

Załącznik nr 3

Autoreferat w języku polskim przedstawiający wskazane osiągnięcie oraz podsumowanie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

1. Imię i nazwisko: Janusz Siwek

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

- doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii uzyskany w 2002 r. na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, na podstawie pracy pt. *Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania chemizmu wód źródłanych w zlewniach Szreniawy, Dłubni i Prądnika*, praca pod kierunkiem prof. dr hab. Wojciecha Chełmickiego.
- magister geografii uzyskany w 1998 roku na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego na podstawie pracy pt. *Zmienność koncentracji materiału rozpuszczonego i zawieszzonego w czasie wezbrań w zlewni Dworskiego Potoku (Łązy koło Bochni)*, praca pod kierunkiem dr hab. Wojciecha Chełmickiego.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

od 1.09.2004 do chwili obecnej, adiunkt w Instytucie Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński
od 1.02.2003 do 31.08.2004 , asystent w Instytucie Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński,

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 Ustawy z dnia 14 marca o stopniach naukowych i tytule naukowym (dz. u. nr 65, poz. 595 ze zm.)

A) Tytuł osiągnięcia naukowego:

Lokalne i regionalne uwarunkowania występowania źródeł oraz właściwości fizyczno-chemiczne ich wód na obszarach górskich i wyżynnych

B) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

W ramach osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego znajdują się: 2 artykuły opublikowane w języku angielskim w czasopismach z części A wykazu MNiSW, 1 rozdział w wydawnictwie seryjnym Springera w języku angielskim, 5 rozdziałów w trzech recenzowanych monografiach w języku polskim, wśród nich 3 rozdziały pochodzą z jednej monografii tematycznej pod moją współredakcją. W przypadku 5 opracowań jestem jedynym autorem, 2 – jednym z dwóch autorów (w obu przypadkach pierwszym), natomiast 2 pozostałe artykuły są autorstwa od 4 do 10 osób. W jednym z nich jestem pierwszym autorem.

1. Mocior E., Rzonca B., **Siwek J.**, Plenzler J., Placzkowska E., Dabek N., Jaśkowiec B., Potoniec P., Roman S., Zdziebko D., 2015, *Determinants of the distribution of springs in the upper part of a flysch ridge in the Bieszczady Mountains in southeastern Poland*, Episodes, 38(1): 21-30
2. **Siwek J.**, 2007, *Baza danych o źródłach na Wyżynie Śląskiej i Małopolskiej - uwagi metodyczne*, [w:] P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziutkiewicz (red.), *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*, Wyd. Nauk Geogr. Uł, s. 78-84.
3. **Siwek J.**, 2012, *Zawartość azotanów(V) w wodach źródeł na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej*, [w:] W. Marszelewski (red.), *Gospodarowanie wodą w warunkach zmieniającego się środowiska*, Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, Toruń, t. 1: 147-157
4. **Siwek J.**, 2013a, *Chemizm wód źródlanych. Chemizm wód w 2011 r.*, [w:] J. Siwek, M. Baścik (red.), *Przyrodnicze i antropogeniczne przemiany źródeł Wyżyn Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej oraz ich rola w krajobrazie naturalnym i kulturowym*, IGiGP UJ, Kraków, s. 68-73.
5. **Siwek J.**, 2013b, *Chemizm wód źródlanych. Porównanie składu chemicznego wód w latach 1999-2000 i w 2011 r.*, [w:] J. Siwek, M. Baścik (red.), *Przyrodnicze i antropogeniczne przemiany źródeł Wyżyn Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej oraz ich rola w krajobrazie naturalnym i kulturowym*, IGiGP UJ, Kraków, s. 74-86.
6. **Siwek J.**, 2013c, *Wydajność źródeł*, [w:] J. Siwek, M. Baścik (red.), *Przyrodnicze i antropogeniczne przemiany źródeł Wyżyn Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej oraz ich rola w krajobrazie naturalnym i kulturowym*, IGiGP UJ, Kraków, s. 45-54.
7. **Siwek J.**, Pociask-Karteczka J., 2017, *Springs in South-Central Poland - changes and threats*, Episodes, 40(1): 38-46.
8. **Siwek J.**, Rzonca B., Jaśkowiec B., Plenzler J., Placzkowska E., 2013, *Natural Factors Affecting the Chemical Composition of Water in the Catchment of Wołosatka Stream (High Bieszczady Mts.)* [w:] J. Kozak et al. (eds.), *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*, Environmental Science and Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/978-3-642-12725-0_11.

C) Omówienie celu naukowego w/w prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Wstęp

Źródła należą do ważnych – choć pozornie słabo zaznaczających się w krajobrazie – obiektów wodnych, stanowiących łącznik pomiędzy podziemną a powierzchniową fazą cyklu hydrologicznego. Oprócz znaczenia przyrodniczego, źródła stanowią istotny element życia gospodarczego i społeczno-kulturowego. Służą jako miejsce zaopatrzenia w wodę, stanowią atrakcyjny element krajobrazu, są wykorzystywane w celach turystycznych i rekreacyjnych, dostarczając wrażeń estetycznych (Drzał, Dynowska 1981, 1982; Dynowska 1983; Baścik, Pociask-Karteczka 2002). Ze względu na rolę jaką pełnią w zwiększaniu bioróżnorodności w środowisku, zostały uznane za ważne obiekty przyrodnicze godne ochrony i troski, co zostało wyrażone w dokumencie przyjętym przez radę Europy w maju 2004 r. pt. „Recommendation on conservation of the geological heritage and areas of special geological interest” (Dingwall et al. 2005). Zmiany warunków obiegu wody, wywołane zarówno czynnikami naturalnymi jak i antropogenicznymi, przekładają się na funkcjonowanie źródeł oraz ich cechy, jakkolwiek ze względu na czas krążenia wody w środowisku skalnym reakcja źródeł na zmiany środowiskowe może nastąpić z pewnym opóźnieniem.

Większość opracowań w literaturze międzynarodowej poświęcona jest źródłom krasowym, o znacznej wydajności, wyjątkowych walorach krajobrazowych lub mających znaczenie gospodarcze, tj. energetyczne, komunalne (Kresic, Stevanovic red. 2010; Springer, Stevens 2009; Stevanovic, Eftimi 2010). W Polsce, gdzie wskaźnik krenologiczny należy w skali Europy do stosunkowo niskich, stopień rozpoznania krenologicznego wciąż jest uznawany za niewystarczający. Systematyczne badania prowadzące do rozpoznania warunków krenologicznych zintensyfikowano w latach 70. XX w., gdy rozpoczęte zostały trwające do dziś systematyczne prace inwentaryzacyjne m.in. na Wyżynach Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej (Dynowska 1983, Chełmicki i in. 2001, Siwek 2004), Sudetach (Buczyński i in. 2013) oraz Wyżynie Lubelskiej i Rostoczu (Michalczyk red. 1996, 2001). Badania cech źródeł prowadzone są także w obszarach młodoglacjalnych (Moniewski 1997, Fac-Beneda 2009, Mazurek i in. 2014, Szczucińska 2014). W ostatnich latach problematyka krenologiczna zaczęła być coraz szerzej podejmowana w literaturze polskiej i zagranicznej, czego wyrazem są tematyczne konferencje (w latach: 1996, 2007, 2017) poświęcone zagadnieniom funkcjonowania i ochrony źródeł (Jokiel i in. red. 2007). Wykonana została także regionalizacja krenologiczna Polski (Chełmicki i in. 2011).

Rozmieszczenie wypływów wód podziemnych jest uwarunkowane przez wiele czynników przyrodniczych odzwierciedlając lokalne i regionalne różnicowanie hydrogeologiczne danego obszaru. Szczegółowe zależności występowania źródeł od cech środowiska przyrodniczego nie są jednak wciąż dobrze poznane, zwłaszcza w terenach o fliszowym podłożu, które na ogół uznawane są za słabo predysponowane do występowania wydajnych wypływów (Corsini et al. 2009). Oprócz różnicowanej litologii podłoża, determinującej występowanie stref o lepszej lub gorszej przepuszczalności (Ozdemir 2011), ważnym czynnikiem warunkującym występowanie źródeł jest obecność stref nieciągłości tektonicznych, stopień rozczłonkowania rzeźby terenu, spadki terenu oraz obecność osuwisk (Ozdemir 2011, Alexandrowicz, Margielewski 2010).

Właściwości fizyczno-chemiczne wód źródłanych są świadectwem procesów zachodzących w podłożu. Na skład chemiczny wód źródłanych ma wpływ szereg czynników związanych przede wszystkim z litologią warstwy wodonośnej i warunkami krążenia wód podziemnych, jak również z warunkami zasilania zbiornika

oraz szerokim spektrum potencjalnych oddziaływań antropogenicznych. Źródła zasilane wodami krążącymi w skrasowiątym ośrodku węglanowym odznaczają się zwykle niewielką mineralizacją i prostym wodorowęglanowo-wapniowym typem hydrochemicznym (Pulina 1992). Złożone typy hydrochemiczne często są świadectwem antropogenicznych przeobrażeń składu chemicznego wód (Rózkowski 1996, 2006). Jony azotanowe(V) są obecnie na świecie jednym z najczęściej badanych wskaźników degradacji jakości wód podziemnych. Na problem zanieczyszczenia wód podziemnych azotanami wskazują także badania prowadzone na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (Krawczyk i in. 1990; Krawczyk i in. 1991, 1992; Rózkowski 1996, 2006; Wojkowski 1996; Goc i in. 2000; Siwek 2001, 2004, 2012; Siwek, Chełmicki 2004; Żurek i in. 2010). Stężenia azotanów(V) w niektórych źródłach mogą być znacząco wyższe niż średnie w obrębie całego zbiornika wód podziemnych. Zjawisko to zaznacza się szczególnie na obszarach wiejskich i ma związek z przenikaniem do strefy saturacji nieoczyszczonych ścieków bytowych i ścieków związanych z hodowlą. Przekształcenia składu chemicznego wód podziemnych mogą dokonywać się nawet w obrębie niszy źródłiskowej, w strefie przejściowej kontaktu wód powierzchniowych i podziemnych (Jekatierynczuk-Rudczyk 2010; Mazurek i in. 2014).

