

**Autoreferat
stanowiący opis dorobku i osiągnięć naukowych**

dr Wojciech Szymański

Kraków, 2018

1. Życiorys naukowy

1.1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: **Wojciech Szymański**

1.2. Wykształcenie

2011

Doktor nauk o Ziemi, dyscyplina: geografia

Uniwersytet Jagielloński

Wydział Biologii i Nauk o Ziemi

Rozprawa doktorska pt. *„Poziom fragipan i jego rola w kształtowaniu właściwości gleb płowych Pogórza Karpackiego”*

Promotor: prof. dr hab. Stefan Skiba

2008

Świadectwo ukończenia studiów podyplomowych

„Gleboznawstwo, klasyfikacja i kartografia gleb”

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

2007

Magister

Uniwersytet Jagielloński

Wydział Biologii i Nauk o Ziemi

Kierunek: Geografia

Praca magisterska pt. *„Charakterystyka gleb płowych (Luvisols) Pogórza Karpackiego”*

Promotor: prof. dr hab. Stefan Skiba

2002

Świadectwo maturalne

II Liceum Ogólnokształcące im. Hetmana Jana Tarnowskiego w Tarnowie

Profil: menadżerski

1.3. Zatrudnienie i przebieg pracy zawodowej

2013 – obecnie

Adiunkt

Uniwersytet Jagielloński
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, od 1.03.2017 r. Wydział Geografii i Geologii
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków

2012 – 2013

Asystent

Uniwersytet Jagielloński
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków

2007 – 2011

Student studiów III stopnia

Uniwersytet Jagielloński
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków

2. Wskazanie osiągnięcia naukowego

2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Rozwój i zróżnicowanie gleb kriogenicznych równin nadmorskich południowo-zachodniego Spitsbergenu na przykładzie Fuglebergsletta

2.2. Spis jednotematycznych publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe

Szymański W., Skiba S., Wojtuń B., 2013. *Distribution, genesis, and properties of Arctic soils: a case study from the Fuglebekken catchment, Spitsbergen*. Polish Polar Research 34(3), 289-304.

Szymański W., Skiba M., Wojtuń B., Drewnik M., 2015. *Soil properties, micromorphology, and mineralogy of Cryosols from sorted and unsorted patterned grounds in the Hornsund area, SW Spitsbergen*. Geoderma 253-254, 1-11.

Szymański W., Wojtuń B., Stolarczyk M., Siwek J., Waścińska J., 2016a. *Organic carbon and nutrients (N, P) in surface soil horizons in a non-glaciated catchment, SW Spitsbergen*. Polish Polar Research 37(1), 49-66.

Szymański W., Siwek J., Waścińska J., Wojtuń B., 2016b. *Texture and geochemistry of surface horizons of Arctic soils from a non-glaciated catchment, SW Spitsbergen*. Polish Polar Research 37(3), 361–377.

Szymański W., 2017a. *Chemistry and spectroscopic properties of surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen)*. Catena 156, 325-337.

Szymański W., 2017b. *Quantity and chemistry of water-extractable organic matter in surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen)*. Geoderma 305, 30-39.

2.3. Komentarz autorski do osiągnięcia naukowego

2.3.1. Wstęp i cel badań

Gleba powstaje w wyniku wzajemnych interakcji pomiędzy litosferą, atmosferą, hydrosferą i biosferą i rozwija się w czasie odgrywając bardzo ważną rolę w obiegu materii i energii w ekosystemach lądowych (Brady i Weil 2004). Posiada ona zdolności do akumulacji i udostępniania wody oraz składników odżywczych roślinom i organizmom zwierzęcym żyjącym w środowisku glebowym (Van Breemen i Finzi 1998; Brady i Weil 2004). Gleba pełni w środowisku i gospodarce człowieka wiele ważnych funkcji. W ostatnich latach podkreśla się fakt, że jest ona niezmiernie ważnym elementem środowiska biorącym udział w obiegu węgla, co jest szczególnie istotne w kontekście zmian klimatycznych na kuli ziemskiej (Lal 2004; Smith i in. 2008; Kuhry i in. 2013; Zubrzycki i in. 2013).

W Arktyce największą powierzchnię zajmują gleby kriogeniczne (Jones i in. 2010), które w międzynarodowej World Reference Base for Soil Resources z 2015 r. (WRB 2015) klasyfikowane są jako Cryosols (IUSS Working Group WRB 2015), a w amerykańskiej systematyce gleb (USDA Soil Taxonomy) występują pod nazwą Gelisols (Soil Survey Staff 1999). W glebach kriogenicznych Arktyki znajduje się bardzo duży zasób węgla organicznego, co jest rezultatem surowych warunków klimatycznych tam panujących i związaną z tym niską aktywnością mikroorganizmów odpowiedzialnych za rozkład martwej materii organicznej (Klimowicz i in. 1997; White i in. 2002; Sjögersten i in. 2003; Uhlířová i in. 2007; Tarnocai i in. 2009; Kuhry i in. 2013; Zubrzycki i in. 2013; Hugelius i in. 2014; Ernakovich i in. 2015). Hugelius i in. (2014) oszacowali, że zasób węgla organicznego w glebach kriogenicznych występujących w Arktyce wynosi około 1300 Pg ($1\text{Pg} = 10^{15}\text{ g}$), co stanowi ponad połowę całkowitego zasobu węgla w glebach na Ziemi (Brady i Weil 2004). Na skutek ocieplania klimatu i wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza zakumulowana przez setki lub nawet tysiące lat materia organiczna w glebach kriogenicznych Arktyki może ulegać szybkiej mineralizacji doprowadzając do wzrostu emisji dwutlenku węgla i metanu z gleby do atmosfery i przyczyniać się do dalszego wzrostu temperatury powietrza powodując tzw. dodatnie sprzężenie zwrotne (Lal 2004; White i in. 2004; Andersen i White 2006; Paré i Bedard-Haughn 2012; Kuhry i in. 2013; Zubrzycki i in. 2013; Moni i in. 2015). Z drugiej zaś strony, wzrost temperatury powietrza w Arktyce może przyczynić się do wzrostu biomasy roślinnej zwiększając sekwestrację węgla organicznego na powierzchni lądów (Paré i Bedard-

Haughn 2012). Dodatkowo, globalne ocieplenie - które najwyraźniej widoczne jest właśnie w obszarach Arktyki - powoduje topnienie lodowców, odsłanianie nowych obszarów lądowych, sukcesję pierwotną roślinności na te obszary i rozwój nowopowstałych gleb, co również przyczynia się do akumulacji węgla organicznego (Kabala i Zapart 2009, 2012). Ostatnie badania pokazują jednak, że wzrost biomasy roślinnej w Arktyce może wystąpić tylko pod warunkiem zapewnienia dostatecznej wilgotności gleby i dostępności wody dla roślin (Forchhammer 2017; Opała-Owczarek i in. 2018), co podkreśla znaczenie współczesnych badań nad glebami w tym obszarze.

Gleby Spitsbergenu są bardzo wrażliwe na zmiany środowiskowe związane z globalnym ociepleniem, ponieważ wzrost temperatury powietrza przyczynia się do głębszego rozmarzania wieloletniej zmarzliny i w konsekwencji powoduje zmianę funkcjonowania gleb kriogenicznych. W związku z tym gleby te stanowią obecnie ważny obiekt badawczy z powodu wyraźnego ocieplania klimatu w obszarach polarnych. Dodatkowo, badania nad glebami Spitsbergenu i innych obszarów polarnych bardzo często wykazujących inicjalne stadium rozwoju pozwalają na pełniejsze zrozumienie genezy i ewolucji gleb.

Równiny nadmorskie występujące wzdłuż zachodniego wybrzeża Spitsbergenu charakteryzują się najlepiej wykształconą pokrywą glebową z uwagi na łagodniejsze warunki klimatyczne, płaską lub prawie płaską rzeźbę terenu, lepiej wykształconą pokrywą roślinną i niższy stopień zlodzenia w porównaniu z innymi obszarami na Spitsbergenie (Ziaja 1999, 2002; Skiba i in. 2002). Powstawanie i rozwój pokrywy glebowej na równinach nadmorskich nie są wszędzie jednakowe, co jest uzależnione od wielu czynników naturalnych, które wykazują bardzo duże zróżnicowanie nawet w mikroskali (Sjögersten i in. 2006; Paré i Bedard-Haughn 2012; Migąła i in. 2014).

Podstawowym i najważniejszym wskaźnikiem rozwoju gleb jest akumulacja materii organicznej oraz powstawanie poziomu organicznego i próchnicznego (He i Tang 2008; Burga i in. 2010; Kabala i Zapart 2012). Dodatkowymi kryteriami świadczącymi o stopniu zaawansowania pedogenezy jest miąższość profilu glebowego, obecność i stopień wykształcenia poziomów glebowych oraz struktury glebowej, a także skład chemiczny i mineralny materiału glebowego (He i Tang 2008; Burga i in. 2010; Kabala i Zapart 2012). Gleby odznaczające się słabym stopniem rozwoju (tzw. gleby inicjalne) wykazują najczęściej niską zawartość materii organicznej, niewielką miąższość profilu glebowego i poziomu

próchnicznego, obecność słabo wykształconych poziomów przemian glebowych lub całkowity ich brak, słaby stopień rozwoju struktury glebowej, a ich skład chemiczny i mineralny jest bardzo zbliżony do składu chemicznego i mineralnego materiału macierzystego. W trakcie rozwoju gleby stopniowo zwiększa się zawartość materii organicznej (do momentu osiągnięcia stanu równowagi), wzrasta miąższość profilu glebowego i poziomu próchnicznego, powstają coraz lepiej wykształcone poziomy przemian glebowych i rozwija się struktura glebowa, a skład chemiczny i mineralny materiału glebowego coraz bardziej różnicuje się w stosunku do składu chemicznego i mineralnego materiału macierzystego (He i Tang 2008; Burga i in. 2010; Kabala i Zapart 2012).

