zasilania (ich zmian).

Problematyka badawcza, która łączy torfowiska ze źródłami zrealizowała się wraz z odkryciem w roku 2011 źródłiskowych kopuł torfowo-martwicowych w okolicach wsi Wardzyn, gm. Brójce, pow. łódzki-wschodni. Wyniki przeprowadzonych badań hydrologicznych i hydrochemicznych

oraz wstępna próba rekonstrukcji warunków paleośrodowiskowych, w jakich świeżo odkryte kopuły się wykształciły, zostały opublikowane rok później (Ziułkiewicz i in., 2012). Okazało się, że kopuły wardzyńskie są jedynymi tego typu formami akumulacyjnymi w centralnej Polsce. Dalsze, pogłębione badania nad genezą tej przyrodniczej osobliwości¹⁰, prowadzone były już przez powiększone grono specjalistów, czego plonem są dwie prace, które zostały przyjęte do druku i ukażą się w roku bieżącym (Dobrowolski i in. 2017, Gruszczyński i in. 2017). Moim wkładem w ten dorobek jest koncepcja zmian warunków krążenia wód podziemnych w subboreale, kiedy kopuły zaczęły się kształtować. Wg niej, wytrącenia węglanów były efektem podpiływu wód podziemnych z utworów węglanowych górnej kredy, które zdominowały wody z utworów kenozoicznych w mieszaninie wód alimentującej źródła. Weryfikacją tej hipotezy będzie praca oparta m.in. na wynikach przeprowadzonych już badań izotopowych wód źródłanych, gruntowych i wgłębnych w rejonie Wardzyna. Ich zasadniczym celem było określenie genezy i wieku tych wód oraz identyfikacja pochodzenia węglanów. Materiał ten powstaje we współpracy z prof. J.J. Małeckim, dr. T. Gruszczyńskim z Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW oraz dr. A. Porowskim z Instytutu Nauk Geologicznych PAN. W szerszej perspektywie przeprowadzone dociekania mają przyczynić się do autorskiej analizy, tj. wydzielenia przedziału czasu *optimum krenologicznego* w regionie łódzkim i dokonania jego charakterystyki paleośrodowiskowej. Na podstawie wyników zawartych w pracy Gruszczyńskiego i in. (2017) wiadomo, że badane wypływy wód podziemnych funkcjonowały już 4600 BP i trwa to do dzisiaj. Największym ciekim odwadniającym park krajobrazowy Wzniesień Łódzkich jest Moszczenica, efektywnie zasilana ze źródeł funkcjonujących w jej i jej dopływów dolinach. We współpracy z Urzędem Miasta i Gminy w Strykowie, w latach 2009-2010, przeprowadzono badania jakości górnego odcinka tej rzeki, pozbawionego działań kontrolnych WIOŚ w Łodzi. Moszczenica zasilą swoimi wodami retencyjny zbiornik rekreacyjny w Strykowie. Ze względu na zły stan jego wód, władze lokalne podjęły wysiłek ustalenia stanu rzeczy, który miał zostać zidentyfikowany na podstawie gradientów zmian wskaźników jakości wód rzecznych określonych na podstawie gęstej sieci punktów pomiarowo-kontrolnych, zlokalizowanych na biegu Moszczenicy i jej dopływów. Wyniki badań¹¹ wykazały istnienie wyraźnych stref dopływu zanieczyszczeń, które ograniczają możliwości rekreacji i pogarszają warunki bytowania ryb. Przyczyną ich istnienia jest postępujący proces urbanizacji wsi z poważnymi niedomaganiem w sferze infrastrukturalnej,

¹⁰ w skali regionu łódzkiego, osobliwość ta wyraża się całkowitym brakiem innych tego typu form w obrębie pozostałych, znanych ok. 160 wypływów wód podziemnych.