Celem badań, zaprezentowanych jako osiągnięcie naukowe, była identyfikacja lokalnych i regionalnych uwarunkowań występowania źródeł oraz czynników decydujących o zróżnicowaniu cech fizyczno-chemicznych ich wód na obszarach górskich i wyżynnych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu antropopresji. Przeprowadzone badania zmierzały także do wskazania głównych współczesnych zagrożeń źródeł. Ponieważ ocena zagrożeń wiąże się bezpośrednio z problematyką ich ochrony oraz zagadnieniem edukacji przyrodniczej stąd do celów niniejszej pracy włączono także problematykę propagowania informacji o źródłach. W swoich pracach dotyczących źródeł stawiałem następująco szczegółowe pytania badawcze:

1. Jakie czynniki wpływają na rozmieszczenie przestrzenne źródeł na obszarach górskich w różnych skalach przestrzennych?
2. Jakie czynniki naturalne decydują o zróżnicowaniu cech fizycznych i chemicznych wód źródłanych w różnych skalach przestrzennych?
3. W jaki sposób oddziaływania antropogeniczne wpływają na cechy fizyczne i chemiczne wód źródłanych?
4. Jakie są współczesne zagrożenia źródeł?
5. W jaki sposób zorganizować bazę danych udostępniającą informację o źródłach tak aby mogła służyć ich ochronie?

Badania, na podstawie których oparto przedstawione osiągnięcie, prowadzone były w Karpatach fliszowych (Bieszczady Wysokie) oraz na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej (głównie na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej i Wyżynie Wieluńskiej) i zachodniej części Wyżyny Małopolskiej (głównie na Wyżynie Miechowskiej i Progu Lelowskim). Badania prowadzone na Wyżynach znacznie rozszerzają problematykę i zakres przestrzenny badań prowadzonych w ramach mojej pracy doktorskiej i są kontynuacją prac zainicjowanych w ośrodku krakowskim przez prof. I. Dynowską i kontynuowanych przez prof. W. Chełmickiego. Badania prowadzone w Bieszczadach są efektem projektu naukowo-dydaktycznego, zainicjowanego wspólnie z dr hab. Bartłomiejem Rzoncą (IGiGP UJ), polegającego na organizacji obozów naukowych dla studentów i doktorantów. Pełniąc pełen nadzór naukowy nad prowadzonymi badaniami staramy się zachęcać i angażować studentów zarówno do prac terenowych jak i prac nad przygotowaniem publikacji.

Wyniki i dyskusja

Czynniki decydujące o przestrzennym rozmieszczeniu źródeł na obszarach górskich

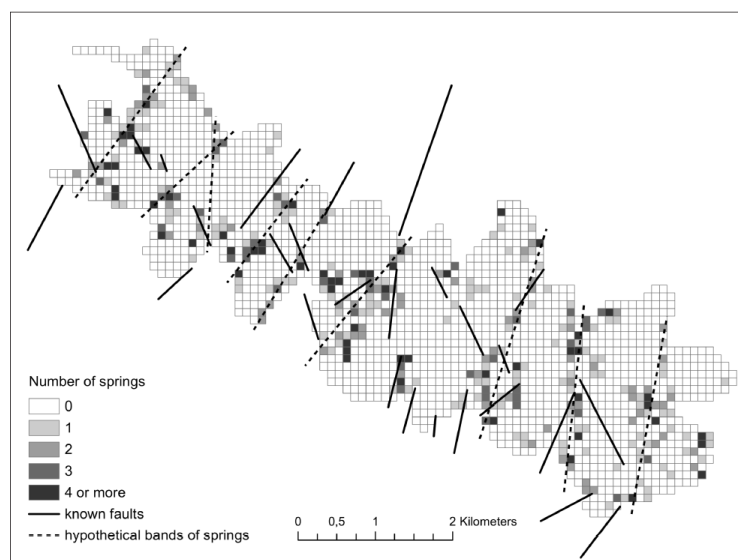
(problematyka przedstawiona w publikacji Mocior i in. 2015 [1]¹)

Prowadzone przeze mnie oraz zespół badania w Bieszczadach Wysokich dotyczyły m.in. prawidłowości rozmieszczenia źródeł. Badania przeprowadzone na Połoninie Wetlińskiej wskazują, że kompleksowa analiza rozmieszczenia źródeł powinna być prowadzona w różnych skalach przestrzennych. W czasie kartowania terenowego w latach 2010-2012 na Połoninie Wetlińskiej stwierdzono istnienie 879 źródeł, co odpowiada wskaźnikowi krenologicznemu ok. 48 źr/km². Jakkolwiek większość wypływów (54%) odznaczała się niewielką wydajnością (do 0,1 l/s) to liczba zbadanych obiektów daje podstawę do analizy prawidłowości ich rozmieszczenia. Uwarunkowania rozmieszczenia wypływów wód podziemnych we fliszowych masywach górskich mają charakter złożony – składa się na nie szereg czynników geologicznych i morfologicznych. W skali regionalnej czynnikiem decydującym o zróżnicowaniu wskaźnika krenologicznego okazał się dominujący kierunek upadu pakietów fliszowych. Stwierdziliśmy, że na NE stokach Połoniny o spadku terenu zwykle zgodnym z upadem warstw skalnych zagęszczenie źródeł jest znacznie mniejsze niż na stokach SW o spadku na ogół niezgodnym z upadem warstw skalnych (Mocior i in. 2015). Wyniki te nie potwierdzają wniosków Corsiniego i in. (2009), którzy na podstawie badań w Północnych Apeninach stwierdzili, że na obszarach o podłożu fliszowym występowaniu źródeł sprzyjają stoki, na których kierunek zapadania warstw skalnych jest zgodny z nachyleniem stoku, przy czym kąt upadu jest większy niż kąt nachylenia stoku. W naszych badaniach wskazaliśmy ponadto, że niższy wskaźnik krenologiczny na stokach zgodnych z upadem warstw skalnych wiąże się ze skoncentrowanym systemem drenażu wód podziemnych, dzięki systemowi spękań i szczelin, czego przejawem jest obecność wypływów o znacznej - jak na warunki fliszowe - wydajności, przekraczającej w okresie niżówkowym nawet 5 l/s. Późniejszy monitoring wybranych źródeł wykazał, że ich maksymalne wydajności mogą dochodzić nawet do 40 l/s.

Wśród czynników lokalnych decydujących o rozmieszczeniu źródeł istotną rolę odgrywają strefy nieciągłości tektonicznych. Na Połoninie Wetlińskiej stwierdzono prawidłowość występowania źródeł w układzie lineamentów o przebiegu wyraźnie nawiązującym do kierunku przebiegu głównych uskoków (Ryc. 1). Czynnikiem wpływającym na rozmieszczenie źródeł w skali lokalnej, który pośrednio również związany jest z warunkami geologicznymi, są cechy morfologiczne terenu, na co wskazuje dodatni związek korelacyjny pomiędzy liczbą źródeł a nachyleniem terenu (Mocior i in. 2015).

¹ numeracja odnosi się do spisu publikacji w pkt. 4B oraz w załączniku 4.

W tekście wyróżniono odnośniki do publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.



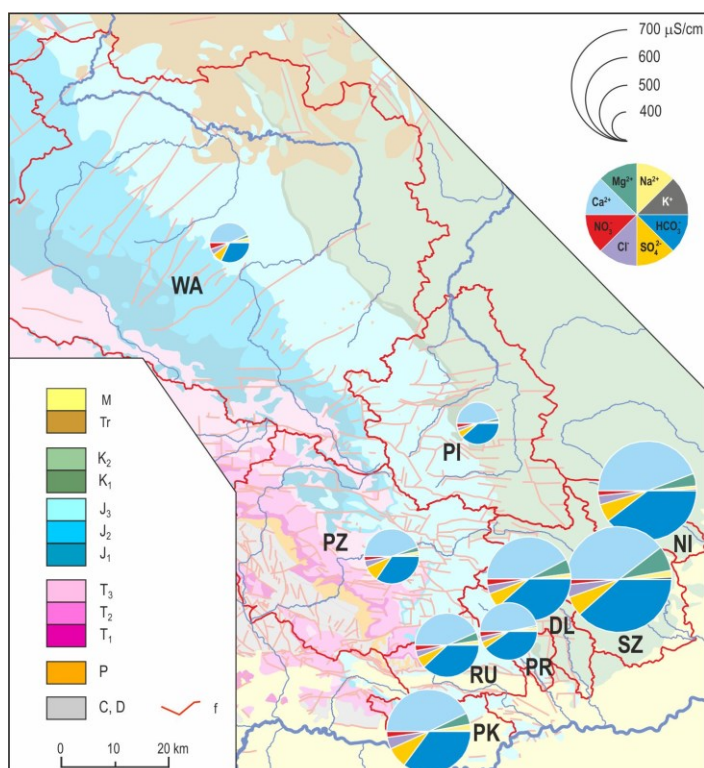
Ryc. 1. Liczba źródeł na hektar na Połoninie Wetlińskiej, powyżej 900 m n.p.m., na tle głównych stref nieciągłości tektonicznych (**Mocior i in. 2015**)

Naturalne czynniki decydując o zróżnicowaniu cech fizycznych i chemicznych wód źródłanych (problematyka przedstawiona w publikacjach Siwek 2013a [4] i Siwek i in. 2013 [8])

Kluczowym elementem środowiska decydującym o zróżnicowaniu przestrzennym składu chemicznego źródeł w skali regionalnej są warunki geochemiczne wynikające z litologii podłoża a także związane z tym warunki hydrogeologiczne decydujące o czasie migracji wód podziemnych w ośrodku wodonośnym. Stąd też, na obszarach o zróżnicowanej litologii obserwuje się zwykle dużą różnorodność cech fizyczno-chemicznych i klas hydrochemicznych wód źródłanych (np. Siwek, Chełmicki 2004, Żelazny 2012, **Siwek 2013a**, Żelazny i in. 2007).