Badania gleb na Spitsbergenie prowadzone są od ponad 100 lat i skupiają się głównie na zachodnim jego wybrzeżu, ponieważ północna i wschodnia część wyspy jest w większości zajęta przez lodowce, a więc prawie całkowicie pozbawiona jest pokrywy glebowej (i – dodatkowo – jest trudniej dostępna). Zachodnie wybrzeże Spitsbergenu odznacza się łagodniejszym klimatem, co związane jest z oddziaływaniem ciepłego prądu morskiego (Prąd Zachodniospitsbergeński stanowiący odnogę Prądu Zatokowego) płynącego z południa w kierunku północnym (Ziaja 2002). Łagodniejszy klimat zachodniego wybrzeża Spitsbergenu przyczynia się do rozwoju pokrywy roślinnej i występowania lepiej wykształconych gleb w porównaniu z wybrzeżem wschodnim i północnym. Badania glebowe na Spitsbergenie prowadzone były w okolicy Ny-Ålesundu (Mann i in. 1986; Etzelmüller i Sollid 1991), na równinie nadmorskiej Kaffiøyra (Plichta i Kuczyńska 1991; Plichta i in. 1991; Dziadowiec i in. 1994), w Dolinie Adventdalen niedaleko Longyearbyen (Watanabe i in. 2016), w okolicy Zatoki Petuniabukta (Gulińska i in. 2003; van der Meij i in. 2016), w rejonie fiordu Bellsund (Klimowicz i Uziak 1988, 1996; Melke i Uziak 1989; Melke i in. 1990; Klimowicz i in. 1997; Melke i Chodorowski 2006; Świtoniak i in. 2014; Ziótek i Melke 2014; Ziótek i in. 2017), w okolicy lodowca Werenskioldbreen (Pirożnikow i Górniak 1992; Kabala i Zapart 2009, 2012), w rejonie Hornsundu (Szerszeń 1965, 1974; Bieńkowski 1990), a także na zachodnim wybrzeżu Sørkapplandu (Skiba i Kuczek 1993; Skiba i in. 2002). Z wyjątkiem szczegółowych i kompleksowych badań glebowych przeprowadzonych przez gleboznawców z ośrodka lubelskiego w rejonie fiordu Bellsund (Klimowicz i Uziak 1988, 1996; Melke i Uziak 1989; Melke i in. 1990; Klimowicz i in. 1997; Melke i Chodorowski 2006; Świtoniak i in. 2014; Ziótek i Melke 2014; Ziótek i in. 2017) zlokalizowanego w środkowej części zachodniego wybrzeża Spitsbergenu, pozostałe prace były ukierunkowane na jedno wąskie zagadnienie. Natomiast

brak jest szczegółowych i kompleksowych badań nad glebami kriogenicznymi równin nadmorskich południowo-zachodniego Spitsbergenu uwzględniających zarówno procesy abiotyczne jak i biotyczne.

Głównym celem moich badań było określenie stopnia i kierunku rozwoju gleb kriogenicznych równin nadmorskich południowo-zachodniego Spitsbergenu na przykładzie Fuglebergsletta, a także określenie i wyjaśnienie zróżnicowania gleb kriogenicznych równin nadmorskich południowo-zachodniego Spitsbergenu na przykładzie Fuglebergsletta.

Powyższy cel główny został zrealizowany poprzez osiągnięcie następujących szczegółowych celów badawczych:

- a) określenie morfologii, fizycznych i chemicznych właściwości oraz przestrzennego rozmieszczenia różnych jednostek typologicznych gleb kriogenicznych;
- b) porównanie fizycznych, chemicznych i mikromorfologicznych właściwości oraz składu mineralnego gleb kriogenicznych wykazujących wyraźne oznaki procesów krioturbacyjnych i sortowania mrozowego (gleby wieńcowe i poligonalne) oraz gleb kriogenicznych, które nie wykazują takich oznak;
- c) oznaczenie zawartości węgla organicznego, azotu całkowitego i fosforu całkowitego w powierzchniowych poziomach gleb kriogenicznych, a także określenie i wyjaśnienie ich zróżnicowania przestrzennego;
- d) wyjaśnienie zróżnicowania przestrzennego wybranych właściwości fizycznych i chemicznych poziomów powierzchniowych gleb kriogenicznych;
- e) określenie zawartości węgla organicznego, azotu całkowitego, wodoru i siarki, a także spektroskopowych właściwości powierzchniowych poziomów gleb kriogenicznych porośniętych różnymi zbiorowiskami tundrowymi w kontekście podatności materii organicznej na rozkład mikrobiologiczny na skutek ocieplania klimatu w Arktyce;
- f) oznaczenie zawartości oraz składu chemicznego i molekularnego materii organicznej rozpuszczalnej w wodzie w poziomach powierzchniowych gleb kriogenicznych porośniętych różnymi zbiorowiskami tundrowymi, a także określenie relacji pomiędzy zawartością tej frakcji materii organicznej i fizycznymi oraz chemicznymi właściwościami gleb.

2.3.2. Skrócony opis uzyskanych wyników

Badania naukowe nad pokrywą glebową równiny nadmorskiej Fuglebergsletta położonej po północnej stronie Hornsundu w południowo-zachodniej części Spitsbergenu, których wyniki wchodzi w skład osiągnięcia autora zostały rozpoczęte w lecie 2011 r. podczas 6-cio tygodniowego pobytu w Polskiej Stacji Polarnej.

Pierwszym etapem prac naukowych było wykonanie szczegółowego kartowania terenowego obszaru badań, podczas którego wykonano odkrywki glebowe, opisano profile glebowe i pobrano materiał do analiz laboratoryjnych. Badania te przeprowadzono we współpracy z botanikiem prof. dr hab. Bronisławem Wojtunem z Uniwersytetu Wrocławskiego, który był odpowiedzialny za część botaniczną prowadzonych badań. Wyniki tych badań, których efektem jest szczegółowa mapa gleb wschodniej części równiny nadmorskiej Fuglebergsletta, zostały opublikowane w 2013 r. w czasopiśmie *Polish Polar Research* (**Szymański i in. 2013**). W toku przeprowadzonych badań terenowych ustalono, że badany obszar odznacza się dużym zróżnicowaniem pokrywy glebowej, co związane jest z przestrzennym zróżnicowaniem czynników glebotwórczych (podłoża macierzystego i składu granulometrycznego materiału macierzystego, warunków hydrologicznych, pokrywy roślinnej, procesów morfogenetycznych i wpływu awifauny) na tym obszarze. Podniesione terasy morskie tworzące równinę nadmorską Fuglebergsletta odznaczają się dominacją typowych gleb kriogenicznych (Haplic Cryosols według międzynarodowej klasyfikacji WRB 2015), które wytworzone są z grubookruchowych osadów morskich. Gleby te odznaczają się najczęściej piaszczystym uziarnieniem części ziemistych i przez to są bardzo przepuszczalne dla wody stanowiąc siedliska dla suchych tundrowych zbiorowisk porostowo-krzewinkowych. W miejscach występowania bardziej drobnoziarnistych osadów morskich wykazujących uziarnienie gliniaste występują gleby kriogeniczne podlegające silnym procesom krioturbacyjnym (Turbic Cryosols według WRB 2015). Geneza tych gleb związana jest z procesami cyklicznego zamarzania i rozmarzania materiału. Procesy te, w obecności znacznej wilgotności warunkowanej przez gliniaste uziarnienie, prowadzą do rozsortowania materiału macierzystego. W efekcie powstają kamieniste wały w kształcie poligonów, wieńców lub pasów nadające charakterystyczną mikrorzeźbę takim powierzchniom. Z uwagi na silne ruchy mechaniczne materiału na skutek procesów krioturbacyjnych gleby te porośnięte są przez ubogą roślinność tworzącą tzw. tundrowe zbiorowiska poligonalne

z dominacją mat sinicowych oraz z pojedynczymi roślinami naczyniowymi. Wzdłuż potoków występują gleby kriogeniczne silnie oglejone (Reductaquic Cryosols według WRB 2015) porośnięte przez zwarte zbiorowiska bardzo wilgotnej tundry mszystej. Cechą charakterystyczną tych gleb jest bardzo płytkie występowanie zwierciadła wody gruntowej (na głębokości około 15-30 cm) i żwirowo-piaszczyste uziarnienie. Na licznych wychodniach skalnych znajdujących się na równinie nadmorskiej Fuglebergsletta występują bardzo płytkie gleby inicjalne skaliste (Lithic Leptosols według klasyfikacji WRB 2015), które porośnięte są głównie przez porosty i pojedyncze rośliny naczyniowe. Geneza tych gleb wiąże się z powolnym wietrzeniem twardych skał krystalicznych (kwarcytów, paragnejsów i łupków metamorficznych). We wschodniej części badanego obszaru występuje wał moreny bocznej lodowca Hansbreen, na którym przeważają bardzo inicjalne i kamieniste gleby kriogeniczne (Hyperskeletal Cryosols według klasyfikacji WRB 2015) porośnięte przez bardzo ubogą roślinność tworzącą inicjalne zbiorowiska tundrowe. W północno-zachodniej części badanego obszaru na stokach masywu Arikammen występują gleby inicjalne rumoszowe (Leptic Regosols Ornithic według klasyfikacji WRB 2015) będące pod wyraźnym wpływem kolonii ptasiej alczyków (*Alle alle*). Gleby te porośnięte są przez zwartą pokrywę roślinną, co związane jest z ich wzbogaceniem w składniki odżywcze takie jak azot i fosfor, które pochodzą z odchodów ptasich. Na pozostałej części powierzchni stoków Arikammen i Fugleberget przeważają gleby inicjalne rumoszowe (Leptic Regosols według klasyfikacji WRB 2015), którym towarzyszą gleby inicjalne skaliste (Lithic Leptosols) występujące na wychodniach skalnych. Należy podkreślić, że szczegółowe kartowanie pokrywy glebowej oraz analiza pokrywy glebowej w obszarze sąsiadującym z Polską Stacją Polarną nie zostało do tej pory przeprowadzone pomimo kilkudziesięciu lat istnienia i funkcjonowania tej stacji oraz prowadzenia wielu badań przyrodniczych w jej otoczeniu.