¹¹ są dostępne pod adresem <http://docplayer.pl/13305099-Interpretacja-oceny-jakosci-wod-powierzchniowych-zasilajacych-zbiornik-retencyjny-na-rzece-moszczenicy-w-strykowie.html>

prowadzący do degradacji stanu środowiska wodnego na obszarach objętych prawną ochroną (Ziułkiewicz 2012). Wnioski płynące z moich badań stały się jedną z przyczyn podjęcia przez władze Miasta i Gminy Stryków działań inwestycyjnych dla poprawy jakości wód w zbiorniku – bagrowania osadów dennych, regulacja i umocnienie jego brzegów. Kontynuacją tego „rzecznego” i jednocześnie utylitarne profilu badawczego są prace realizowane na łódzkiej rzece Olechówce. Są one prowadzone w ramach mojej aktywności dydaktycznej¹² i we współpracy z Wydziałem Ochrony Środowiska i Rolnictwa oraz Wydziałem Gospodarki Komunalnej Urzędu Miasta Łodzi¹³. Badania prowadzone ze studentami dokumentują stan jakości tej rzeki, włączonej do miejskiego systemu kanalizacji burzowej, a jednocześnie zasilającej zbiorniki rekreacyjne. Poza pozyskaniem informacji o aktualnym stanie jakości wód, dużą uwagę przykładają się do testowania różnych scenariuszy opróbowania cieku, cechującego się bardzo dużą zmiennością stanów wód, przepływów i parametrów jakości wód. Wykonano dotychczas zdjęcie hydrochemiczne wezbrania opadowego oraz udokumentowano zmiany jakości wód w czasie ich przepływu korytem od źródeł do ujścia. Wyniki tych prac są prezentowane na konferencjach naukowych¹⁴ i w publikacjach, które przygotowuję we współpracy ze studentami (Ziułkiewicz i in. 2016, Bagrowicz i in. 2017).

Kierunkiem autorskich badań, który nie znalazł jak dotąd kontynuacji, jest analiza nadzwyczajnych zagrożeń środowiska na terenie województwa łódzkiego, którą realizowałem, w ramach interdyscyplinarnego grantu zamawianego KBN nr K091/P04/2004/11, kierowanego przez prof. dr hab. J. Janię. Celem moich prac była analiza przestrzenna skali zagrożenia środowiska wodnego następstwami zdarzeń miejscowych, związanych z infrastrukturą transportową. Z analizy, którą przeprowadziłem dla lat 1999-2004, wynika, że najbardziej zagrożona jest dolina Warty. Dominuje ona nad doliną Pilicy dwukrotnie pod względem ilości zdarzeń i sześciokrotnie pod względem masy zużytych sorbentów. W obu dolinach bezwzględnie dominowały zdarzenia związane z komunikacją drogową. Wyniki tych prac były prezentowane na dwóch konferencjach, jednej międzynarodowej i jednej krajowej oraz w publikacji naukowej (Ziułkiewicz 2007).

¹² w ramach ćwiczeń z przedmiotu „Metody badań hydrochemicznych” ze studentami stacjonarnych studiów licencjackich na kierunku Geomonitoring na Wydziale Nauk Geograficznych UŁ.

¹³ W lutym bieżącego roku został podpisany list intencyjny pomiędzy Panią Prezydent Miasta Łodzi Hanną Zdanowską i JM Rektorem UŁ prof. dr hab. Antonim Różalskim ws. współpracy w badaniach jakości rzek w Łodzi, którego koordynatorem został niżej podpisany: <http://biuletyn.uni.lodz.pl/archiwa/7936>

¹⁴ Wyniki badań z roku 2015 były referowane na konferencji „Hydrologia zlewni zurbanizowanych”, SGGW, Warszawa, wrzesień 2016 r. Wyniki badań z roku 2016 będą referowane przez moich studentów na IX Konferencji „Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska EKO-DOK 2017”, Wałbrzych, kwiecień 2017 r.

Profillem badawczym, do którego wracam po wielu latach, jest hydrogeochemia tzw. *małej niecki łódzkiej*. Stało się to poniekąd w następstwie publikacji Rodzocha i Pazio-Urbanowicz (2015) oraz Rodzocha i Karwackiej (2015), w których częściowo kwestionuje się wnioski wypracowane w moim doktoracie (Ziułkiewicz 2003) a dotyczące genezy mineralizacji i wieku wód z utworów kredowych. Aktualnie przygotowuję materiał, będący próbą odpowiedzi na postawione zarzuty. Powstaje on we współpracy z Zespołem z Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW (prof. J.J. Małecki, dr D. Porowska) i Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Łodzi (mgr inż. Ewa Styrkowiec) i już został zakwalifikowany do prezentacji w formie referatu na tegorocznym, XVIII Sympozjum Współczesne Problemy Hydrogeologii, Wrocław-Wojanów, listopad 2017.