Istotna rola czynnika litologicznego ujawniła się również w moich badaniach prowadzonych na Wyżynach Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej, gdzie główne różnice składu chemicznego wód źródłanych nawiązują przede wszystkim do zasięgu występowania wapieni jurajskich i margli kredowych (ryc. 2, **Siwek 2013a**). W trakcie badań prowadzonych w latach 1999-2000 stwierdzone na tym obszarze różnice w składzie chemicznym wód nie dotyczyły jedynie mineralizacji ogólnej wód lecz także typów hydrochemicznych, co wynikało ze znacznie większego udziału jonów magnezowych, siarczanowych i chlorkowych w wodach źródeł zasilanych ze zbiornika górnokredowego w porównaniu ze zbiornikiem górnourajskim (Siwek, Chełmicki 2004). Potwierdzenie tych wyników uzyskano w ramach badań przeprowadzonych w 2011 r (**Siwek 2013a**). Zróżnicowanie przestrzenne składu chemicznego również nawiązywało wówczas wyraźnie do warunków hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych opisywanego obszaru. Średnie stężenie Ca^{2+} w źródłach zasilanych ze zbiorników w utworach wieku kredowego (głównie margle, gezy, opoki oraz wapień) w zlewniach Nidzicy, Szreniawy i Dłubni było o ok. 26 % wyższe niż w pozostałej części opisywanego obszaru, gdzie większość źródeł zasilanych jest wodami krążącymi w utworach jurajskich (głównie wapień). Najniższym średnim stężeniem wapnia (82,1 mg/l) w wodach źródeł odznaczała się zlewnia Warty. Wśród badanych wypływów wyjątkowo niskie stężenie Ca^{2+} (37,6 mg/l) stwierdzono w wodach źródła „Centuria” w zlewni Przemszy. W odróżnieniu od większości pozostałych badanych źródeł zasilanie tego wypływu związane jest przede wszystkim z piaszczystymi utworami czwartorzędowymi. Podobny układ przestrzenny odnosił się do stężenia jonu magnezowego, z tym, że stwierdzane względne różnice stężeń były jeszcze wyraźniejsze niż

w przypadku jonu wapniowego (Siwek 2013a). Jon magnezowy był elementem, którego stężenie w czasie badań w latach 1999 i 2000 decydowało o zróżnicowaniu typów hydrochemicznych badanych wy wpływów. Większość źródeł zasilanych z utworów kredowych jak również część źródeł o złożonym zasilaniu posiadała klasę hydrochemiczną $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, podczas gdy źródła zasilane ze zbiorników jurajskiego i triasowego odznaczały się na ogół prostym typem dwujonowym $\text{HCO}_3\text{-Ca}$. Ta prawidłowość nie powtórzyła się już w 2011 r., gdy stężenie magnezu w źródłach kredowych, jakkolwiek wyraźnie wyższe niż w jurajskich, nie było na tyle duże aby wpłynąć na klasę hydrochemiczną (Siwek 2013a; Siwek, Pociask-Karteczka 2017).



Ryc. 2. Średnia przewodność elektrolityczna i skład jonowy wód źródłanych w zlewniach na Wyżynach Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej (Siwek 2013a) na tle budowy geologicznej. (DL – Dłubnia, NI – Nidzica, PI – Pilica, PK – Przrzecze Wisły (Pomost Krakowski), PR – Prądnik, PZ – Przemsza, RU – Rudawa, SZ – Szreniawa, WA – Warta).

Badania prowadzone w Bieszczadach Wysokich dotyczyły znacznie bardziej szczegółowej skali przestrzennej. Wykazały one, że nawet w obrębie zlewni o zbliżonych warunkach geologicznych zauważalne jest zróżnicowanie przestrzenne cech chemicznych wód źródłanych, które pomimo iż odznacza się mozaikowością to wskazuje na istnienie pewnych prawidłowości przestrzennych. Zróżnicowanie to nawiązuje częściowo do wysokości bezwzględnej lokalizacji źródła, która wiąże się ze zróżnicowaniem wysokości opadów atmosferycznych i temperatury powietrza a w konsekwencji także ze zróżnicowaniem pokrywy roślinnej oraz tempa mineralizacji materii organicznej w glebie. Co prawda, związek cech fizycznych i chemicznych wody nie musi wykazywać prostej zależności korelacyjnej z wysokością nad poziomem morza położenia źródła, ponieważ zróżnicowanie cech źródeł jest wypadkową oddziaływań wielu czynników. Przeprowadzona przeze mnie analiza czynnikowa, zastosowana w odniesieniu do danych hydrochemicznych uzyskanych w zlewni Wołosatki, wykazała, istnienie czynnika F2 decydującego o zróżnicowaniu cech fizyczno-chemicznych wód źródłanych związanego z wysokością nad poziomem morza. Wyjaśniał on ok. 21% wariancji

analizowanych parametrów. Czynnikiem ten kontrolował przede wszystkim stężenia SO_4^{2-} i Cl^- : im wyżej położone źródła tym stwierdzano wyższe stężenie SO_4^{2-} a niższe stężenie Cl^- . Wynika to z coraz większego wpływu opadów atmosferycznych, bogatych w SO_4^{2-} , na skład chemiczny wód źródłanych wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza (Siwek i in. 2013).

Wpływ oddziaływań antropogenicznych na cechy fizyczne i chemiczne wód źródłanych

(problematyka przedstawiona w publikacjach Siwek 2012 [3], Siwek 2013a [4], Siwek 2013b [5])

Cechy chemiczne i fizyczne wód źródłanych kształtowane są współcześnie nie tylko przez naturalne procesy hydrogeochemiczne lecz także przez wpływy antropogeniczne. Oddziałują one na środowisko wodne w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Źródła na Wyżynach Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej posiadają dokumentację badawczą sięgającą lat 70. XX w. W odniesieniu do części z tych źródeł istnieje także szczegółowa dokumentacja pozwalająca na poznanie sezonowych fluktuacji cech wody. Podjęte w 1999 oraz 2011 r badania tych samych źródeł umożliwiają ocenę wpływu antropopresji na jakość wód na przestrzeni wielolecia.

Wody podziemne w systemach krasowych na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej odznaczają się bardzo dużą podatnością na zanieczyszczenie, co wynika ze słabej izolacji utworów wodonośnych, a w miejscach wychodni utworów węglanowych – wręcz jej brakiem. Cechy fizyczno-chemiczne wód źródłanych mogą być zatem potencjalnie przekształcone wskutek przenikania do wód podziemnych zanieczyszczeń związanych z m.in. z rolnictwem, osadnictwem, gospodarką komunalną. Na Wyżynie Małopolskiej wobec lepszej izolacji zbiornika wód podziemnych przez nadkład utworów lessowych, wpływ wielkoobszarowych ognisk zanieczyszczeń jest potencjalnie mniejszy niż na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej. Na chemizm źródeł mogą jednak znacząco wpływać także oddziaływania o charakterze lokalnym, niemające dużego zasięgu przestrzennego. Przykładami takich oddziaływań są nielegalne wysypiska odpadów, znajdujące się w wielu przypadkach bezpośrednio w niszy źródlanej lub doływ zanieczyszczeń hodowlanych z gospodarstw znajdujących się w pobliżu źródła (Siwek 2004, Siwek, Chełmicki 2004). Symptomatic pogorszenia jakości wody w źródle może być wzrostowa tendencja mineralizacji wody. Porównanie mineralizacji wód źródłanych w roku 1974 i 1999 wskazuje na wzrost mineralizacji wody źródeł w zlewniach Prądnika, Dłubni i Szreniawy rzędu 30% (Siwek, Chełmicki 2004). Niestety, dane z lat 70. XX w. nie odnoszą się do stężeń poszczególnych jonów toteż analiza porównawcza składu chemicznego wód jest możliwa dopiero dla lat 1999-2000 i 2011 r. Co prawda, porównanie cech fizyczno-chemicznych wód stwierdzone na podstawie jedynie dwóch lub trzech kartowań przeprowadzonych w różnych warunkach napełnienia zbiorników wód podziemnych nie daje podstaw do formowania tez dotyczących wieloletnich trendów lub dynamiki chemizmu poszczególnych wypyływów, to jednak pozwala ocenić, czy ewentualne różnice między składem chemicznym wód w czasie kolejnych kartowań zaznaczyły się w poszczególnych zlewniach w podobny sposób. Pozwala też wskazać grupy źródeł, w których różnice cech fizyczno-chemicznych zaznaczyły się szczególnie wyraźnie, co może stanowić jedną z przesłanek do wniosku o wzroście lub osłabieniu oddziaływań antropogenicznych (Siwek 2013b).

Moje badania wykazały wzrost stężeń jonu wapniowego (4-10%), który w latach od 1999-2000 do 2011 najwyraźniej zaznaczył się w zlewni Warty, Szreniawy i Dłubni. Z kolei w zlewni Nidzicy i Pilicy nastąpił jego spadek (8-9%). Podobną prawidłowość stwierdziłem w odniesieniu do związanego z wapniem jonu wodorowęglanowego. Zróżnicowanie przestrzenne makroelementów w wodach źródeł w poszczególnych zlewniach było na ogół podobne w obu okresach badawczych. Świadectwem tego są m.in. wysokie współczynniki korelacji stężeń jonów w wodach źródeł w poszczególnych zlewniach w latach 1999-2000 oraz

2011. Wysoka wartość współczynnika oznacza, iż wypływy, w których stwierdzano wysokie w skali danej zlewni stężenie danego związku w latach 1999-2000 odznaczały się także wysoką jego zawartością w 2011 r. W celu identyfikacji źródeł, których zmiana poszczególnych parametrów odbiegała od wspólnej dla ogółu źródeł tendencji sporządzono korelogramy parametrów fizyczno-chemicznych wód źródłanych w latach 1999-2000 i 2011. W analizie porównawczej stężeń jonów Ca^{2+} , HCO_3^- , Mg^{2+} stwierdzono jedynie niewielki rozrzut względem funkcji liniowej opisującej związek pomiędzy wynikami z poszczególnych okresów kartowań. Wskazuje to na wspólny dla wszystkich źródeł czynnik, który zdecydował o zmianie stężenia tych elementów w wodzie. Pochodzenie Ca^{2+} , HCO_3^- , Mg^{2+} w obszarach węglanowych wynika z budowy geologicznej a stwierdzone różnice w stężeniach w latach 1999-2000 i 2011 należy wiązać z nieco różnymi warunkami hydrometeorologicznymi w okresie poprzedzającym kolejne okresy badawcze. Natomiast na korelogramach jonów, mogących potencjalnie mieć znaczny udział składowej antropogenicznej w pochodzeniu (Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} i NO_3^-), zaznaczają się pojedyncze wartości odstające od prostej zależności wyrażonej funkcją liniową. Reprezentują one źródła, których skład chemiczny wyraźnie się zmienił na tle innych wypływów w zlewni – wskutek nasilenia się lub osłabienia oddziaływań antropogenicznych. Nietypowy wzrost stężeń wyraźnie zaznaczył się m.in. w źródłach w Kamieńcycach, Zawierciu, Lgocie Błotnej, Dietrznikach i Bieńcu (**Siwek 2013b**).