Występowanie na badanym obszarze w bliskim sąsiedztwie gleb kriogenicznych wykazujących wyraźne oznaki procesów krioturbacyjnych i sortowania mrozowego (Turbic Cryosols) oraz gleb kriogenicznych nie wykazujących takich oznak (Haplic Cryosols) stało się dogodną okazją do wyjaśnienia uwarunkowań ich powstawania i rozwoju. Celem nadrzędnym tych badań była weryfikacja hipotezy, że obecność pęczniejących minerałów ilastych w materiale macierzystym sprzyja formowaniu sortowanych gleb kriogenicznych (Turbic Cryosols), ponieważ minerały te są w dużej mierze odpowiedzialne za sorbowanie wody i przez to zwiększają wilgotność materiału glebowego, a to z kolei sprzyja ruchom

mechanicznym gruntu i sortowaniu mrozowemu materiału glebowego. Wyniki tych badań, które zostały opublikowane w czasopiśmie *Geoderma* w 2015 r. (**Szymański i in. 2015**) wykazały, że gleby kriogeniczne charakteryzujące się wyraźnymi oznakami procesów krioturbacyjnych i sortowania mrozowego (Turbic Cryosols) odznaczają się nieco wyższą zawartością pęczniejących minerałów ilastych w porównaniu z glebami kriogenicznymi nie wykazującymi takich oznak (Haplic Cryosols). Jakościowy skład mineralny części ziemistych i frakcji iłowej jest natomiast podobny w obydwu typach gleb. Wszystkie badane gleby kriogeniczne charakteryzują się przewagą kwarcu, mik dioktaedrycznych, plagioklazów i pęczniejących minerałów ilastych z grupy smektytu, a w mniejszych ilościach występują również: skalenie potasowe, biotyt, amfibole, pirokseny, granaty, chloryt, śladowe ilości goethytu, a w niektórych glebach dodatkowo obecny jest kalcyt i śladowe ilości kaolinitu. Wyniki tych badań wykazały, że geneza gleb sortowanych mrozowo (Turbic Cryosols) jest związana głównie z drobniejszym ich uziarnieniem (wyższą zawartością frakcji pyłowej i iłowej, a niższą zawartością frakcji piaskowej) i większą wilgotnością tych gleb w porównaniu z glebami kriogenicznymi nie wykazującymi wyraźnych oznak sortowania mrozowego (Haplic Cryosols). Różnice w składzie mineralnym pomiędzy tymi glebami są mniej istotne i nie odgrywają kluczowej roli w wyjaśnieniu różnic w ich genezie i rozwoju. Przeprowadzone szczegółowe badania mineralogiczne i mikromorfologiczne udowodniły obecność słabych procesów wietrzenia chemicznego w badanych glebach i transformację biotytu w wermikulit i minerały mieszanopaketowe typu biotyt-wermikulit i/lub biotyt-wermikulit-smektyt. Należy zwrócić uwagę na fakt, że tak szczegółowa analiza składu mineralnego gleb Spitsbergenu obejmująca zarówno aspekt jakościowy, jak i ilościowy nie była wcześniej przeprowadzona.

Kolejne dwie publikacje opublikowane w czasopiśmie *Polish Polar Research* w 2016 r. wchodzące w skład osiągnięcia autora dotyczą chemicznych i fizycznych właściwości poziomów powierzchniowych gleb kriogenicznych występujących we wschodniej części równiny nadmorskiej Fuglebergsletta oraz ich przestrzennego zróżnicowania (**Szymański i in. 2016a, 2016b**). Pierwsza praca (**Szymański i in. 2016a**) dotyczy zawartości węgla organicznego, azotu całkowitego, fosforu całkowitego oraz wartości wskaźnika C/N w poziomach powierzchniowych gleb i ich przestrzennego zróżnicowania. Uzyskane wyniki wykazały, że zawartość badanych form pierwiastków w poziomach powierzchniowych gleb kriogenicznych są bardzo zróżnicowane. Uwarunkowane to jest dużą heterogenicznością

gleb, co wynika ze zróżnicowania podłoża macierzystego, zróżnicowanych warunków hydrologicznych, zróżnicowania pokrywy roślinnej i nierównomiernego oddziaływania ptaków (zarówno bezpośredniego jak i pośredniego). Powierzchniowe poziomy gleb kriogenicznych charakteryzujące się największą zawartością węgla organicznego, azotu całkowitego i fosforu całkowitego występują w miejscach użyźnianych odchodami ptasimi oraz wzdłuż potoków mających swój obszar alimentacyjny w obrębie kolonii ptasiej lub w jej pobliżu. Otrzymane silne i ujemne współczynniki korelacji pomiędzy zawartością węgla organicznego, azotu całkowitego, fosforu całkowitego i odległością od centrum kolonii ptasiej alczyków (*Alle alle*) jednoznacznie wskazują na wpływ odchodów ptasich na zawartość azotu i fosforu w badanych glebach oraz pośrednio na akumulację materii organicznej. Z kolei najniższą zawartością węgla organicznego, azotu całkowitego i fosforu całkowitego odznaczają się gleby kriogeniczne występujące na wale moreny bocznej lodowca Hansbreen i w jego sąsiedztwie, co należy wiązać z brakiem lub bardzo słabym wpływem oddziaływania kolonii ptaków na te gleby oraz z ubogą pokrywą roślinną wynikającą z bardzo niekorzystnych warunków siedliskowych w tej części badanego obszaru (niestabilność podłoża, bardzo kamieniste gleby, relatywnie gorsze warunki mikroklimatyczne związane z bliskością lodowca Hansbreen). Ponadto, uzyskane wyniki wskazują, że zawartości azotu całkowitego i fosforu całkowitego oraz węgla organicznego w badanych glebach są silnie i dodatnio ze sobą skorelowane co oznacza, że im więcej azotu i fosforu w glebie tym również większa zawartość materii organicznej z powodu lepiej rozwiniętej pokrywy roślinnej porastającej zasobne w azot i fosfor miejsca. Najważniejszym wnioskiem tej pracy jest udowodnienie wyraźnego wpływu kolonii ptasiej na wzbogacenie w składniki odżywcze (azot i fosfor) gleb kriogenicznych i przez to pośredni jej wpływ na akumulację materii organicznej w glebie.

Kolejna praca (**Szymański i in. 2016b**) prezentuje i wyjaśnia zróżnicowanie poziomów powierzchniowych gleb kriogenicznych pod względem składu granulometrycznego, odczynu oraz właściwości geochemicznych. Uzyskane wyniki wyraźnie pokazują znaczne zróżnicowanie zawartości frakcji granulometrycznych (piaskowej, pyłowej i iłowej) wynikające ze zróżnicowania genetycznego podłoża macierzystego badanych gleb, które stanowią przemodelowane mrozowo i eolicznie osady morskie, gliny morenowe oraz pokrywy zwietrzelinowe. Większość badanych gleb wykazuje przewagę zawartości frakcji piaskowej co należy wiązać z trudno wietrzejącym materiałem macierzystym i słabymi

procesami wietrzenia chemicznego, które mogłyby doprowadzić do formowania się wtórnych minerałów ilastych. Na podstawie uzyskanych wyników udało się stwierdzić, że przestrzenne zróżnicowanie zawartości frakcji piaskowej, pyłowej i iłowej w poziomach powierzchniowych badanych gleb jest wynikiem wielu różnych procesów takich jak: pierwotnie zróżnicowana sedimentacja osadów morskich, spłukiwanie drobnych frakcji (pyłowej i iłowej) ze stromych stoków Arie kammen i Fugleberget otaczających badany obszar od północy, a także współczesne procesy działające w warunkach peryglacialnych (krioturbacja, soliflukcja, geliflukcja) oraz działalność wiatru. W pracy tej stwierdzono również, że poziomy powierzchniowe gleby o najwyższym pH (>8.0 w wodzie dejonizowanej) występują na wale moreny bocznej lodowca Hansbreen. Związane to jest z obecnością znacznej zawartości węglanów (do ponad 10%) w tych glebach oraz występowaniem bardzo słabo wykształconych i często nieciągłych poziomów próchnicznych, co jest skutkiem ubogiej roślinności porastającej ten obszar. Słabo wykształcone poziomy próchniczne dostarczają z kolei niewielkiej ilości kwasów organicznych, które mogłyby obniżyć pH gleby. Gleby występujące w obrębie ptasiej kolonii i w jej sąsiedztwie odznaczają się natomiast poziomami powierzchniowymi o najniższym pH (<6.5 w wodzie dejonizowanej). W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono, że najniższe pH tych właśnie gleb związane jest z bezpośrednim wpływem odchodów ptasich, które początkowo są alkaliczne, ale na skutek ich rozkładu powstaje kwas szczawiowy, który zakwasza glebę. Drugim czynnikiem obniżającym pH tych gleb jest bujna roślinność porastająca miejsca użyźniane azotem i fosforem pochodzącymi z ptasich odchodów i dostarczająca znacznej ilości martwej materii organicznej przetwarzanej na kwasy organiczne. Skład chemiczny badanych poziomów powierzchniowych gleb jest zdominowany przez SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 i K_2O , a w mniejszych ilościach występuje CaO , MgO i Na_2O . W ostatecznej konkluzji stwierdzono, że przestrzenne zróżnicowanie zawartości poszczególnych składników jest związane z genetyczną i granulometryczną heterogenicznością podłoża macierzystego, zróżnicowanym stopniem rozwoju pokrywy roślinnej, poziomów organicznych i próchnicznych, a także nierównomiernym wpływem ptaków na gleby na badanym obszarze.