Uzupełnienie prac z zakresu hydrogeochemii głębszych struktur skalnych regionu łódzkiego stanowi opieka naukowa nad badaniami mojego magistranta, Michała Góreckiego, na poczet przygotowanej przez niego pracy doktorskiej. Problemem badawczym jest przenikanie zasolonych geogenicznie wód podziemnych, krążących w nadkładzie diapiru solnego Rogoźno, do koryta przepływającej ponad nim Moszczenicy. Praca magisterska¹⁵, stanowiąca wprowadzenie do tego problemu, została już opublikowana (Górecki i Ziułkiewicz 2016). W chwili obecnej rozpoczynamy współpracę z p. dr Joanną Nejman z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie w celu przeprowadzenia badań izotopowych i wykonania na tej podstawie rekonstrukcji lokalnych warunków krążenia wód podziemnych.

b) podsumowanie mojej aktywności naukowej

1. artykuły naukowe: 15, w tym 4(2) w czasopismach z listy A
2. monografie: 2
3. rozdziały w monografiach: 19
4. referaty na konferencjach naukowych: 19, w tym 5 na konferencjach międzynarodowych
5. postery na konferencjach naukowych: 16, w tym 3 na konferencjach międzynarodowych
6. udział w grantach naukowych: 4, w tym 1 na stanowisku kierownika projektu
7. recenzje: 4 manuskrypty czasopism krajowych

c) literatura cytowana w 5 punkcie autoreferatu:

¹⁵ Praca została nagrodzona w II edycji konkursu *Ekologiczny magister*, organizowanej przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Łodzi, I nagrodą:

http://www.wfosigw.lodz.pl/konkursy_o_nagrode_funduszu/article,1769,1,1.html

- Bagrowicz T., Fortuniak A., Górecki M., Lewandowska M., Ziułkiewicz M., 2017, Hydrochemical transformations of river waters during the flow in the reception basin on the basis of Olechówka River in Łódź [on Web of Science in September 2017r.]
- Dobrowolski R., Ziułkiewicz M., Okupny D., Forysiak J., Bałaga K., Alexandrowicz W.P., Buczek A., Hałas S., 2017, Origin and Neoholocene evolution of spring-fed fens in Wardzyń, Łódź Upland, central Poland, *Geological Quarterly*, 61, 000-000, DOI: <http://dx.doi.org/10.7306/gq.1343>.
- Górecki M., Ziułkiewicz M., 2016, The presence of geogenically saline waters in the area of salt dome Rogóżno (central Poland). *Geology, Geophysics & Environment*, 42, 3, 289-310
- Gruszczynski T., Małeki J.J., Ziułkiewicz M., 2017, Reconstruction of paleohydrogeological conditions in the late Holocene based on the study of calcareous tufa in the spring mire of the Wolbórka River drainage basin (central Poland), *Journal of Elementology*, 22, 3, 000-000, DOI: 10.5601/jelem.2016.21.4.1284.
- Hereźniak-Ciotowa U., Ziułkiewicz M., 1997 – Chemizm wód źródlanych Strugi Dobieszkowskiej (Młynówki), *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica*, 2, 169-177.
- Kopeć D., Forysiak J., Staniaszek-Kik M., Ziułkiewicz M., Reakcja fitosocjologiczna torfowisk na zmiany efektywności ich zasilania w wodę [w przygotowaniu].
- Kwiatkowska K., Żelazna-Wieczorek J., Ziułkiewicz M., Majecki J., 2016, Caddisflies (Trichoptera) and diatoms of some springs in the vicinity of Łódź (Central Poland), *Zootaxa*, 4138, 1, 118-126.
- Rodzoch A., Pazio-Urbanowicz K., 2015, Zasilanie i drenaż wód podziemnych GZWP nr 401 (Zbiornik Niecka Łódzka) w świetle badań modelowych, *Przegląd Geologiczny*, 63, 10/2, 1037-1041.
- Rodzoch A., Karwacka K., 2015, Inwersja hydrochemiczna i wiekowa wód podziemnych na obszarze GZWP nr 401 (Zbiornik Niecka Łódzka), *Przegląd Geologiczny*, 63, 10/2, 1033-1036.
- Twardy J., Żurek S., Forysiak J., 2010, Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach, *Bogucki Wyd. Nauk., Poznań*
- Walisch M., Ziułkiewicz M., 2010, Warunki hydrogeologiczne torfowiska Żabieniec [w:] Twardy J., Żurek S., Forysiak J. (red.) *Torfowisko Żabieniec - warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. *Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań*: 43-48.
- Ziułkiewicz M., 2000, Jakość czwartorzędowych wód źródlanych w środkowej Polsce i jej antropogeniczne zagrożenie na przykładzie doliny Mrogi [w:] Burchard J. (red.), *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*. *Wydawnictwo UŁ, Łódź*, 313-326.
- Ziułkiewicz M., 2001, Azotany w wodach źródlanych parku krajobrazowego Wzniesień Łódzkich. *Przyroda Polski Środkowej*, 4, 16-18.
- Ziułkiewicz M., 2003 – Pionowa strefowość hydrochemiczna wód podziemnych na obszarze aglomeracji łódzkiej. *Acta Geographica Lodzianis*, 85, ŁTN Łódź.
- Ziułkiewicz M., 2007, Nadzwyczajne zdarzenia w infrastrukturze transportu drogowego województwa łódzkiego. *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica* 8, 151-163.
- Ziułkiewicz M., 2010, Zmienność hydrochemiczna torfowiska Żabieniec [w:] Twardy J., Żurek S., Forysiak J. (red.) *Torfowisko Żabieniec - warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. *Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań*: 55-62.
- Ziułkiewicz M., 2012, Jakość wód powierzchniowych w strefie podmiejskiej Łodzi na przykładzie Moszczenicy, *Gospodarka Wodna*, 12(768), 511-518.
- Ziułkiewicz M., Fortuniak A., 2016, Hydrochemical zoning of valley peatlands as a result of water supply conditions: examples from Poland, *Geology, Geophysics&Environment*, 42, 1, 39-53.
- Ziułkiewicz M., Fortuniak A., Górecki M., Grzędzińska S., Małeczka B., Waack-Zajac A., 2016, Zdjęcie hydrochemiczne rzeki miejskiej na przykładzie Olechówki (Łódź). *Monografie Komitetu Gospodarki*

- Wodnej PAN, 39, Hydrologia zlewni zurbanizowanych (red. Hejduk L., Kaznowska E.), Warszawa: 279-291.
- Ziułkiewicz M., Okupny D., Forysiak J., Fortuniak A., 2012, Warunki funkcjonowania kopuł źródłiskowych w południowej części Wzniesień Łódzkich. *Czasopismo Geograficzne*, 83, 3-4, 175-196.
- Ziułkiewicz M., Walisch M., 2010, Zróżnicowanie hydrochemiczne wód torfowiska retencyjno-ewaporacyjnego na tle bilansu wodnego. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska*, 69, 2, Hydrologia w ochronie i kształtowaniu Środowiska (red. Magnuszewski A.), Warszawa: 253-266.
- Ziułkiewicz M., Żelazna-Wieczorek J., 2012, Current ecological status of selected transitional peatbogs in Central Poland in relation to hydrochemical conditions [w:] Forysiak J., Kucharski L., Ziułkiewicz M. (red.) *Peatlands in semi-natural landscape – their transformation and the possibility of protection*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 59-72.
- Ziułkiewicz M., Żelazna-Wieczorek J., Dobrzyński D., Size structure of diatoms in freshwater springs as the effect of Si/Al-bearing mineral solubility [w przygotowaniu].
- Żelazna-Wieczorek J., Ziułkiewicz M., 2008, *Hildenbrandia Rivularis* (Rhodophyta) in Central Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 77/1, 41-47.

Mariusz Ziułkiewicz