Współcześnie, za główny wskaźnik degradacji jakości wód zbiornika jurajskiego na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej uznaje się jony azotanowe(V) (np. Róźkowski 1996, 2006, Żurek i in. 2010, **Siwek 2012**). W trakcie badań przeprowadzonych w 2011 r. stężenia azotanów(V) mieściły się w szerokim zakresie od 0,01 do 112,8 mg/l. Zawartość NO_3^- powyżej 50 mg/l stwierdzono w siedmiu wypływach, co dyskwalifikowało ich wodę jako pitną, przy czym aż sześć z nich znajdowało się w zlewni Warty. Poza zlewnią Warty wyraźne zgrupowania źródeł o podwyższonej - w stosunku do innych wypływów - zawartości NO_3^- (zwykle rzędu 20 – 40 mg/l) występowały w zlewniach Rudawy, Prądnika oraz Dłubni. Z kolei na ogół niską zawartością azotanów(V) odznaczały się źródła w zlewniach Szreniawy, Nidzicy i Przemszy, jakkolwiek występowały w nich także pojedyncze wypływy o podwyższonej zawartości NO_3^- (**Siwek 2013a**). Stwierdzone w 2011 r. stężenie azotanów(V) w wodzie źródlanej jest zbliżone do stężeń podawanych w literaturze dotyczącej wód podziemnych tego obszaru odnoszącej się do okresu od lat 60. XX w. do pierwszej dekady XXI w. (Róźkowski 1996, Żurek 2010). Stwierdziłem, że nie zauważa się obecnie wyraźnej, wspólnej dla całego obszaru Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, tendencji poprawy jakości wód źródłanych.

Niezależnie od stwierdzenia braku wspólnej dla całego regionu tendencji dotyczącej jakości wód źródłanych wskazałem obszary gdzie lokalnie między latami 1999-2000 a 2011 zaznaczyła się poprawa lub pogorszenie cech wód źródłanych. Obniżenie stężeń azotanów(V) zaobserwowałem w zlewniach Nidzicy i Przemszy a także lokalnie na Wyżynie Olkuskiej w zlewniach Prądnika, Rudawy oraz Sanki. Na tle wszystkich uzyskanych wyników niekorzystnie wyróżnia się natomiast zlewnia Warty, w której przesunięcie zakresu stężeń azotanów(V) nastąpiło w kierunku wartości wyższych (**Siwek 2012**, **Siwek 2013b**). Poprawę jakości wód (rozważaną tu wyłącznie pod kątem stężeń azotanów(V)) można w znacznym stopniu wiązać z ograniczeniem oddziaływań lokalnych ognisk zanieczyszczeń w związku z intensywną rozbudową infrastruktury gospodarki wodno-ściekowej. Ponieważ jednak czas migracji wód w obrębie zbiornika jurajskiego może dochodzić nawet do 130 lat poprawa jakości wody może następować stopniowo, z wyraźnym opóźnieniem w stosunku do momentu ograniczenia antropopresji (**Siwek 2012**).

Moje badania wskazują, iż nadal zanieczyszczenie źródeł jurajskich na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej azotanami(V) ma charakter powszechny i trwały. O ile lokalnie daje się zauważyć poprawę

Tabela. 1. Zagrożenia źródeł na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej i Wyżynie Miechowskiej (Siwek, Pociask-Karteczka 2017).

Kategoria zagrożeń	Proces, zjawisko, rodzaj aktywności	Przykłady skutków
Naturalne	powodzie	wypełnienie niszy źródłiskowej osadami fluwialnymi erozja/przemodelowanie niszy źródłiskowej
	zmniejszenie lub brak opadów	obniżenie zwierciadła wód podziemnych zmiana lokalizacji źródła czasowy lub stały zanik źródła
	opady ulewne	nagromadzenie gruntu w miejscu wypływu zmiana ukształtowania terenu
antropogeniczne	wzrost powierzchni obszarów zabudowanych	zniszczenie właściwych dla źródła form rzeźby, roślinności, odsłoneń geologicznych degradacja krajobrazu całkowite zniszczenie/zasypanie źródła włączenie źródła do system kanalizacji odpady i śmieci w niszy źródłiskowej
	górnictwo	obniżenie zwierciadła wód podziemnych zanik źródła
	nadmierny pobór wód podziemnych	szcerpanie zasobów wód podziemnych
	pogłębienie koryt rzecznych	obniżenie zwierciadła wód podziemnych zmiana lokalizacji albo zanik źródła
	rolnictwo	wzrost zawartości związków biogenych w wodzie źródlanej zanieczyszczenie wody infiltrującymi środkami ochrony roślin zmiana roślinności wokół źródła w obrębie porzuconych pól
	transport zanieczyszczeń w obrębie atmosfery	infiltracja do wód podziemnych zanieczyszczeń z atmosfery (depozycja mokra i sucha) zmiana składu chemicznego wód źródłanych
	składowanie odpadów przemysłowych i komunalnych (w tym w wyrobiskach)	zmiana składu chemicznego wód źródłanych
	Turystyka	zaśmiecanie kompakcja gleby w niszy zniszczenie roślinności
	brak świadomości ekologicznej	niszczenie naturalnych cech źródeł z powodu niewłaściwego zarządzania przestrzenią wysypiska śmieci w niszach źródłiskowych niszczenie i dewastacja otoczenia źródła (np. graffiti, wandalizm)

Wpływ antropopresji na funkcjonowanie źródeł ma obecnie na Wyżynach Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej charakter powszechny. Tylko 38% spośród 246 badanych źródeł zachowało swój naturalny charakter, natomiast wiele pozostałych wykazywało cechy dewastacji. Nisze 20 źródeł zasypane były odpadami. Zmiany, jakim uległy badane źródła są przede wszystkim efektem procesów antropogenicznych – działalność człowieka jest obecnie głównym zagrożeniem dla źródeł (tab. 1). Na zanik źródeł wpływa przede wszystkim nadmierna eksploatacja wód podziemnych, czego świadectwem jest stwierdzany zanik źródeł w pobliżu komunalnych ujęć głębinowych. Do pogorszenia jakości wód źródłanych przyczyniają się głównie przecieki ze składowisk odpadów przemysłowych i komunalnych, zanieczyszczenia z atmosfery oraz rolnictwo.

Zmiany użytkowania gruntu polegające na wzroście powierzchni zabudowanej powodują zaburzenie otoczenia źródeł – a nierzadko ich dewastację (Siwek, Pociask-Karteczka 2017).

Ochrona prawna w znacznym stopniu przyczynia się do zachowania naturalnych cech źródeł. W Polsce, obejmowanie źródeł ochroną prawną nie jest jednak powszechne, bowiem jak dotąd na ok. 35 tys. pomników przyrody nieożywionej, zaledwie 134 stanowią źródła, z czego 38 zlokalizowane jest na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej i Wyżynie Miechowskiej. Wydaje się, iż skutecznym sposobem przeciwdziałania zagrożeniom antropogenicznym źródeł jest kształtowanie w społeczeństwie świadomości ekologicznej w zakresie szerokiego spektrum oddziaływań między poszczególnymi komponentami środowiska geograficznego. Pozytywne skutki przynosi także współpraca naukowców z lokalnymi władzami. Nierzadko wyniki interdyscyplinarnych badań naukowych dostarczają wiedzy i podstaw dla konkretnych działań aplikacyjnych.

Informacja o źródłach – propozycja bazy danych

(problematyka przedstawiona w publikacji Siwek 2007 [2])

Informacja o roli źródeł w środowisku oraz o współczesnych zagrożeniach źródeł jest jednym z kluczowych elementów skutecznej ochrony źródeł. Jest ona możliwa jedynie wówczas gdy działaniom prawnym (np. ustanawianie pomników przyrody nieożywionej) towarzyszą działania w zakresie edukacji społecznej oraz edukacji w zakresie racjonalnego planowania przestrzennego. W perspektywie długofalowej kluczowego znaczenia nabierają także działania edukacyjne i uświadamiające społeczności lokalnej walory i znaczenie obiektów krenologicznych w ich otoczeniu, zwłaszcza, że poziom świadomości konieczności ochrony źródeł jest w społeczeństwie bardzo zróżnicowany. Stąd też potrzeba propagowania informacji o źródłach w ogólnodostępnych bazach internetowych (WebGIS) dotyczących źródeł. Informacje z tego typu bazy powinny uwzględniać szeroki wachlarz zagadnień związanych z funkcjonowaniem źródeł – charakterystykę ich położenia, charakterystykę dostępnych danych hydrologicznych i hydrochemicznych oraz charakterystykę hydrobiologiczną siedliska. Baza danych powinna być skonstruowana w sposób umożliwiający jej łatwe wykorzystanie przez osoby zajmujące się planowaniem przestrzennym i ochroną środowiska w jednostkach administracji publicznej (Siwek 2007). Baza danych jest także podstawą do ilościowej i jakościowej charakterystyki krenologicznej regionu (Buczyński i in. 2011).

Zaprezentowana przeze mnie w 2007 r. koncepcja bazy danych o źródłach (Siwek 2007) wskazuje ramowy zakres informacji, które mogłyby być uwzględnione przy tworzeniu tego typu baz danych (m.in. informacje dotyczące lokalizacji, warunków hydrogeologicznych, typologii, formy ochrony prawnej, dostępnych w literaturze wyników badań cech fizyczno-chemicznych wody, dostępnej bibliografii). Rozwój badań krenologicznych jaki nastąpił w ostatnich latach w Polsce pozwala sądzić, że w dalszej perspektywie możliwe będzie utworzenie baz o jeszcze szerszym spektrum informacji, w tym zwłaszcza informacji o siedlisku hydrobiologicznym niszy źródlanej.