Niezmiernie istotną sprawą w kontekście zachodzących zmian klimatycznych i wyraźnego ocieplania klimatu zwłaszcza w obszarach polarnych jest zawartość materii organicznej zakumulowanej w glebach kriogenicznych, a także jej potencjalna podatność na rozkład mikrobiologiczny. W pracy opublikowanej w czasopiśmie *Catena* w 2017 r.

(Szymański 2017a) zostały przedstawione wyniki dotyczące składu chemicznego (zawartość węgla, azotu, wodoru i siarki) oraz właściwości spektroskopowych poziomów powierzchniowych gleb kriogenicznych porośniętych przez różne zbiorowiska tundrowe w kontekście podatności glebowej materii organicznej na rozkład mikrobiologiczny. Uzyskane wyniki wykazały, że gleby porośnięte przez zbiorowiska bardzo wilgotnej tundry mszystej oraz zbiorowiska tundry ornitokopofilnej odznaczają się zdecydowanie wyższą zawartością węgla organicznego i azotu całkowitego w porównaniu z glebami porośniętymi przez zbiorowiska tundry porostowo-krzewinkowej, poligonalnej i inicjalnej. Wysoki stosunek E_4/E_6 (stosunek absorpcji UV-Vis zmierzonej przy długości fali 472 nm i 664 nm – zwany również indeksem humifikacji) uzyskany dla substancji próchnicznych ekstrahowanych za pomocą 0.5M NaOH świadczy o niskim stopniu humifikacji kwasów próchnicznych w glebach porośniętych zbiorowiskami tundry ornitokopofilnej, bardzo wilgotnej tundry mszystej i porostowo-krzewinkowej. Wyniki analizy spektroskopowej w podczerwieni (FTIR) wykazały, że materia organiczna w glebach porośniętych zbiorowiskami tundry poligonalnej, inicjalnej i porostowo-krzewinkowej zbudowana jest z pierścieni aromatycznych (trudniej rozkładalne przez mikroorganizmy), które przeważają ilościowo nad łańcuchami alifatycznymi (łatwiej rozkładalne przez mikroorganizmy). Natomiast w glebach porośniętych zbiorowiskami tundry ornitokopofilnej i bardzo wilgotnej tundry mszystej materia organiczna zbudowana jest z łańcuchów alifatycznych, które przeważają ilościowo nad pierścieniami aromatycznymi. Z badań tych wynika, że gleby porośnięte przez zbiorowiska tundry ornitokopofilnej i bardzo wilgotnej tundry mszystej odznaczające się znaczną potencjalną podatnością materii organicznej na rozkład mikrobiologiczny na skutek ocieplenia klimatu zajmują około 30% badanego obszaru. Natomiast gleby porośnięte zbiorowiskami tundry poligonalnej i inicjalnej charakteryzujące się obecnością materii organicznej trudniej potencjalnie rozkładalnej przez mikroorganizmy zajmują około 40% badanego obszaru. Gleby porośnięte przez zbiorowiska tundry porostowo-krzewinkowej zajmujące około 30% badanego obszaru wykazują największe zróżnicowanie w jakości i ilości zakumulowanej materii organicznej, co uniemożliwia jednoznaczne określenie reakcji tych gleb na ocieplenie klimatu. Pomimo różnic w zawartości węgla organicznego i azotu całkowitego, a także we właściwościach spektroskopowych pomiędzy badanymi glebami, stosunek C/N jest niski i bardzo podobny. Związane to jest z dostarczaniem przez ptaki w postaci odchodów związków azotu do gleb porośniętych przez zbiorowiska tundry ornitokopofilnej i bardzo wilgotnej tundry mszystej.

Wyniki te wskazują więc, że stosunek C/N nie jest wiarygodnym wskaźnikiem stopnia rozkładu materii organicznej w glebach będących pod oddziaływaniem odchodów ptasich w Arktyce. Należy podkreślić, że przeprowadzone badania nad zawartością i jakością materii organicznej w glebach porośniętych różnymi zbiorowiskami tundrowymi na Spitsbergenie są pierwszymi tak szczegółowymi badaniami.

Ostatni artykuł wchodzący w skład osiągnięcia, który został opublikowany w czasopiśmie *Geoderma* w 2017 r. (**Szymański 2017b**) dotyczy zawartości oraz składu chemicznego i molekularnego materii organicznej rozpuszczalnej w wodzie (WEOM) w glebach kriogenicznych porośniętych różnymi zbiorowiskami tundrowymi. W badaniach tych zwrócono również uwagę na relację pomiędzy zawartością WEOM a fizycznymi i chemicznymi właściwościami gleb. Uzyskane wyniki wykazały, że największa zawartość węgla organicznego rozpuszczalnego w wodzie (WEOC) i azotu całkowitego rozpuszczalnego w wodzie (WETN) występuje w glebach porośniętych zbiorowiskami bardzo wilgotnej tundry mszystej oraz ornitokopofilnej, a gleby porośnięte zbiorowiskami tundry porostowokrzewinkowej i poligonalnej charakteryzują się zdecydowanie niższą zawartością WEOC i WETN. Średnio, w badanych glebach WEOC stanowi do 8.0% całkowitej zawartości węgla organicznego (SOC), a WETN stanowi do 1.5% ogólnej zawartości azotu całkowitego (N_{tot}). Najniższą proporcją WEOC w stosunku do SOC i WETN do N_{tot} charakteryzują się gleby wykazujące najwyższą zawartość materii organicznej, a gleby odznaczające się najniższą zawartością materii organicznej wykazują najwyższą proporcję WEOC w stosunku do SOC i WETN do N_{tot} . Uzyskane wyniki dowodzą, że zawartość WEOC i WETN w badanych glebach jest dodatnio skorelowana z zawartością SOC, N_{tot} , fosforu całkowitego i stosunkiem C/N, a także ujemnie skorelowana z pH gleby i zawartością części mineralnych wyrażonych jako zawartość części popielnych. Wyniki uzyskane z analizy spektroskopowej w podczerwieni (FTIR-ATR) wykazały wyraźne różnice w składzie molekularnym WEOM pomiędzy badanymi glebami. Rozpuszczalna materia organiczna w wodzie (WEOM) w glebach porośniętych zbiorowiskami bardzo wilgotnej tundry mszystej i ornitokopofilnej odznacza się przewagą pierścieni aromatycznych nad łańcuchami alifatycznymi. Natomiast WEOM w glebach porośniętych zbiorowiskami tundry poligonalnej charakteryzuje się przewagą łańcuchów alifatycznych nad pierścieniami aromatycznymi. Rozpuszczalna materia organiczna w wodzie (WEOM) w glebach kriogenicznych porośniętych zbiorowiskami tundry porostowokrzewinkowej wykazuje bardzo zbliżoną zawartość łańcuchów alifatycznych i pierścieni

aromatycznych. Należy podkreślić, że przeprowadzone badania nad zawartością i składem chemicznym oraz molekularnym WEOM są pierwszymi tego typu badaniami przeprowadzonymi na materiale glebowym ze Spitsbergenu i tzw. Wysokiej Arktyki. Ponadto, według mojej wiedzy, badania nad WEOM w obszarach całej Arktyki są bardzo rzadkie i były przeprowadzone tylko na Alasce oraz na Syberii.

2.3.3. Podsumowanie

Przedstawiony cykl publikacji stanowi spójną całość dotyczącą rozwoju i zróżnicowania gleb kriogenicznych równiny nadmorskiej Fuglebergsletta stanowiącej przykład równin nadmorskich południowo-zachodniego Spitsbergenu. Pomimo faktu, że badania glebowe na Spitsbergenie są prowadzone od ponad 100 lat wiele zagadnień dotyczących ich genezy, właściwości i zróżnicowania nie było do tej pory poruszanych i wiele niewiadomych nie zostało dotąd wyjaśnionych. Warto podkreślić, że badania glebowe na Spitsbergenie w ostatniej dekadzie nie były prowadzone w tak dużym stopniu jak wcześniej, a rozwój technologii i nowych możliwości analitycznych w ostatnich latach umożliwia obecnie pełniejsze i bardziej szczegółowe badania naukowe dotyczące pokrywy glebowej tego obszaru.