Wnioski

Intensywna działalność człowieka w antropocenie powoduje przekształcenie – często nieodwracalne – środowiska przyrodniczego, w tym także źródeł. Zachodzące równoległe procesy naturalne, w tym m.in. klimatyczne i geomorfologiczne, mają również znaczący wpływ na obieg wody zarówno w skali globalnej jak również regionalnej i lokalnej. Źródła są „rejestratorami” tych zmian, toteż ważne jest badanie funkcjonowania źródeł w kontekście przyrodniczym i społeczno-gospodarczym. Zagadnienia krenologiczne

dotyczące funkcjonowania źródeł na obszarach górskich – w tym badania dotyczące uwarunkowań ich rozmieszczenia, wydajności, jakości wód oraz zagrożeń antropogenicznych – powinny być rozpatrywane w różnych skalach przestrzennych.

Do najważniejszych wniosków uzyskanych na podstawie przeprowadzonych przeze mnie badań krenologicznych, przedstawionych jako osiągnięcie habilitacyjne zaliczam:

- wskazanie prawidłowości występowania źródeł na obszarach fliszowych w różnych skalach przestrzennych. W skali regionalnej kluczową rolę odgrywa upad warstw utworów fliszowych. W skali lokalnej o rozmieszczeniu źródeł decyduje obecność systemu spękań utworów fliszowych wyznaczona przebiegiem linii uskoków tektonicznych;
- wskazanie regionalnych prawidłowości zróżnicowania cech fizyczno-chemicznych wody na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej i Wyżynie Małopolskiej. W związku ze zróżnicowaną litologią oraz różnymi warunkami hydrogeologicznymi migracji wód podziemnych źródła zasilane z utworów jurajskich na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej odznaczają się wyraźnie niższą mineralizacją wód oraz wyraźnie niższym udziałem jonów magnezowych i siarczanowych w składzie chemicznym niż źródła zasilane z utworów kredowych na Wyżynie Małopolskiej;
- określenie roli czynników, które na obszarach górskich decydują o zróżnicowaniu cech chemicznych wody w skali lokalnej. W obrębie niewielkiej zlewni wysokogórskiej o względnie jednolitej charakterystyce litologicznej, zróżnicowanie lokalne cech źródeł nawiązywało do wysokości nad poziomem morza i związanej z nią piętrowości klimatyczno-roślinnej;
- stwierdzenie, że skład chemiczny wód źródłanych w skali regionu Wyżyn Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej należy uznać za powszechnie i trwale przekształcony, jakkolwiek stopień wpływu antropopresji na chemizm wód jest regionalnie zróżnicowany. Stwierdziłem, że nie zauważa się obecnie wyraźnej, wspólnej dla całego obszaru Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, tendencji poprawy jakości wód źródłanych. Jednocześnie, w bardziej szczegółowej skali, zauważyłem w niektórych rejonach symptomy poprawy jakości wody pod względem zawartości azotanów(V). W skali lokalnej zróżnicowanie przestrzenne stężenia azotanów w wodach źródeł na Wyżynie jest uwarunkowane położeniem wypływu względem jednostek osadniczych i związanym z tym zagrożeniem dostawą zanieczyszczeń;
- wskazanie, że jednym z głównych współczesnych zagrożeń źródeł na Wyżynach Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej jest ich zanik wskutek obniżenia poziomu zwierciadła wód podziemnych w związku z eksploatacją wód podziemnych. Szczególnie zagrożone są wypływy znajdujące się w bliskim sąsiedztwie ujęć głębinowych. Analiza porównawcza stanu 246 źródeł na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej i Wyżynie Miechowskiej w okresie od lat 70. XX w. do roku 2013 ujawniła zanik 35 źródeł (14%);
- wskazanie, że wpływ antropopresji na funkcjonowanie źródeł na Wyżynach Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej ma charakter powszechny - tylko 38% spośród 246 badanych źródeł zachowało swój naturalny charakter, natomiast niszę wielu pozostałych wypływów były częściowo przekształcone lub całkowicie zdewastowane. Zmiany jakim podlegają źródła mogą być także spowodowane procesami naturalnymi, jednakże współcześnie większość zagrożeń związana jest z działalnością człowieka;
- opracowanie koncepcji bazy danych WebGIS jako sposobu udostępniania informacji o występowaniu i cechach źródeł a także potrzebie ich ochrony.

Źródła stanowią ważny element systemu hydrologicznego zlewni, ważny element krajobrazu a często także stanowią unikalne siedliska ekologiczne. Uważam, że prowadzone przeze mnie badania mają wymiar

zarówno naukowy jak i aplikacyjny, gdyż wiedza o uwarunkowaniach funkcjonowania źródeł w różnych skalach przestrzennych może być podstawą ich racjonalnej ochrony. Wskazanie współczesnych zagrożeń jakim podlegają źródła może pomóc w zachowaniu ich cennych walorów, o ile informacje te zostaną uwzględnione przez lokalnych decydentów w jednostkach samorządowych.

Literatura

- Alexandrowicz, Z., Margielwski, M., 2010, *Impact of mass movements on geo- and biodiversity in the Polish Outer (Flysch) Carpathians: Geomorphology*, 123: 290–304.
- Baścik M., Pociask-Karteczka J., 2002, *Źródła Wyżyny Śląsko-Krakowskiej i Wyżyny Miechowskiej o znacznych walorach przyrodniczych. Propozycje ochrony* [w:] T. Ciupa, E. Kupczyk, R. Suligowski (red.), *Obieg wody w zmieniającym się środowisku*, Prace Instytutu Geografii Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach, 7, Instytut Geografii Akademii Świętokrzyskiej im. Jana Kochanowskiego, Kielce, 23-41.
- Baścik M., Chełmicki W., Urban J., 2009, *Geoconservation of springs in Poland*, Episodes, vol. 32, no. 3, pp. 177-185.
- Buczyński S., Staško S., Modelska M., Olichwer T., Tarka R., 2011, *Charakterystyka krenologiczna masywów górskich ziemi kłodzkiej na podstawie bazy danych „Źródło”*, Biuletyn PIG, 445, 17-26.
- Chełmicki W. (red.), Baścik M., Chełmicki W., Korska A., Pociask-Karteczka J., Siwek J., 2001, *Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej. Zmiany w latach 1973-2000*, Uniw. Jagiell., Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz., Kraków, ss. 127 [poz. 61].
- Chełmicki W., Jokiel P., Michalczyk Z., Moniewski P., 2011, *Distribution, discharge and regional characteristics of springs in Poland*, Episodes, 34(4), 244–256.
- Corsini, A., Cervi, F., Ronchetti, F., 2009, *Weight of evidence and artificial neural network for potential groundwater spring mapping: an application to the Mt. Modino area (Northern Apennines, Italy)*, Geomorphology, 111: 79–87.
- Dingwall, P.R., Weighell, T., Badman, T., 2005, *Geological World Heritage: a Global Framework. A Contribution to the Global Theme Study of World Heritage Natural Sites*, IUCN, Gland. 51 pp.
- Drzał M., Dynowska I., 1981, *Cenne przyrodniczo źródła na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej*, Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, Polska Akademia Nauk, Oddz. w Krakowie, 8, 327–381.
- Drzał M., Dynowska I., 1982, *Cenne przyrodniczo źródła na Wyżynie Miechowskiej* Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, Polska Akademia Nauk, Oddz. w Krakowie, 10, 323–359.
- Dynowska I., 1983, *Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej*, Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, Polska Akademia Nauk, Oddz. w Krakowie, 11, ss. 244.
- Fac-Beneda J., 2009, *Hydrologiczne i hydrochemiczne cechy wody źródeł na obszarach młodoglacjalnych*, [w:] R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 390 - 398.
- Goc P., Górny A., Kłojzy-Karczmarczyk B., Motyka J., 2000, *Azotany w wodach jaskiń południowej części Wyżyny Krakowskiej*, Kras i Speleologia, 10: 67–83.
- Jekatierynczuk-Rudczyk E., 2010, *Przekształcenie składu fizyczno-chemicznego płytkich wód podziemnych w strefach drenażu na obszarach nizinnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok.
- Jokiel P., Moniewski P., Ziułkiewicz M (red.), 2007, *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*, Wyd. Nauk Geogr. UŁ, Łódź.
- Krawczyk W., Opołka J., Pulina M., Tyc A., 1990, *Azotany w jurajskich wodach krasowych*, Aura, 2: 8.
- Krawczyk W., Opołka-Gądek J., Tyc A., 1991, *Zanieczyszczenie wód podziemnych Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej związkami azotu* [w:] T. Szczypek, S. Wika (red.), *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, t. 2, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, 27–33.
- Krawczyk W., Opołka-Gądek J., Tyc A., 1992, *Zagrożenie źródeł jurajskich w województwie katowickim*, Aura, 2: 9–10.
- Kresic, N. and Stevanovic, Z., eds., 2010, *Groundwater hydrology of springs. Engineering, Theory, Management and Sustainability*, Amsterdam, Butterworth-Heinemann, Elsevier, 573 p.
- Mazurek M., Kruszyk R., Szpikowska G., 2014, *Transformacja składu chemicznego wód podziemnych w niszach źródłiskowych na obszarach młodoglacjalnych (dorzecze Parsęty)*, Monografie KGW PAN, z. 20, 355-369.