Do najważniejszych osiągnięć przeprowadzonych przeze mnie badań naukowych nad glebami kriogenicznymi równin nadmorskich południowo-zachodniego Spitsbergenu zaliczam:

- a) opracowanie szczegółowej mapy glebowej wschodniej części równiny nadmorskiej Fuglebergsletta, która może być bardzo pomocna dla innych naukowców prowadzących badania środowiskowe w okolicy Polskiej Stacji Polarnej;
- b) wykazanie, że obecność pęczniejących minerałów ilastych z grupy smektytu nie jest kluczowa dla występowania silnych procesów krioturbacyjnych prowadzących do rozwoju sortowanych mrozowo gleb poligonalnych;
- c) udowodnienie kluczowego wpływu kolonii ptasich (bezpośredniego i pośredniego) na wzbogacenie w składniki odżywcze (azot i fosfor) gleb kriogenicznych i rozwój pokrywy roślinnej, a przez to pośredni ich wpływ na akumulację materii organicznej w glebie;

- d) wykazanie, że przestrzenne zróżnicowanie granulometryczne, zawartości poszczególnych pierwiastków, a także pH gleby jest związane z genetyczną i granulometryczną heterogenicznością materiału macierzystego, zróżnicowanym stopniem rozwoju pokrywy roślinnej, poziomów organicznych i próchnicznych, a także nierównomiernym wpływem ptaków na gleby kriogeniczne;
- e) wykazanie, że zawartość oraz skład chemiczny i molekularny materii organicznej, a tym samym jej potencjalna podatność na rozkład mikrobiologiczny związany z ocieplaniem klimatu w Arktyce w glebach kriogenicznych porośniętych różnymi zbiorowiskami tundrowymi jest różna i należy brać to pod uwagę przy konstruowaniu modeli zmian środowiskowych jako skutkach zmian klimatycznych.

2.3.4. Literatura

- Andersen S.K., White D.M., 2006. Determining soil organic matter quality under anaerobic conditions in arctic and subarctic soils. *Cold Regions Science and Technology* 44, 149–158.
- Bieńkowski P., 1990. The rate of cellulose decomposition in soils of Spitsbergen tundra. *Polish Polar Research* 11(1-2), 39-45.
- Brady N.C., Weil R.R., 2004. *The nature and properties of soils*. Pearson Education, Inc., Delhi, India.
- Burga C.A., Krüsi B., Egli M., Wernli M., Elsener S., Ziefle M., Fischer T., Mavris C., 2010. Plant succession and soil development on the foreland of the Morteratsch glacier (Pontresina, Switzerland): Straight forward or chaotic? *Flora* 205, 561-576.
- Dziadowiec H., Gonet S., Plichta W., 1994. Properties of humic acids of Arctic tundra soils in Spitsbergen. *Polish Polar Research* 15(1-2), 71–81.
- Ernakovich J.G., Wallenstein M.D., Calderón F.J., 2015. Chemical indicators of cryoturbation and microbial processing throughout an Alaskan permafrost soil depth profile. *Soil Science Society of America Journal* 79, 783–793.
- Etzelmüller B., Sollid J.L., 1991. The role of weathering and pedological processes for the development of sorted circles on Kvadehuksletta, Svalbard – a short report. *Polar Research* 9(2), 181–191.
- Forchhammer M., 2017. Sea-ice induced growth decline in Arctic shrubs. *Biology Letters* 13, 20170122.
- Gulińska J., Rachlewicz G., Szczuciński W., Barańkiewicz D., Kózka M., Bulska E., Burzyk M., 2003. Soil contamination in High Arctic areas of human impact, Central Spitsbergen, Svalbard. *Polish Journal of Environmental Studies* 12(6), 701-707.
- He L., Tang Y., 2008. Soil development along primary succession sequences on moraines of Hailuoguo Glacier, Gongga Mountain, Sichuan, China. *Catena* 72, 259-269.
- Hugelius G., Strauss J., Zubrzycki S., Harden J.W., Schuur E.A.G., Ping C.L., Schirrmeister L., Grosse G., Michaelson G.J., Koven C.D., O'donnell J.A., Elberling G.B., Mishra U., Camill P., Yu Z., Palmtag J., Kuhry P., 2014. Improved estimates show large circumpolar stocks of permafrost carbon while quantifying substantial uncertainty ranges and identifying remaining data gaps. *Biogeosciences* 11, 6573–6593.

- IUSS Working Group WRB 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. Rome, FAO.
- Jones A., Stolbovoy C., Tarnocai C., Broll G., Spaargaren O., Montanarella L., (red.), 2010. Soil atlas of the northern circumpolar region. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxemburg.
- Kabala C., Zapart J., 2009. Recent, relic and buried soils in the forefield of Werenskiold Glacier, SW Spitsbergen. Polish Polar Research 30(2), 161–178.
- Kabala C., Zapart J., 2012. Initial soil development and carbon accumulation on moraines of the rapidly retreating Werenskiold Glacier, SW Spitsbergen, Svalbard Archipelago. Geoderma 175–176, 9–20.
- Klimowicz Z., Uziak S., 1988. Soil-forming processes and soil properties in the Calypsostranda region (Spitsbergen). Polish Polar Research 9(1), 61–71.
- Klimowicz Z., Uziak S., 1996. Arctic soil properties associated with micro-relief forms in the Bellsund region (Spitsbergen). Catena 28, 135–149.
- Klimowicz Z., Melke J., Uziak S., 1997. Peat soils in the Bellsund region, Spitsbergen. Polish Polar Research 18(1), 25–39.
- Kuhry P., Grosse G., Harden J.W., Hugelius G., Koven C.D., Ping C.L., Schirrmeyer R.L., Tarnocai C., 2013. Characterisation of the permafrost carbon pool. Permafrost and Periglacial Processes 24, 146–155.
- Lal R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma 123, 1–22.
- Mann D.H., Sletten R.S., Ugolini F.C., 1986. Soil development at Kongsfjord, Spitsbergen. Polar Research 4, 1–16.
- Melke J., Chodorowski J., 2006. Formation of arctic soils in Chamberlindalen, Bellsund, Spitsbergen. Polish Polar Research 27(2), 119–132.
- Melke J., Uziak S., 1989. Dynamics of moisture, redox potential and oxygen diffusion rate of some soils from Calypsostranda, Spitsbergen. Polish Polar Research 10(1), 91–104.
- Melke J., Chodorowski J., Uziak S., 1990. Soil formation and soil properties in the areas of Lyellstranda, Dyrstad and Logne in the region of Bellsund (West Spitsbergen). Polish Journal of Soil Science 23(2), 213–222.
- Migała K., Wojtuń B., Szymański W., Muskała P., 2014. Soil moisture and temperature variation under different types of tundra vegetation during the growing season: A case study from the Fuglebekken catchment, SW Spitsbergen. Catena 116, 10–18.
- Moni C., Lerch T.Z., de Zarruk K.K., Strand L.T., Forte C., Certini G., Rasse D.P., 2015. Temperature response of soil organic matter mineralization in arctic soil profiles. Soil Biology & Biochemistry 88, 236–246.
- Opała-Owczarek M., Pirożnikow E., Owczarek P., Szymański W., Luks B., Kępski D., Szymanowski M., Wojtuń B., Migała K., 2018. The influence of abiotic factors on the growth of two vascular plant species (*Saxifraga oppositifolia* and *Salix polaris*) in the High Arctic. Catena 163, 219–232.
- Paré M.C., Bedard-Haughn A., 2012. Landscape-scale N mineralization and greenhouse gas emissions in Canadian Cryosols. Geoderma 189–190, 469–479.
- Pirożnikow E., Górniak A., 1992. Changes in the characteristics of the soil and vegetation during the primary succession in the marginal zone of the Werenskiold glacier, Spitsbergen. Polish Polar Research 13(1), 19–29.
- Plichta W., Kuczyńska I., 1991. Metal contents in soils of Kaffiøyra, Spitsbergen. Polish Polar Research 12(2), 183–193.
- Plichta W., Kuczyńska I., Sapek A., 1991. Profile distribution of metals in Gelic Cambisols of Kaffiøyra, Spitsbergen. Polish Polar Research 12(2), 195–201.
- Sjögersten S., Turner B.L., Mahieu N., Condron L.M., Wookey P.A., 2003. Soil organic matter biochemistry and potential susceptibility to climatic change across the forest tundra ecotone in the Fennoscandian mountains. Global Change Biology 9, 759–772.
- Sjögersten S., Van der Wal R., Woodin S.J., 2006. Small-scale hydrological variation determines landscape CO₂ fluxes in the high Arctic. Biogeochemistry 80, 205–216.