- Michalczyk Z. (red.), 1996, *Źródła Roztocza. Monografia hydrograficzna*. Wyd. UMCS, Lublin, 1-200.
- Michalczyk Z. (red.), 2001, *Źródła Wyżyny Lubelskiej i Roztocza*. Wyd. UMCS, 1-298.
- Mocior E., Rzonca B., **Siwek J.**, Plenzler J., Placzkowska E., Dabek N., Jaśkowiec B., Potoniec P., Roman S., Zdziebko D., 2015, *Determinants of the distribution of springs in the upper part of a flysch ridge in the Bieszczady Mountains in southeastern Poland*, Episodes, 38(1): 21-30. [poz. 1]
- Moniewski P., 1997, *Źródła strefy krawędziowej Wyżyny Łódzkiej i ich gospodarcze wykorzystanie*, Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica, 2, 153-167.
- Ozdemir, A., 2011, *GIS-based groundwater spring potential mapping in the Sultan Mountains (Konya, Turkey) using frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods and their comparison*, Journal of Hydrology, no. 411, pp. 290-308.
- Pulina M., 1992, *Denudacja krasowa* [w:] A. Kostrzewski, M. Pulina (red.), *Metody hydrochemiczne w geomorfologii dynamicznej*, Uniwersytet Śląski, Katowice, 16-39.
- Rózkowski J., 1996, *Przeobrażenia składu chemicznego wód krasowych południowej części Wyżyny Krakowskiej (zlewnia Rudawy i Prądnika)*, Kras i Speleologia, nr spec. 1, ss. 106.
- Rózkowski J., 2006, *Wody podziemne utworów węglanowych południowej części Jury Krakowsko-Częstochowskiej i problemy ich ochrony*, Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego, 2430.
- Siwek J.**, 2001, *Wpływ antropopresji na zawartość związków azotu i fosforu w źródłach zlewni Prądnika, Dłubni i Szreniawy* [w:] K. German, J. Balon (red.), *Przemiany środowiska a jego funkcjonowanie*, Problemy Ekologii Krajobrazu, 10: 397-402 [poz. 66].
- Siwek J.**, 2004, *Źródła w zlewniach Prądnika, Dłubni i Szreniawy. Naturalne i antropogeniczne uwarunkowania jakości wód*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, ss. 98 [poz. 43].
- Siwek J.**, 2007, *Baza danych o źródłach na Wyżynie Śląskiej i Małopolskiej - uwagi metodyczne*, [w:] P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziulkiewicz (red.), *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*, Wyd. Nauk Geogr. UŁ, s. 78-84 [poz. 2].
- Siwek J.**, 2012, *Zawartość azotanów(V) w wodach źródeł na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej*, [w:] W. Marszelewski (red.), *Gospodarowanie wodą w warunkach zmieniającego się środowiska*, Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, Toruń, t. 1: 147-157 [poz. 3].
- Siwek J.**, 2013a, *Chemizm wód źródlanych. Chemizm wód w 2011 r.*, [w:] J. Siwek, M. Baścik (red.), *Przyrodnicze i antropogeniczne przemiany źródeł Wyżyn Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej oraz ich rola w krajobrazie naturalnym i kulturowym*, IGI GP UJ, Kraków, s. 68-73 [poz. 4].
- Siwek J.**, 2013b, *Chemizm wód źródlanych. Porównanie składu chemicznego wód w latach 1999-2000 i w 2011 r.*, [w:] J. Siwek, M. Baścik (red.), *Przyrodnicze i antropogeniczne przemiany źródeł Wyżyn Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej oraz ich rola w krajobrazie naturalnym i kulturowym*, IGI GP UJ, Kraków, s. 74-86 [poz. 5].
- Siwek J.**, 2013c, *Wydajność źródeł*, [w:] J. Siwek, M. Baścik (red.), *Przyrodnicze i antropogeniczne przemiany źródeł Wyżyn Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej oraz ich rola w krajobrazie naturalnym i kulturowym*, IGI GP UJ, Kraków, s. 45-54. [poz. 6]
- Siwek J.**, Chełmicki W., 2004, *Geology and land-use related pattern of spring water quality. Case study from the catchments of the Malopolska Upland (S. Poland)*, Geologica Acta, 2(2): 167-174 [poz. 48].
- Siwek J.**, Pociask-Karteczka J., 2017, *Springs in South-Central Poland - changes and threats*, Episodes, 40(1): 38-46 [poz. 8].
- Siwek J.**, Rzonca B., Jaśkowiec B., Plenzler J., Placzkowska E., 2013, *Natural Factors Affecting the Chemical Composition of Water in the Catchment of Wołosatka Stream (High Bieszczady Mts.)*, [w:] J. Kozak et al. (eds.), *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*, Environmental Science and Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/978-3-642-12725-0_11 [poz. 8].
- Szczucińska A., *Spatial distribution and hydrochemistry of springs and seepage springs in the Lubuska Upland of western Poland*, Hydrology Research, 45(3), 379-390.
- Springer, A.E., Stevens, L.E., 2009, *Spheres of discharge of springs*, Hydrogeology Journal, 11: 83-93.
- Stevanović, Z., Eftimi, R., 2010, *Karstic sources of water supply for large consumers in southeastern Europe – sustainability, disputes and advantages*, Geologica Croatica, v. 63(2)2: 179-185.
- Wojkowski J., 1996, *Azotany w wodach Ojcowskiego Parku Narodowego*, Aura, 1, 12-13. 58.
- Żelazny M., 2012, *Czasowo-przestrzenna zmienność cech fizykochemicznych wód Tatrzńskiego Parku Narodowego*, IGI GP UJ, Kraków

Żelazny M., Kot M., Rzonca B., **Siwek J.**, 2007, *Skład chemiczny wód w wybranych małych zlewniach w Dolinie Chochołowskiej w Tatrach*, Współczesne Problemy Hydrogeologii, 13: 919-928 [poz. 56].

Żurek A., Czop M., Motyka J., 2010, *Azotany w wodach jurajskiego piętra wodonośnego w rejonie Olkusza*, Geologia - Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, 36(1): 109–134.

D). Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Moje pozostałe prace naukowe, wykonywane samodzielnie oraz w różnych zespołach badawczych, grupują się w kilku, częściowo powiązanych ze sobą wątkach tematycznych, z których główne to:

1. Zasobność zbiorników wód podziemnych we fliszu i wpływ warunków hydrogeologicznych na termikę i wydajność źródeł fliszowych;
2. Drogi migracji związków biogennych w zlewni w czasie wezbrań i identyfikacja procesów hydrologicznych zachodzących w zlewni na podstawie składu chemicznego wód rzecznych;
3. Przekształcenia składu chemicznego w rzekach górskich wskutek antropopresji;
4. Hydrologia regionalna;
5. Kartografia hydrograficzna i wykorzystanie narzędzi GIS w badaniach geochemicznych.

1. Zasobność zbiorników wód podziemnych we fliszu i wpływ warunków hydrogeologicznych na termikę i wydajność źródeł fliszowych

Zmiany wydajności źródeł w ciągu roku odzwierciedlają zarówno warunki migracji wód w utworach wodonośnych jak i pozostają pod ścisłym wpływem warunków meteorologicznych decydujących o zasilaniu. Analiza reakcji wydajności i termiki źródeł na zasilanie deszczowe pozwala na uzyskanie informacji dotyczących warunków obiegu wody w utworach wodonośnych w różnych skalach czasowych. Współprowadzone przeze mnie od 2007 r. badania w Bieszczadach dotyczą m.in. złożonego zagadnienia dotyczącego zasobów wód podziemnych we fliszu i mechanizmu zasilania źródeł. Wyniki badań wskazują na zróżnicowanie zasobów wód podziemnych w Bieszczadach, czego przejawem jest zróżnicowany moduł odpływu podziemnego w okresach niżówkowych (Plenzler i in. 2010) oraz zróżnicowany potencjał zasobności zbiorników wód podziemnych wyznaczony na podstawie krzywych wysychania (Mostowik i in. 2018).

Pomimo iż poziomy wodonośne we fliszu uważane są za mało zasobne (z wyjątkiem aluwii w dnach dolin) to w czasie kartowania na Połoninie Wetlińskiej stwierdzono obecność wypływów o znacznej wydajności – przekraczającej 5 l/s (Mostowik i in. 2016). Na podstawie ciągłego monitoringu wydajności i termiki źródeł stwierdzono występowanie co najmniej trzech typów zasilania źródeł, o różnym potencjale zasobności zasilającego zbiornika. Pierwszy z nich, najbardziej rozpowszechniony, dotyczy niewielkich wypływów, które gwałtownie zwiększają wydajność w okresach wzmożonego zasilania a niekiedy wysychają w okresie niżówki. Temperatura wody tych źródeł podlega wyraźnym zmianom sezonowym. Drugi z typów zasilania, związany jest z wyjątkowymi jak na warunki fliszowe obiektami o znacznej (jakkolwiek zmiennej w ciągu roku) wydajności i bardzo mało zmiennej w ciągu roku termice wody. Funkcjonowanie tych źródeł wskazuje na ich przelewowy charakter (*overflow spring*) oraz dostawę znacznej części wód spoza zlewni topograficznej dzięki obecności spękań i szczelin o założeniu tektonicznym. Trzeci z wyróżnionych typów ma charakter mieszany, świadczący o dostawie wód różnymi drogami krążenia (Płaczowska in. 2018).