- Skiba S., Drewnik M., Kacprzak A., 2002. Soils of the western coast of Sørkappland. w: W. Ziaja i S. Skiba (red.) Sørkappland landscape structure and functioning (Spitsbergen, Svalbard). Wydawnictwo UJ, Kraków, 51–86.
- Skiba S., Kuczek M., 1993. Preliminary studies of the soil cover in north-west Sørkappland, SW Spitsbergen. Zeszyty Naukowe UJ Prace Geograficzne 94, 93-103.
- Smith P., Fang C., Dawson J.J.C., Moncrieff J.B., 2008. Impact of global warming on soil organic carbon. *Advances in Agronomy* 97, 1–43.
- Soil Survey Staff 1999. Soil Taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd edition, Handbook No. 436. Natural Resources Conservation Service, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Szerszeń L., 1965. Studia nad glebami strefy klimatu arktycznego na przykładzie południowo-zachodniego Spitsbergenu. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Rolniczej we Wrocławiu 60, 39–82.
- Szerszeń L., 1974. Wpływ czynników bioklimatycznych na procesy zachodzące w glebach Sudetów i Spitsbergenu. *Roczniki Gleboznawcze* 25, 53–99.
- Świtoniak M., Melke J., Bartmiński P., 2014. The differences in cellulolytic activity of the Arctic soils of Calypsostranda, Spitsbergen. *Polar Record* 50(2), 199–208.
- Tarnocai C., Canadell J.G., Schuur E.A.G., Kuhry P., Mazhitova G., Zimov S., 2009. Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB2023.
- Uhlířová E., Šantrůčková H., Davidov S.P., 2007. Quality and potential biodegradability of soil organic matter preserved in permafrost of Siberian tussock tundra. *Soil Biology & Biochemistry* 39, 1978–1989.
- Van Breemen N., Finzi A.C., 1998. Plant–soil interactions: Ecological aspects and evolutionary implications. *Biogeochemistry* 42, 1–19.
- Van der Meij W.M., Temme A.J.A.M., de Kleijn C.M.F.J.J., Reimann T., Heuvelink G.B.M., Zwoliński Z., Rachlewicz G., Rymer K., Sommer M., 2016. Arctic soil development on a series of marine terraces on central Spitsbergen, Svalbard: a combined geochronology, fieldwork and modelling approach. *Soil* 2, 221-240.
- Watanabe T., Matsuoka N., Christiansen H.H., Cable S., 2016. Soil physical and environmental conditions controlling patterned-ground variability at a continuous permafrost site, Svalbard. *Permafrost and Periglacial Processes* 28(2), 433-445.
- White D.M., Garland D.S., Dai X., Ping C.L., 2002. Fingerprinting soil organic matter in the arctic to help predict CO₂ flux. *Cold Regions Science and Technology* 35, 185–194.
- White D.M., Garland D.S., Ping C.L., Michaelson G., 2004. Characterizing soil organic matter quality in arctic soil by cover type and depth. *Cold Regions Science and Technology* 38, 63–73.
- Ziaja W., 1999. Rozwój geosystemu Sørkapplandu, Svalbard. Wydawnictwo UJ, Kraków.
- Ziaja W., 2002. Changes in the landscape structure of Sørkappland. w: W. Ziaja i S. Skiba (red.) Sørkappland landscape structure and functioning (Spitsbergen, Svalbard). Wydawnictwo UJ, Kraków: 18–50.
- Ziółek M., Bartmiński P., Stach A., 2017. The influence of seabirds on the concentration of selected heavy metals in organic soil on the Bellsund coast, western Spitsbergen. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 49(4), 507–520.
- Ziółek M., Melke J., 2014. The impact of seabirds on the content of various forms of phosphorus in organic soils of the Bellsund coast, western Spitsbergen. *Polar Research* 33, 19986, <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.19986>
- Zubrzycki S., Kutzbach L., Grosse G., Desyatkin A., Pfeiffer E.M., 2013. Organic carbon and total nitrogen stocks in soils of the Lena River Delta. *Biogeosciences* 10, 3507–3524.

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Główną dziedziną moich badań jest geografia fizyczna, a w szczególności gleboznawstwo i geografia gleb. Moje zainteresowania naukowe dotyczą genezy i ewolucji gleb obszarów górskich, wyżynnych oraz polarnych, kartografii i systematyki gleb oraz mikromorfologii i mineralogii gleb. Swoje badania naukowe prowadzę w Karpatach w Polsce i na Ukrainie, na wyżynach lessowych w Polsce, a także w obszarach polarnych (Spitsbergen). W badaniach wykorzystuję najnowsze metody z zakresu gleboznawstwa (m.in. mikroskopia polaryzacyjna i skaningowa) oraz mineralogii (np. dyfraktometria rentgenowska, spektroskopia absorpcyjna w podczerwieni, elektronowa mikroskopia skaningowa, spektroskopia Mössbauerowska).

Pierwszym moim obszarem szczegółowych zainteresowań naukowo-badawczych było wyjaśnienie genezy i ewolucji poziomu *fragipan* w glebach płowych Pogórza Karpackiego oraz określenie jego właściwości fizycznych, chemicznych, mikromorfologicznych i mineralogicznych. Badania te zostały przeprowadzone w oparciu o projekt badawczy własny pt. „*Rola poziomu fragipan w kształtowaniu ekologicznych właściwości gleb płowych (Albeluvisols)*” sfinansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego i realizowany w latach 2008-2009. Powyższe badania były związane z moją rozprawą doktorską, którą obroniłem z wyróżnieniem w czerwcu 2011 r. W rozprawie doktorskiej wykazałem, że geneza poziomu *fragipan* w glebach płowych Pogórza Karpackiego jest związana z procesem *lessiważu*, czyli grawitacyjnym przemieszczeniem frakcji koloidalnej (minerałów ilastych i tlenków żelaza) w głąb profilu glebowego. Przewaga pęczniejących minerałów ilastych z grupy smektytu w przemieszczonej w profilu glebowym frakcji iłowej i zakumulowanej w poziomie *fragipan* przyczyniła się do ewolucji tego poziomu w wyniku cyklicznego kurczenia i pęcznienia materiału glebowego na skutek wysychania i zwilżania. Procesy te są odpowiedzialne za powstanie głębokich pionowych szczelin, które stanowią główne korytarze dla infiltracji wody opadowej i roztopowej co prowadzi do eluwiacji minerałów ilastych i tlenków żelaza z materiału glebowego znajdującego się w sąsiedztwie pionowych szczelin z wysychania. W efekcie, powstają wybielone języki zaciekowe w obrębie zagęszczonego i słabo przepuszczalnego poziomu *fragipan*. Nagromadzenie dużej ilości pęczniejących minerałów ilastych w poziomie *fragipan* odpowiada także za charakterystyczną dla tego poziomu twardość w stanie suchym oraz kruchość w stanie

wilgotnym. Wyniki powyższych badań zostały opublikowane w czasopismach naukowych takich jak *Geoderma* (Szymański i in. 2011) oraz *Catena* (Szymański i in. 2012).

Kontynuacją badań nad glebami płowymi i występującym w nich poziomem *fragipan* było określenie wpływu poziomu *fragipan* na infiltrację wody w tych glebach na podstawie rozmieszczenia i morfologii noduli żelazisto-manganowych w profilu glebowym. Moje badania wykazały, że największe nagromadzenie powyższych noduli występuje w poziomie eluwialnym leżącym bezpośrednio nad poziomem *fragipan* co wskazuje na okresowe stagnowanie wody (powstawanie tzw. zwierciadła wody zawieszanej) i występowanie procesów oksydacyjno-redukcyjnych. Ponadto oznaczenie składu chemicznego noduli żelazisto-manganowych wykazało akumulację metali śladowych (Cu, Zn) oraz fosforu w ich obrębie co należy wiązać z sorpcją tych pierwiastków przez tlenki żelaza i manganu nagromadzone w nodulach. Wyniki powyższych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Pedosphere* (Szymański i Skiba 2013).

Od kilku lat współpracuję naukowo z gleboznawcami z Uniwersytetu w Czerniowcach na Ukrainie, z którymi opublikowałem w czasopiśmie *Catena* artykuł dotyczący genezy i właściwości gleb płowych i poziomu *fragipan* na Przedkarpaciu w południowo-zachodniej Ukrainie (Nikorych i in. 2014), a także rozdział w monografii wydanej w wydawnictwie Springer dotyczący procesów oksydacyjno-redukcyjnych w glebach płowych Przedkarpacia na Ukrainie (Nikorych i in. 2017). Wyniki powyższych badań wykazały znaczne podobieństwo procesów zachodzących w środowisku glebowym Pogórza Karpackiego w Polsce i Przedkarpacia na Ukrainie. Geneza występującego w glebach płowych Przedkarpacia na Ukrainie poziomu *fragipan* jest również związana z grawitacyjnym przemieszczeniem najdrobniejszej frakcji koloidalnej i jej akumulacją w tym poziomie. Głównym składnikiem zakumulowanej frakcji koloidalnej są pęczniejące minerały ilaste z grupy smektytu, które utrudniają infiltrację wody opadowej i roztopowej co w efekcie prowadzi do odgórnego oglejenia gleb płowych i występowania procesów oksydacyjno-redukcyjnych.

Ważnym osiągnięciem naukowym jest wyjaśnienie wzajemnej relacji pomiędzy procesami glebotwórczymi i przemianami mineralnymi w glebach płowych i czarnoziemach wytworzonych z lessów występujących na obszarze Krakowa. Wyniki tych badań dowodzą, że głównym składnikiem gleby odpowiedzialnym za kierunek rozwoju gleb lessowych jest kalcyt. Z jednej strony, kalcyt hamuje procesy wietrzenia krzemianów i przemieszczenie najdrobniejszej frakcji koloidalnej w głąb profilu glebowego (*lessiważ*), a z drugiej strony

tworzy organiczno-mineralne połączenia powodujące akumulację próchnicy i powstawanie głębokich poziomów próchnicznych charakterystycznych dla czarnoziemów. Rezultaty powyższych badań realizowanych ze współpracownikami z Zakładu Gleboznawstwa i Geografii Gleb Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ zostały opublikowane w czasopiśmie *Catena* (Drewnik i in. 2014) i stanowią kontynuację badań nad genezą i właściwościami oraz mineralogią gleb płowych.

W latach 2013-2016 byłem kierownikiem projektu badawczego pt. „*Wpływ procesów oksydacyjno-redukcyjnych na przemiany mineralne w glebach płowych Pogórza Karpackiego*”, który został sfinansowany przez Narodowe Centrum Nauki. Projekt ten został zrealizowany wspólnie z mineralogiem (dr hab. Michałem Skibą) z Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, a jego efektem są trzy artykuły naukowe dotyczące składu mineralnego gleb płowych Pogórza Karpackiego.

Pierwsza praca dotyczyła składu mineralnego noduli żelazisto-manganowych występujących w glebach płowych. Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że nodule żelazisto-manganowe zbudowane są głównie z krzemianów (kwarcu, skaleni potasowych, plagioklazów) oraz krzemianów warstwowych (mik dioктаedrycznych, smektytu, chlorytu oraz kaolinitu). Krzemiany te są połączone ze sobą tlenkami i wodorotlenkami żelaza (głównie goethytem oraz lepidokrokitem). Oprócz minerałów żelazistych, składnikami łączącymi krzemiany w nodulach żelazisto-manganowych są tlenki manganu takie jak: manganit i todorokit. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Geoderma* (Szymański i in. 2014a).

Drugi artykuł dotyczył kierunku transformacji minerałów ilastych w glebach płowych leśnych i uprawnych na Pogórzu Karpackim. Wyniki tych badań pokazały, że kierunek przemian minerałów ilastych jest taki sam w glebach leśnych i uprawnych (niewapnowanych), tj. odziedziczone z materiału macierzystego pęczniące minerały ilaste z grupy smektytu przechodzą w minerały ilaste zawierające przewarstwienia organiczne w przestrzeniach międzypakietowych. Ważnym wynikiem tych badań jest też udowodnienie występowania w przestrzeniach międzypakietowych minerałów ilastych z poziomów próchnicznych i eluwalnych gleb płowych Pogórza Karpackiego głównie materiału organicznego, a nie warstw metalowodorotlenowych jak do tej pory uważano. Wyniki tych badań mają bardzo duże znaczenie w kontekście ocieplania klimatu i sekwestracji węgla

organicznego w środowisku glebowym. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Geoderma* (Szymański i in. 2014b).

Trzecim i najważniejszym artykułem powstałym w oparciu o badania związane z realizacją projektu badawczego pt. „*Wpływ procesów oksydacyjno-redukcyjnych na przemiany mineralne w glebach płowych Pogórza Karpackiego*” jest praca dotycząca wpływu procesów oksydacyjno-redukcyjnych na przemiany minerałów ilastych w glebach płowych i weryfikacja występowania procesu ferrolizy w tych glebach. W wyniku przeprowadzenia szczegółowych badań porównawczych nad składem mineralnym gleb płowych silnie odgórnie oglejonych, słabo odgórnie oglejonych oraz nie wykazujących odgórnego oglejenia stwierdzono, że skład mineralny we wszystkich powyższych glebach jest niemal identyczny. We wszystkich glebach zachodzą jednakowe przemiany minerałów ilastych. Wynik ten wskazuje, że proces ferrolizy, czyli proces rozkładu i przemian minerałów ilastych na skutek procesów oksydacyjno-redukcyjnych nie występuje w badanych glebach płowych na Pogórzu Karpackim. Wyniki tych badań opublikowano w czasopiśmie *Journal of Soils and Sediments* (Szymański i in. 2017).

Efektem wspólnych badań z mineralogami z Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie jest praca dotycząca przemian pelletów glaukonitowych w kwaśnym środowisku glebowym. Badania te, przeprowadzone za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej (XRD), spektroskopii absorpcyjnej w podczerwieni (FTIR) oraz spektroskopii Mössbauerowskiej udowodniły, że pellety glaukonitowe ulegają rozpadowi na drobniejsze fragmenty, a następnie podlegają wietrzeniu chemicznemu. W wyniku wietrzenia chemicznego glaukonit ulega stopniowej transformacji w minerały mieszano-pakietowe typu glaukonit-smektyt bogate w pęczniejące pakiety smektytowe. Wyniki tych badań wykazały również, że smektytyzacja glaukonitu nie jest związana z utlenianiem żelaza Fe^{2+} występującego w strukturze krystalicznej glaukonitu do żelaza Fe^{3+} , lecz proces ten jest związany z ługowaniem oktaedrycznego magnezu oraz żelaza i reorganizacją struktury krystalicznej glaukonitu. W wyniku wietrzenia glaukonitu w kwaśnym środowisku glebowym powstaje również kaolinit. Wyniki powyższych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Geoderma* (Skiba i in. 2014).

Swoją wiedzę z zakresu mineralogii gleb wykorzystałem w badaniach nad wpływem pokryw stokowych na rozwój i właściwości gleb w Karpatach Zewnętrznych, które prowadziłem wspólnie z dr. Andrzejem Kacprzakiem z Zakładu Gleboznawstwa i Geografii

Gleb Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ. Wyniki tych badań udowodniły, że gleby występujące na stokach zbudowanych z różnych warstw fliszowych odznaczają się obecnością nieciągłości litologicznych. W badanych profilach glebowych udało się zidentyfikować dwie warstwy materiału macierzystego różniące się morfologią, właściwościami fizycznymi i chemicznymi, a także składem mineralnym i petrograficznym. Górna część wszystkich badanych profili glebowych odznacza się jednak dużym podobieństwem co należy wiązać z wpływem piaskowcowej zwietrzliny transportowanej w dół stoku w wyniku procesu soliflukcji w warunkach klimatu peryglacialnego. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Zeitschrift für Geomorphologie* (Kacprzak i in. 2015).

Procesy wietrzenia w glebach wytworzonych ze zwietrzliny andezytów w Karpatach oraz klasyfikacja tych gleb były kolejnym przedmiotem moich badań, które zostały przeprowadzone wspólnie z moją magistrantką Małgorzatą Szkaradek. Na podstawie tych badań wykazano, że w wyniku wietrzenia andezytów powstają gleby inicjalne skaliste zwane litosolami, nieco lepiej wykształcone gleby inicjalne rumoszone oraz gleby brunatne eutroficzne. W wyniku wietrzenia andezytów powstaje zwietrzlina, która zawiera mniej SiO_2 , Al_2O_3 , CaO i Na_2O w porównaniu z niezwiertzałymi andezytami. Procesom wietrzenia fizycznego i chemicznego podlegają głównie amfibole oraz pirokseny, w których zachodzi utlenianie żelaza Fe^{2+} do żelaza Fe^{3+} . Szczegółowe badania mikromorfologiczne wykazały, że utlenianie to zachodzi głównie wzdłuż płaszczyzn łupliwości występujących w amfibolach i piroksenach. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* (Szymański i Szkaradek 2018).

Znaczącym osiągnięciem naukowym jest również określenie zróżnicowania termiczno-wilgotnościowego gleb kriogenicznych (*Cryosols*) porośniętych różnymi zbiorowiskami tundrowymi w okresie sezonu wegetacyjnego w południowo-zachodniej części Spitsbergenu. Wyniki tych badań, opublikowanych w czasopiśmie *Catena* (Migała i in. 2014) wykazały, że gleby kriogeniczne porośnięte zbiorowiskami tundry mszystej odznaczają się najniższą temperaturą, są też najbardziej wilgotne i charakteryzują się największymi fluktuacjami wilgotnościowymi w ciągu okresu wegetacyjnego, a gleby kriogeniczne porośnięte zbiorowiskami tundry porostowo-krzewinkowej wykazują najwyższą temperaturę i są najbardziej suche. Gleby kriogeniczne charakteryzujące się wyraźnymi oznakami sortowania mrozowego i porośnięte przez tzw. zbiorowiska tundry poligonalnej wykazują

pośrednie warunki termiczno-wilgotnościowe w porównaniu z wyżej opisanymi glebami. Różnice termiczno-wilgotnościowe pomiędzy badanymi glebami zależą głównie od ich składu granulometrycznego oraz od charakteru pokrywy roślinnej. Wyniki powyższych badań wykazały również, że różnice termiczno-wilgotnościowe pomiędzy badanymi glebami kriogenicznymi stają się znacznie niższe po połowie sierpnia.

Interdyscyplinarne badania nad wpływem abiotycznych elementów środowiska przyrodniczego na wzrost dwóch dominujących gatunków roślin naczyniowych w środowisku Arktyki – wierzby polarnej (*Salix polaris*) oraz skalnicy naprzeciwlistnej (*Saxifraga oppositifolia*) – wykazały, że głównym czynnikiem warunkującym ich wzrost jest dostęp do wody, który z kolei wynika z sumy i rozkładu opadów atmosferycznych i temperatury powietrza w czasie trwania okresu wegetacyjnego, a także od grubości i długości zalegania pokrywy śnieżnej i składu granulometrycznego gleby. Rezultaty tych badań mają bardzo duże znaczenie w kontekście toczącej się aktualnie naukowej dyskusji nad konsekwencjami ocieplenia klimatu w obszarach polarnych. Wyniki tych badań, które zostały opublikowane w czasopiśmie *Catena* (Opała-Owczarek i in. 2018), wskazują, że rozwój pokrywy roślinnej w Arktyce na skutek ocieplenia klimatu może zachodzić tylko w przypadku dostępności wilgoci. W innym przypadku wzrost temperatury powietrza, a co za tym idzie wzrost temperatury gleby będzie powodował stres wilgotnościowy i brak rozwoju pokrywy roślinnej lub bardzo powolny jej rozwój.