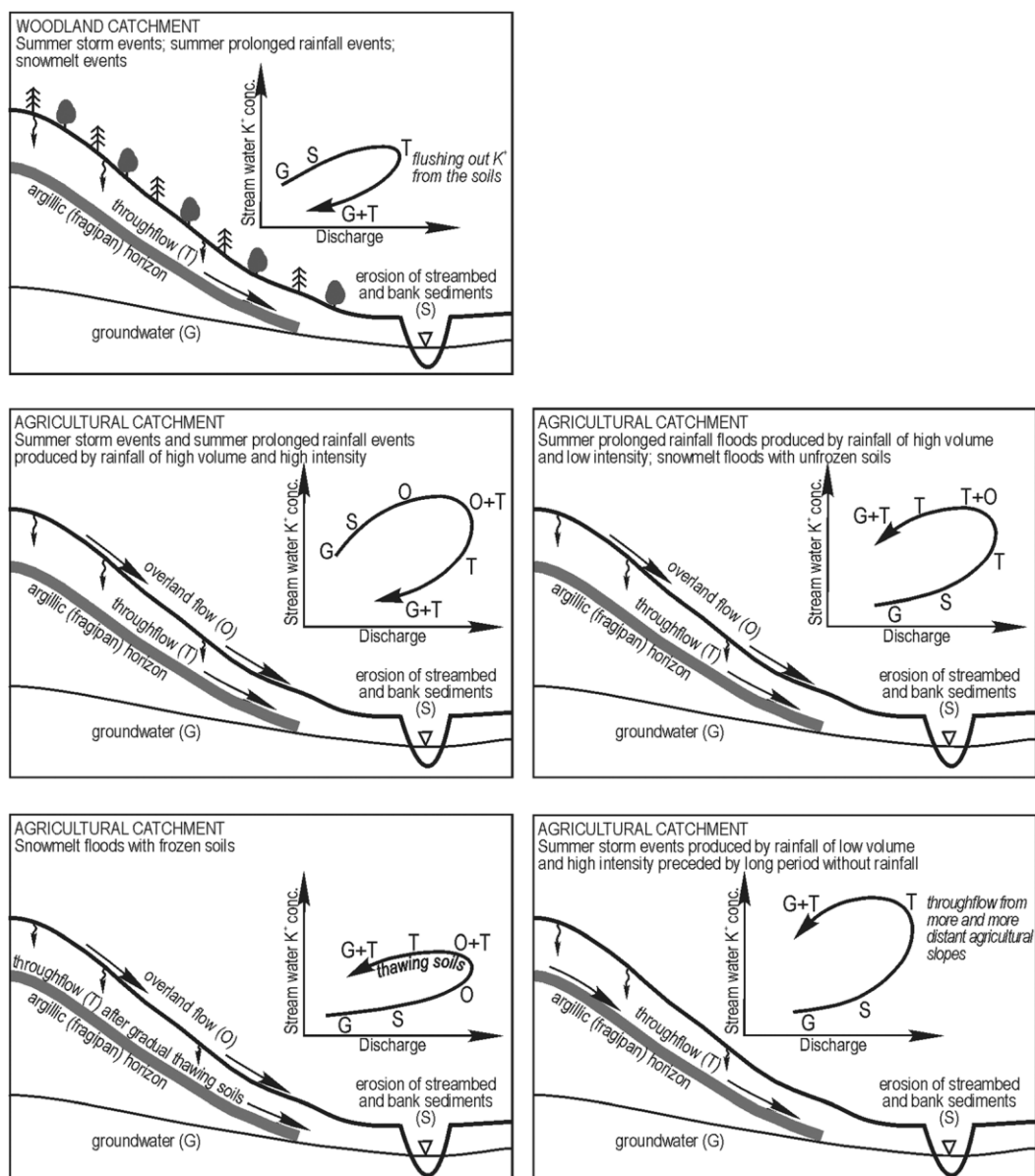
Wybrane publikacje:

- Mostowik K., Górnik M., Jaśkowiec B., Maciejczyk K., Murawska M., Płaczowska E., Rzonca B., **Siwek J.**, 2016, *High discharge springs in the outer flysch Carpathians on the example of The High Bieszczady Mountains (Poland)*, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11(2): 395-404 [poz. 9].
- Mostowik K., Kisiel M., Rzonca B., **Siwek J.**, 2018, *Potencjał zasobności zbiorników wód podziemnych w Bieszczadach Wysokich*, *Przegląd Geograficzny*, 90(1): 93-110, doi: 10.7163/PrzG.2018.1.5 [poz. 28].
- Plenzler J., Bajorek J., Jaśkowiec B., Kołodziej A., Rzonca B., **Siwek J.**, Wójcik S., 2010, *Podziemny odpływ jednostkowy w Bieszczadach Wysokich*, *Przegląd Geologiczny* 58(12): 1147-1151. [poz. 29].
- Płaczowska E., **Siwek J.**, Maciejczyk K., Mostowik K., Murawska M., Rzonca B., 2018, *Groundwater capacity of a flysch-type aquifer feeding springs in the Outer Eastern Carpathians (Poland)*, *Hydrology Research*, 49(6):1946-1959, doi: 10.2166/nh.2018.200 [poz. 11].

2. Drogi migracji związków biogennych w zlewni w czasie wezbrań i identyfikacja procesów hydrologicznych zachodzących w zlewni na podstawie składu chemicznego wód rzecznych

Okresy wezbraniowe są szczególnie interesujące w badaniach hydrochemicznych wód rzecznych. Skład chemiczny wód rzecznych jest wówczas silnie zdeterminowany procesami wymywania i transportu związków ze stoków do koryta. Zmiany składu chemicznego wód rzecznych pozostają w ścisłym związku z procesami na stoku oraz z udziałem w odpływie całkowitym poszczególnych dróg dostawy wody do koryta takich jak spływ podziemny, śródpokrywowy oraz powierzchniowy. W zlewniach naturalnych i seminaturalnych w warunkach klimatu umiarkowanego stężenie większości głównych jonów zwykle spada wskutek zmniejszania się udziału wód podziemnych w odpływie całkowitym. Zjawisko to może mieć jednak złożony przebieg związany m.in. z możliwością dopływu do koryta wysoko zmineralizowanych wód zakumulowanych w aluwiach, co może podnieść mineralizację cieku w początkowych fazach wezbrań. Szczególnie interesujące w czasie wezbrań są zmiany stężeń związków biogennych, których obecność w wodzie rzecznej związana jest głównie ze spływem śródpokrywowym oraz powierzchniowym pozostając także w ścisłym związku z aktywnością biologiczną zlewni. Badania w zespole, w którym uczestniczę, zmierzają do identyfikacji czynników decydujących o dostawie związków biogennych (potasu, ortofosforanów) do koryta w czasie wezbrań. Badania oparto o analizę związku stężenia związków biogennych z przepływem, który najczęściej przyjmuje postać histerezy. Interpretację histerez przeprowadzono przy zastosowaniu opracowanej przez nas metody opartej o reszty z regresji. Jest ona bardziej obiektywna w porównaniu z metodami bazującymi na analizie wizualnej wykresów. Przeprowadzone badania umożliwiły określenie dróg i źródeł dostawy związków biogennych do koryta potoku w czasie poszczególnych faz wezbrania (ryc. 4). Istotnymi czynnikami determinującymi odprowadzanie biogenów w czasie wezbrań są: użytkowanie zlewni, warunki hydrometeorologiczne w czasie i w okresie poprzedzającym wezbranie oraz stopień nawilżenia pokryw a w czasie wezbrań roztopowych także ich przemrożenia (Siwek i in. 2013, 2017).

W prowadzonych badaniach dotyczących odprowadzania potasu ze zlewni udało się nawiązać współpracę z specjalistami z zakresu gleboznawstwa, którzy wykonali analizy geochemiczne osadów korytowych (Siwek i in. 2017). Współpraca ta rozszerza możliwości interpretacji danych hydrochemicznych w celu identyfikacji źródeł pochodzenia związków biogennych transportowanych przez cieki w czasie wezbrań.



Ryc. 4. Schemat dróg dostawy jonu potasowego do koryta w czasie wezbrań różnego typu, w zlewniach o różnym użytkowaniu (Siwek i in. 2017).

Wybrane publikacje:

- Siwek J., Siwek J.P., Żelazny M., 2013, *Environmental and land use factors affecting phosphate hysteresis patterns of stream water during flood events (Carpathian Foothills, Poland)*, Hydrol. Process., 27(25):3674-3684, DOI: 10.1002/hyp.9484 [poz. 12].
- Siwek J.P., Żelazny M., Siwek J., Szymański W., 2017, *Effect of land use, seasonality, and hydrometeorological conditions on the K^+ concentration-discharge relationship during different types of floods in Carpathian Foothills catchments (Poland)*, Water, Air, & Soil Pollution, 228: 445 [poz. 13].

3. Przekształcenia składu chemicznego w rzekach górskich wskutek antropopresji

Skład chemiczny wód rzecznych jest kształtowany pod wpływem naturalnych cech środowiska przyrodniczego oraz zmiennych w czasie warunków hydrometeorologicznych. Wraz z ciągłym rozwojem sieci

osadniczej oraz infrastruktury turystycznej, także na obszarach chronionych, w zlewniach górskich coraz powszechniej zaznacza się wpływ antropopresji na jakość wód. Pomimo korzystnych warunków tlenowych ekosystemy rzek górskich pozostają wrażliwe na zanieczyszczenie. We współprowadzonych przeze mnie badaniach stwierdzono negatywny wpływ infrastruktury turystycznej na skład chemiczny wód rzecznych w Bieszczadach i w Tatrach. W Bieszczadach ścieki zrzucane z obiektów turystycznych, jak i całych ośrodków turystycznych, są na ogół wcześniej oczyszczane. Skład chemiczny rzek ulega jednak pewnemu przekształceniu poniżej miejscowości turystycznych, szczególnie pod względem zawartości jonów potasowych i chlorkowych (Siwek i in. 2011). Wpływ ośrodków turystycznych jest szczególnie niebezpieczny dla ekosystemów rzek górskich w okresach niżówkowych, gdy odprowadzane oczyszczone ścieki mają relatywnie duży udział w całości odpływu rzeczego. Wpływ zrzutów oczyszczonych ścieków oddziałuje na jakość wód rzecznych nawet na odcinku do kilkuset metrów poniżej miejsc zrzutu. Przeobrażenia składu chemicznego wód pod wpływem zrzutu ścieków zauważono także w niskozmineralizowanych potokach w Tatrzańskim Parku Narodowym. Poniżej zrzutu ścieków ze schronisk na Polanie Chochołowskiej oraz z Murowańca zauważano wzrost stężeń jonu amonowego oraz ortofosforanów. Wyraźny wpływ zrzutu ścieków na cechy chemiczne wód zanikał jednak już na odcinku do kilkudziesięciu metrów poniżej miejsca zrzutu, co związane jest z rozcieńczeniem stosunkowo niewielkiej objętości zanieczyszczeń w potokach znacznym przepływie. Pomimo znacznego natężenia ruchu turystycznego w rejonie Morskiego Oka ścieki zrzucane z tamtejszego schroniska odznaczały się dobrymi parametrami (z wyjątkiem azotanów) (Siwek i in. 2009).

Ciekawym przejawem przemian składu chemicznego wód rzecznych (i podziemnych) wskutek antropopresji są zmiany wywołane deforestacją w zlewni. Badane przez zespół, w którym uczestniczę zlewnie w Dolinie Kościeliskiej w Tatrzańskim Parku Narodowym zostały wylesione wskutek naturalnego wiatrołomu, jednakże powstanie wiatrołomu w tym wypadku wiąże się ze sztucznie wprowadzoną tam monokulturą świerkową, której kondycja została w ostatnich latach osłabiona wskutek gradacji kornika. Skutkiem wylesienia zlewni jest zmiana składu chemicznego wód płytkiego krążenia. Brak drzew wiąże się z uruchomieniem procesu wypłukiwania głównych jonów a także związków biogenych zakumulowanych w glebie, co wobec ograniczonego początkowo poboru tych związków, skutkuje wzrostem ich stężenia w wodach rzecznych. W wodach odprowadzanych z wylesionych stoków zanotowano wielokrotny wzrost stężenia jonów azotanowych(V) i wzrostu ich udziału w strukturze składu chemicznego wody z 0,58% mval w okresie przed wylesieniem do 3,44% mval po wylesieniu (Żelazny i in., 2017).