W ciągu ostatnich trzech lat współpracuję naukowo ze specjalistami z Zakładu Hydrologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, a głównym tematem naszych badań jest analiza krążenia potasu w różnie użytkowanych małych zlewniach na Pogórzu Karpackim. Pierwszym rezultatem tej współpracy są wyniki opublikowane w czasopiśmie *Water, Air, & Soil Pollution* (Siwek i in. 2017), które pokazały wyraźne różnice w koncentracji potasu w potokach oraz sposobie krążenia potasu podczas wezbrań różnego typu w zlewni leśnej w porównaniu ze zlewniami użytkowymi rolniczo i odznaczającymi się zróżnicowanym (mieszanym) użytkowaniem. Wyniki tych badań wykazały, że koncentracja potasu w potokach jest różna podczas podnoszenia się fali wezbraniowej i podczas jej opadania i przybiera postać histerezy, co należy wiązać z różnym tempem oraz różnym sposobem dostawy potasu do potoku, a także z różną zasobnością gleb w potas na początku i pod koniec wezbrania.

Współpraca naukowa z biologami z Instytutu Zoologii Uniwersytetu Jagiellońskiego nad wpływem chemicznych właściwości gleby (zawartością materii organicznej i wybranych pierwiastków śladowych) na zawartość witaminy B2 (ryboflawiny) w wybranych gatunkach dżdżownic zaowocowała z kolei wspólną publikacją w czasopiśmie *Pedobiologia* (Płytycz i in. 2011).

Wspólnie ze współpracownikami z Zakładu Gleboznawstwa i Geografii Gleb Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ jestem autorem rozdziału (Skiba i in. 2013) dotyczącego pokrywy glebowej Krakowa wraz z mapą w skali 1:20 000 w monografii dotyczącej aglomeracji krakowskiej pt. „Środowisko przyrodnicze Krakowa, Zasoby – Ochrona – Kształtowanie”.

Uczestniczę też (z prof. dr. hab. Stefanem Skibą i dr hab. Markiem Drewnikiem) w pracach regeneracyjnych pokrywy glebowej i szaty roślinnej wzdłuż ścieżek turystycznych na kopule Kasprowego Wierchu i w jego najbliższym otoczeniu oraz w monitoringu skutków tych działań. Opracowana przez nas metoda rekultywacyjna wspomaga powolną regenerację pokrywy glebowej i szaty roślinnej uprzednio zniszczonej przez ruch turystyczny i narciarzy. Pozytywne efekty naszych prac przyczyniły się do nawiązania współpracy z Tatrzańskim Parkiem Narodowym w ramach prowadzonego przez pracowników TPN-u projektu dotyczącego regeneracji gleb i szaty roślinnej wzdłuż szlaków turystycznych na Czerwonych Wierchach w Tatrach Zachodnich.

W latach 2015-2016 byłem członkiem zespołu naukowego wykonującego szczegółowe badania glebowe nad skutecznością prac regeneracyjnych pokrywy glebowej i szaty roślinnej w Bieszczadzkim Parku Narodowym. Badania te zostały wykonane na zlecenie Bieszczadzkiego Parku Narodowego.

Na podstawie przygotowanego przeze mnie wniosku o przyznanie środków na inwestycję w zakresie dużej infrastruktury badawczej w 2016 r. otrzymałem dotację finansową z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na zakup najnowszej generacji spektrometru do analiz w podczerwieni (FTIR-ATR) oraz dyfraktometru rentgenowskiego (XRD), które służą mi w prowadzeniu dalszych badań naukowych.

W trakcie swojej pracy naukowej byłem recenzentem artykułów złożonych do takich czasopism jak: *Geoderma*, *Catena*, *Journal of Soils and Sediments*, *Soil Science Society of America Journal*, *Journal of Environmental Quality*, *Applied Clay Science*, *Journal of Forestry Research*, *Polish Journal of Environmental Studies*, *Geological Quarterly*, *International*

Journal of Mineralogy, Geoscience Frontiers, Polish Polar Research oraz *Soil Science Annual*. Ponadto w 2016 r. byłem recenzentem wniosku projektu badawczego dla National Research, Development and Innovation Office (NKFIH) w Budapeszcie na Węgrzech.

Trzykrotnie (2013, 2015, 2016) otrzymałem nagrodę Rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego za osiągnięcia naukowe, a w 2014 r. otrzymałem nagrodę im. Wincentego Pola za osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne w Instytucie Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Bibliografia cytowana w punkcie 3

Drewnik M., Skiba M., **Szymański W.**, Żyła M., 2014. Mineral composition vs. soil forming processes in loess soils — A case study from Kraków (Southern Poland). *Catena* 119, 166-173.

Kacprzak A., **Szymański W.**, Wójcik-Tabol P., 2015. The role of flysch sandstones in forming the properties of cover deposits and soils – examples from the Carpathians. *Zeitschrift für Geomorphologie* 59 (suppl. 1), 227-245.

Migała K., Wojtuń B., **Szymański W.**, Muskała P., 2014. Soil moisture and temperature variation under different types of tundra vegetation during the growing season: a case study from the Fuglebekken catchment, SW Spitsbergen. *Catena* 116, 10-18.

Nikorych V.A., **Szymański W.**, Polchyna S.M., Skiba M., 2014. Genesis and evolution of the fragipan in Albeluvisols in the Precarpathians in Ukraine. *Catena* 119, 154-165.

Nikorych V.A., **Szymański W.**, Skiba M., 2017. Redoximorphic features in Albeluvisols from South-Western Ukraine. [w:] D. Dent and Y. Dmytruk (red.), *Soil Science Working for a Living - Applications of soil science to present-day problems*, Springer, 9-28.

Opała-Owczarek M., Pirożnikow E., Owczarek P., **Szymański W.**, Luks B., Kępski D., Szymanowski M., Wojtuń B., Migała K., 2018. The influence of abiotic factors on the growth of two vascular plant species (*Saxifraga oppositifolia* and *Salix polaris*) in the High Arctic. *Catena* 163, 219-232.

Płytycz B., Klimek M., Klimek B.A., **Szymański W.**, Kruk J., Morgan A.J., 2011. Riboflavin content in the coelomocytes of contrasting earthworm species is differentially affected by edaphic variables including organic matter and metal content, *Pedobiologia* 54S, S43-S48.

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.

Skiba S., Drewnik M., **Szymański W.**, Żyła M., 2013. Gleby, w: B. Degórska, M. Baścik (red.) *Środowisko przyrodnicze Krakowa, Zasoby – Ochrona – Kształtowanie*, Kraków, 69-79.

Skiba M., Maj-Szeliga K., **Szymański W.**, Błachowski A., 2014. Weathering of glauconite in soils of temperate climate as exemplified by a Luvisol profile from Góra Puławska, Poland. *Geoderma* 235-236, 212-226.

Szymański W., Skiba M., 2013. Distribution, morphology, and chemical composition of Fe-Mn nodules in Albeluvisols of the Carpathian Foothills, Poland, *Pedosphere* 23 (4), 445–454.

Szymański W., Skiba M., Błachowski A., 2017. Influence of redox processes on clay mineral transformation in Retisols in the Carpathian Foothills in Poland. Is a ferrollysis process present? *Journal of Soils and Sediments* 17(2): 453-470.

Szymański W., Skiba M., Błachowski A., 2014a. Mineralogy of Fe-Mn nodules in Albeluvisols In the Carpathian Foothills, Poland. *Geoderma* 217-218, 102-110.

Szymański W., Skiba M., Nikorych V.A., Kuligiewicz A., 2014b. Nature and formation of interlayer fillings in clay minerals in Albeluvisols from the Carpathian Foothills, Poland. *Geoderma* 235-236, 396-409.

Szymański W., Skiba M., Skiba S., 2011. Fragipan horizon degradation and bleached tongues formation in Albeluvisols of the Carpathian Foothills, Poland, *Geoderma* 167-168, 340-350.

Szymański W., Skiba, M., Skiba S., 2012. Origin of reversible cementation and brittleness of the fragipan horizon in Albeluvisols of the Carpathian Foothills, Poland, *Catena* 99, 66-74.

Szymański W., Szkaradek M., 2018. Andesite weathering and soil formation in a moderately humid climate: A case study from the Western Carpathians (southern Poland). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 13(1), 93-105.

4. Parametryczne podsumowanie dorobku naukowo-badawczego po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Dorobek	Suma
<u>Ogólna liczba publikacji</u>	<u>34</u>
Publikacje z listy JCR	21
Publikacje inne	10
Rozdziały w książkach/monografiach	3
<u>Udział w konferencjach</u>	<u>9</u>
O zasięgu międzynarodowym	8
W konferencjach krajowych	1
<u>Wygłoszone referaty</u>	<u>6</u>
Na konferencjach o zasięgu międzynarodowym	6
Na konferencjach krajowych	0
<u>Prezentacje posterów</u>	<u>8</u>
Na konferencjach o zasięgu międzynarodowym	7
Na konferencjach krajowych	1
<u>Abstrakty w materiałach konferencyjnych</u>	<u>15</u>
W materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym	14
W materiałach konferencyjnych o zasięgu krajowym	1
<u>Udział w projektach naukowych</u>	<u>2</u>
Kierownictwo krajowych projektów naukowych	1
Współudział w krajowych projektach naukowych	1
<u>Wykonane recenzje publikacji</u>	<u>23</u>
W czasopismach z listy JCR	20
W pozostałych czasopismach	3
Sumaryczny impact factor	42,519
Sumaryczna liczba punktów za publikacje wg MNiSW	678
Liczba cytowań/autocytowań wg bazy Web of Science	125/51
Indeks Hirscha wg bazy Web of Science	7

Wojciech Szymański
Wojciech Szymański