Wybrane publikacje:

Siwek J., Rzonca B., Płaczkowska E., Plenzler J., Jaśkowiec B., 2011, *Aktualne kierunki badań hydrologicznych w Bieszczadach Wysokich*, Roczniki Bieszczadzkie 19: 285-298 [poz. 53].

Siwek J., Siwek J.P., Żelazny M., 2009, *Wpływ ścieków zrzucanych ze schronisk tatrzańskich na jakość wód rzecznych TPN*, [w:] R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 468-475 [poz. 54].

Żelazny M., Siwek J.P., Fidelus J., Stańczyk T., **Siwek J.**, Rutkowska A., Kruk P., Wolanin A., Jelonkiewicz Ł., 2017, *Wpływ wiatrołomu i degradacji drzewostanu na zróżnicowanie chemizmu wód w zlewni Potoku Kościeliskiego w obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Sylwan, 161(1): 27-33 [poz. 17].

4. Hydrologia regionalna

Część mojego dorobku naukowego stanowią przeglądowe prace o charakterze regionalnym, dotyczące obszarów gór i wyżyn. Jestem współautorem rozdziałów dotyczących pełnej charakterystyki hydrograficznej Bieszczadzkiego Parku Narodowego (Rzonca, Siwek 2012, 2016), Magurskiego Parku Narodowego (Lasek, Siwek 2012). Na obszarze Wyżyn jestem współautorem rozdziału dotyczącego warunków hydrologicznych i gospodarki wodnej w gminie Sułoszowa (Maciejowski, Siwek 2017). Jestem także współautorem tematycznego rozdziału dotyczącego źródeł w Polsce (Moniewski, Siwek 2017) w monografii *Hydrologia Polski*, w którym m.in. wykonałem charakterystykę krenologiczną regionów w Karpatach, na Wyżynach Śląsko-Krakowskiej i Małopolskiej oraz w Górach Świętokrzyskich.

Wybrane publikacje:

- Lasek J., **Siwek J.**, 2012, *Magurski Park Narodowy*, [w:] Bogdanowicz R., Jokiel P., Pociask-Karteczka J. (red.), *Wody w parkach narodowych*, IGiGP UJ, KH PTG, s. 136-147 [poz. 23].
- Maciejowski W., **Siwek J.**, 2014, *Stosunki wodne*, [w:] W. Maciejowski (red.), *Monografia gminy Sułoszowa*, IGiGP UJ, s. 65-80 [poz. 26].
- Moniewski P., **Siwek J.**, 2017, *Źródła i inne wypływy wód podziemnych*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, PWN, Warszawa [poz. 27].
- Rzonca B., **Siwek J.**, 2012, *Bieszczadzki Park Narodowy*, [w:] Bogdanowicz R., Jokiel P., Pociask-Karteczka J. (red.), *Wody w parkach narodowych*, IGiGP UJ, KH PTG, s. 58-73 [poz. 34].
- Rzonca B., **Siwek J.**, 2016, *Wody - warunki hydrologiczne Bieszczadzkiego Parku Narodowego*, [w:] A. Górecki i B. Zemanek (red.), *Bieszczadzki Park Narodowy - 40 lat ochrony*, BdPN, Ustrzyki Górne, 69-78 [poz. 35].

5. Kartografia tematyczna i wykorzystanie narzędzi GIS w badaniach geochemicznych

Mapy są szczególnym źródłem informacji w badaniach geograficznych. Historia map hydrograficznych obejmujących obszar polskich Karpat sięga XVIII w. W podjętym przeze mnie wraz ze współautorami opracowaniu wskazuję na historyczny rys kartograficznej informacji hydrologicznej (Siwek, Chełmicki, Baścik 2013). Wskazuję także na szereg problemów związanych z wykorzystaniem historycznych map do oceny zmian warunków hydrologicznych (Pietrzak, Siwek 2001, Siwek i in. 2013). Niestety, również analiza współczesnych map hydrograficznych w skali 1:50 000 może prowadzić do błędnych wniosków, ponieważ część informacji (np. warunki krenologiczne) została przedstawiona na poszczególnych arkuszach karpaccich w różnym stopniu szczegółowości i generalizacji a znaczna część obszaru Karpat nie posiada jeszcze odpowiedniej dokumentacji obiektów zweryfikowanej szczegółowymi badaniami terenowymi.

Systemy Informacji Geograficznej (GIS) dają szerokie spektrum metod prezentacji oraz analizy danych geochemicznych i hydrochemicznych. Tematyczne mapy dotyczące cech fizyczno-chemicznych wody są zarówno formą prezentacji wyników badań terenowych jak i umożliwiają dalsze analizy dotyczące prawidłowości zróżnicowania przestrzennego cech wody. W Atlasie Tatr wraz ze współautorami zaprezentowałem mapy przedstawiające skład chemiczny wód rzecznych (Żelazny i in. 2015a) oraz charakterystykę odpływu rzeczny (Żelazny i in. 2015b, c).

We współpracy ze specjalistami z zakresu gleboznawstwa przeprowadziłem także analizę przestrzenną zróżnicowania cech geochemicznych pokrywy glebowej w zlewni Fuglebekken na Spitsbergenie. Wykonałem interpolowane mapy cech pokrywy glebowej (skład granulometryczny, odczyn, zawartość SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, MgO, CaO, Na₂O, SOC, N_{tot}, C/N, P_{tot}). Przeprowadzona analiza przestrzenna wskazała na prawidłowości

zróznicowania cech pokrywy glebowej nawiązujące do budowy geologicznej oraz miejsc występowania kolonii ptaków. Zauważono także, przeobrażenie cech geochemicznych gleby wzdłuż cieków spływających z miejsc kolonii ptaków (Szymański i in. 2016a, b).

Za ważny element swojej pracy naukowej uważam swój wkład w opracowanie Mapy Hydrograficznej Polski. W latach 2004 – 2006 byłem konsultantem i autorem komentarza do 8 arkuszy Mapy w skali 1:50 000 (arkusze M34-89-D, M34-102-B, M34-90-C, M34-90-D, M34-91-D, M34-91-C, M34-90-A, M34-53-C) z rejonu Karpat fliszowych i Wyżyny Miechowskiej. Ponadto w latach 2015-2016 byłem konsultantem 16. pilotażowych arkuszy Mapy w skali 1:10 000, obejmujących fragmenty Pogórza Karpackiego oraz Kotliny Sandomierskiej (arkusze: M34-68-C-a-1, M34-68-C-a-2, M34-68-C-a-3, M34-68-C-a-4, M34-68-C-b-1, M34-68-C-b-2, M34-68-C-b-3, M34-68-C-b-4, M34-68-C-c-1, M34-68-C-c-2, M34-68-C-c-3, M34-68-C-c-4, M34-68-C-d-1, M34-68-C-d-2, M34-68-C-d-3, M34-68-C-d-4).

Wybrane publikacje:

- Pietrzak M., **Siwek J.**, 2001, *Wykorzystanie map historycznych przetworzonych przy użyciu GIS do oceny zmian użytkowania ziemi na Pogórzu Wiśnickim*, [w:] W. Chełmicki (red.), *Przemiany środowiska na Pogórzu Karpackim*, t.1: Procesy, gospodarka, monitoring, Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz. UJ, Kraków, 21-29. [poz. 64]
- Siwek J.**, Chełmicki W., Baścik M., 2013, *Hydrographic Maps as Sources of Information About the Polish Carpathians*, [in:] J.Kozak, K. Ostapowicz, A.Bytnerowicz, B. Wyżga (eds.), *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*, Environmental Science and Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 553-563, DOI: 10.1007/978-3-642-12725-0_39. [poz. 49]
- Szymański W., **Siwek J.**, Waścińska J., Wojtuń B., 2016a, *Texture and geochemistry of surface horizons of Arctic soils from a non-glaciated catchment, SW Spitsbergen*, Polish Polar Research, vol. 37(3): 361-377. doi: 10.1515/popore-2016-0019 [poz. 14]
- Szymański W., Wojtuń B., Stolarczyk M., **Siwek J.**, Waścińska J., 2016b, *Organic carbon and nutrients (N, P) in surface soil horizons in a non-glaciated catchment, SW Spitsbergen*, Polish Polar Research, 37(1): 49-66, DOI: 10.1515/popore-2016-000 [poz. 15]
- Żelazny M., **Siwek J.**, Kot M., Płaczkowska E., Wolanin A., Kasina M., Fidelus J., Chmielewska-Błotnicka D., Jelonekiewicz Ł., 2015a, *Zróznicowanie składu chemicznego wód potoków*, [w:] K. Dąbrowska, M. Guzik (red.), *Atlas Tatr - Przyroda nieożywiona*, Ark. III.5 Skład chemiczny wód, Tatrzański Park Narodowy, Zakopane [poz. 57].
- Żelazny M., **Siwek J.**, Węglarczyk S., Liova S., Simor V., Pęksa Ł., Wolanin A., Kolecka N., 2015b, *Zróznicowanie zjawisk hydrologicznych*, [w:] K. Dąbrowska, M. Guzik (red.), *Atlas Tatr - Przyroda nieożywiona*, Ark. III.3 Zjawiska hydrologiczne, Tatrzański Park Narodowy, Zakopane [poz. 59].
- Żelazny M., **Siwek J.**, Węglarczyk S., Ticova B., Danacova Z., Pęksa Ł., Wolanin A., Kolecka N., 2015c, *Zróznicowanie przepływu i odpływu*, [w:] K. Dąbrowska, M. Guzik (red.), *Atlas Tatr - Przyroda nieożywiona*, Ark. III.2 Przepływ i odpływ rzeczny, Tatrzański Park Narodowy, Zakopane [poz. 60].

